

Цифрови телевизионни технологии



УНИВЕРСИТЕТСКО ИЗДАТЕЛСТВО
ГАБРОВО
2025

Красен Ангелов
Станимир Садинов

**Красен Ангелов
Станмир Садинов**

ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



УНИВЕРСИТЕТСКО ИЗДАТЕЛСТВО

“ВАСИЛ АПРИЛОВ”

ГАБРОВО, 2025

© Красен Киров Ангелов – автор, 2025

© Станимир Михайлов Садинов – автор, 2025

Рецензент: д-р инж. Боян Димитров Карапенов

© Университетско издателство “Васил Априлов” – Габрово, 2025

ISBN 978-954-683-726-4:

ПРЕДГОВОР

Телевизията е първата широколентова информационна система, навлязла широко в живота на хората в 50-те години на миналия век. От съвременна гледна точка тя е изградена твърде добре по отношение на използване на честотния спектър на канала за пренос, спрямо обема на предоставяната информация. Цифровата телевизия се характеризира с това, че освен предоставяне на потребителите на телевизионни програми, тя дава възможност и за редица други интерактивни услуги, които я правят неизменна и основна част от телекомуникационните услуги на операторите.

Представения учебен материал има за цел да създаде необходимата основа от знания, свързани с изграждането на съвременните телевизионни и видео системи от цифров тип. Разглеждат се основните принципи за предаване и приемане на цифрови телевизионни сигнали по съществуващите стандарти за наземно, сателитно, кабелно и IP разпространение. Задълбочено се разглежда техническата реализация, настройка и експлоатация на съвременните цифрови телевизионни системи. Книгата има и за задача да даде необходимите технически познания на широк кръг от специалисти, занимаващи се с изграждане и експлоатация на цифрови телевизионни системи, включващи студия, сървъри, мрежи и крайни потребителски устройства.

Учебникът основно е предназначен за обучение на студентите от специалности „Комуникационна техника и технологии“ и „Комуникационни технологии и киберсигурност“, но ще представлява интерес за всички желаещи студенти от други специалности, от Факултет „Електротехника и електроника“ и Технически университет Габрово, които желаят да получат познания в тази динамично развиваща се област. Също така би бил полезен и за студенти от други университети, където се учат подобни учебни дисциплини в близки до телекомуникациите специалности.

Извиняваме се за допуснати неточности и грешки, като всички бележки и препоръки за подобряване на учебника ще бъдат приети с благодарност. Пропуснатите и допълнените материали, както и актуализирането на даден вид системи и технологии ще бъдат отразени в следващите версии на електронното издание на учебника.

Авторите

Г л а в а 1

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ПРЕДАВАНЕ И ВЪЗПРОИЗВЕЖДАНЕ НА ВИЗУАЛНА ИНФОРМАЦИЯ

1.1. Светлина и начин на възприемане

От спектъра на електромагнитните трептения, съществуващи в природата, само един тесен участък с дължина на вълната λ от 380 nm до 760 nm е видим – фиг. 1.1. Окръжаващата ни среда притежава свойството да отразява падащия светлинен поток, при което отразеният или излъчен светлинен поток от определени детайли на предметите се явява източник на зрителна информация. Тази информация се възприема от зрителната система на човека, която е над 80 % от общата информация, получавана от него.

Отражателните свойства на телата и предметите се описва с коефициента на отражение

$$(1.1) \quad \rho(\lambda) = \frac{\Phi_0(\lambda)}{\Phi(\lambda)},$$

където $\Phi_0(\lambda)$ е отразеният светлинен поток, а $\Phi(\lambda)$ – падащият.

Ултравиолетов	Виолетов	Син	Зелен	Жълт	Оранжев	Червен	Инфрачервен
400	450	500	570	590	610	700	λ nm

Фиг. 1.1. Спектър на електромагнитните трептения

Светлинният поток, облъчващ даден предмет, се оценява с осветеността E_0 в лукса на m^2 . При тримерни обекти осветеността на различните им части е нееднаква, защото те се намират на различни разстояния от облъчващия ги източник. Това позволява тримерният обект, който притежава постоянен коефициент на отражение, да бъде видян в детайли.

Зрителната информация от обекта се определя от множество елементарни стойности на светлинния поток, отразени от елементите на обекта. Интензивността и спектралният състав на елементарния отразен поток определят яркостта (B) и цветността на елемента, която се състои от цветови тон (λ) и чистота на цвета (p). Всеки елемент на обекта притежава свои геометрични координати – x , y , z . Така описанието на един елемент A може да се извърши с многомерна функция от вида

$$(1.2) \quad F(B_A, x_A, y_A, z_A, \lambda_A, p_A),$$

а целият обект, състоящ се от N елемента, с функцията

$$(1.3) \quad \sum_{i=1}^N A_i = \sum_{i=1}^N F(B_{A_i}, x_{A_i}, y_{A_i}, z_{A_i}, \lambda_{A_i}, p_{A_i}).$$

1.2. Характеристики на човешкото зрение

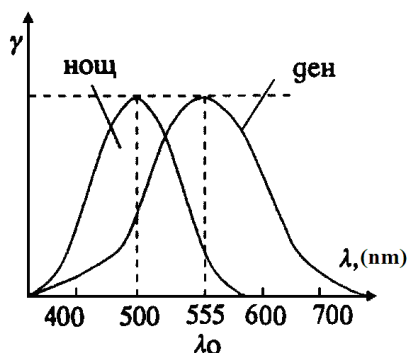
1.2.1. Зрителна система

За построяването и рационалното използване на телевизионните системи се използват свойствата и характеристиките на зрителната система на човека. Тя се състои от орган на зрението (очи), нервни влакна и участък от кората на главния мозък.

Очите са външния орган на зрението, приемащи светлинния поток. Нервните влакна преобразуват и предават зрителната информация към кората на главния мозък, където се извършва обработката и съхранение на информацията.

1.2.2. Спектрална чувствителност на зрителната система

Спектралната чувствителност на зрителната система в графичен вид е показана на фиг. 1.2. Като единица за измерване на спектралната чувствителност се приема максималната чувствителност при $\lambda_0=555 \text{ nm}$, което отговаря на жълто-зелен цвят при дневни условия. С отдалечаване от λ_0 чувствителността намалява до нула при $\lambda=380 \text{ nm}$ и $\lambda=(770\div 800) \text{ nm}$. При нощни условия характеристиката се измества с 55 nm вляво.



Фиг. 1.2. Изменение на спектралната чувствителност

Спектралната чувствителност зависи от субекта и условията на наблюдение. Усещането за бял цвят съответства на въздействието върху ретината на окото на светлинен поток с честотен спектър $\lambda=(380\div 770) \text{ nm}$.

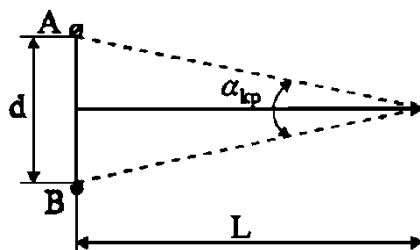
Физиологически цветът се характеризира с параметрите:

- светлост, която се оценява с яркостта B , описваща цвета като сиво-бели градации;
- цветови тон, позволяващ различаването на цветовете чрез дължината на вълната λ ;
- наситеност или чистота на цвета p , която определя примеса на бяло в даден цвят.

Цветовата гама се обяснява с трикомпонентната теория, според която съществуват три групи цветочувствителни рецептори на възприемане на: син цвят ($400\div 490) \text{ nm}$; зелен цвят ($490\div 580) \text{ nm}$; червен цвят ($580\div 700) \text{ nm}$.

1.2.3. Разрешаваща способност – острота на зрението

Тя се определя като величина δ , обратна на минималния критичен ъгъл $\alpha_{кр}$, при който две точки се виждат разделени – фиг. 1.3. При нормално зрение критичният ъгъл $\alpha_{кр}=(1'\div 1,5')$.



Фиг. 1.3. Минимален критичен ъгъл на човешкото зрение

Разрешаващата способност $\rho = \frac{1}{\alpha_{кр}}$ зависи от условията на наблюдение: яркост или осветеност на обекта. Въпреки голямото зрително поле, ограничено в ъглов сектор от 120° до 130° , полето на ясно зрение е площ определена от 16° до 20° по хоризонтала и от 12° до 15° по вертикала.

От фиг. 1.3 следва

$$(1.4) \quad \arctg \frac{\alpha_{кр}}{2} \approx \frac{\alpha_{кр}}{2} = \frac{d}{2L},$$

откъдето

$$(1.5) \quad \alpha_{кр} = \frac{d}{L} = 1' = \frac{1}{3438} \text{ rad.}$$

При изображение с височина h и брой на редовете за развивка $z=625$, разстоянието между два реда е $d=h/z$. След заместване в (1.5) се получава

$$(1.6) \quad L = \frac{3438}{z} h = 5,5h,$$

т.е. при наблюдение на изображението от разстояние по-голямо от $5,5 h$ редовата му структура няма да се вижда и то ще се възприема като цяло.

1.2.4. Контрастна чувствителност

Контрастът се определя от отношението на яркостта на най-светлите детайли към яркостта на най-тъмните, т.е.

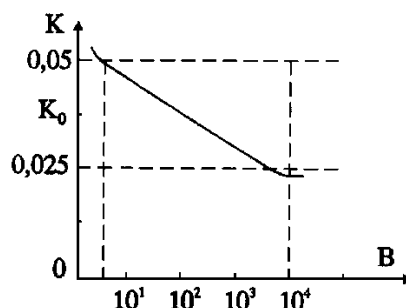
$$(1.7) \quad K = \frac{B_{max}}{B_{min}}$$

K характеризира различните степени на яркост. Освен светлите и тъмните детайли всеки обект съдържа детайли с междинна яркост, които се явяват градации на яркостта или полутоновете. Точността на зрителното възприемане на обекта се определя от доброто различаване на полутоновете от зрението.

Съгласно закона на Вебер-Фехнер зрението възприема не абсолютните, а относителните стойности на яркостта, сравнявайки полетата с яркости B_1 и B_2 , т.е.

$$(1.8) \quad K = \frac{B_1 - B_2}{B_1} = \frac{\Delta B}{B_1}.$$

Минималната стойност на относителното нарастване на яркостта, която се различава от зрението, определя контрастната чувствителност K_0 . В голям яркостен интервал $B = (1 \div 10^4) \frac{cd}{m^2}$ контрастната чувствителност на зрението е постоянна величина и е в границите от 0,02 до 0,05 – фиг. 1.4.



Фиг. 1.4. Контрастна чувствителност

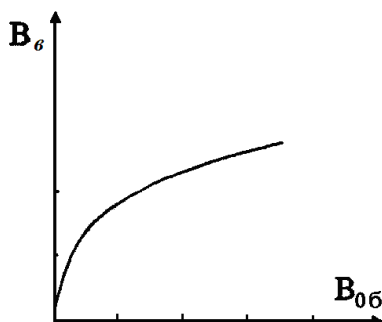
Визуалното усещане за нарастване на яркостта dB_e предизвикано от нарастването на яркостта на обекта $dB_{об}$ се определя като

$$(1.9) \quad dB_{\epsilon} = \frac{dB_{об}}{B_{об}}.$$

След интегриране се получава

$$(1.10) \quad B_{\epsilon} = \ln B_{об} + B_H.$$

или яркостта B_{ϵ} е пропорционална на логаритъма от яркостта на обекта – фиг. 1.5, където $B_H=0$. Изместването на началните условия не изменя характера на кривата.



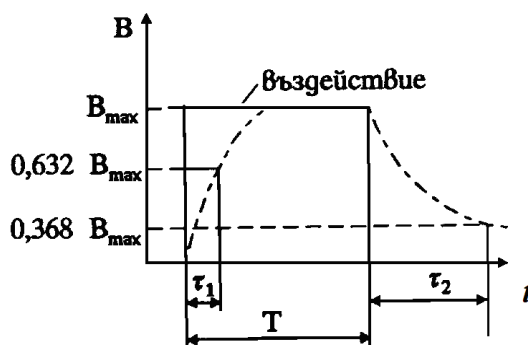
Фиг. 1.5. Визуално нарастване на яркостта, спрямо тази на обекта

1.2.5. Инерционност на зрението

Инерционността е способност на зрението да съхранява зрителното възприятие след прекратяване на действието на източника. Опитно е установено, че с приближение нарастването и спадането на яркостното възприятие, се описва с характеристиката на фиг. 1.6. Нарастването на яркостта може да се апроксимира с изрази

$$(1.11) \quad B = B_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_1}} \right)$$

където τ_1 е времето за което яркостта нараства до стойност $0,632 B_{\max}$.



Фиг. 1.6. Характеристика на яркостното възприятие

Съответно спадането на яркостта ще бъде

$$(1.12) \quad B = B_{\max} \frac{T-t}{\tau_2}$$

където T е продължителността на въздействието, а τ_2 – времето за което яркостта намалява до стойност $0,368 B_{\max}$. Времеkonстантата $\tau_2 \ll \tau_1$, т.е. зрението възприема нарастването на яркостта значително по-бързо, отколкото намаляването и, т.е. получава се определена

инерционност на зрителната система. Тази способност се използва в кинематографията и телевизията за предаване на движещи се обекти при последователно предаване на неподвижни изображения с определена честота.

Минималната честота на последователно предаване на неподвижни изображения, при които не се наблюдава трепкане на яркостта при смяна на неподвижните изображения, се нарича критична честота на трепкане $f_{кр}$. Тя се описва със зависимостта

$$(1.13) \quad f_{кр} = a \cdot \lg B + b,$$

където B е яркостта, а стойността на коефициентите a и b зависи от условията на наблюдение.

За телевизионното изображение $a=9,6$; $b=26,8$; $B=(60 \div 100) \text{cd/m}^2$, при което от (1.13) се получава $f_{кр}=(46 \div 48) \text{Hz}$.

Определянето на необходимата постоянна яркост на екрана за честота на трепкане по-висока от критичната се извършва от закона на Талбот

$$(1.14) \quad B_{из} = \frac{1}{T} \int_0^T B(t) dt,$$

където $B(t)$ е яркостта от импулсен източник за период T .

Г л а в а 2

КАЧЕСТВЕНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ТЕЛЕВИЗИОННОТО ИЗОБРАЖЕНИЕ

2.1. Развивка на телевизионното изображение

Развивката на телевизионното изображение е процес на последователно предаване на информация за отделните елементи на изображението. В телевизионните системи се използват развивки, които се изменят по различен закон. Това не оказва влияние на геометрично правилното възпроизвеждане на изображението, ако законът е един и същ за предаващата и приемната страна.

Развивката трябва да отговаря на условията за оптималност:

- за един пълен цикъл на развивката да се предават всички елементи на изображението;
- всеки елемент да се предава еднократно за едно и също време;
- честотата на кадрите да е минимална;
- развивката да има проста техническа реализация.

2.1.1. Прогресивна развивка

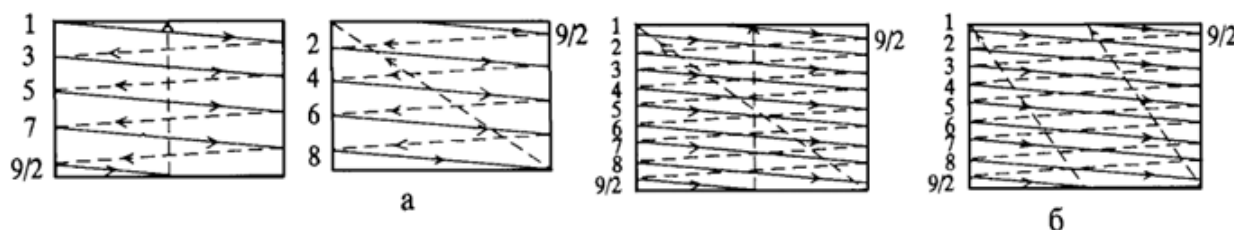
При прогресивната развивка последователното предаване на информацията за отделните пиксели на екрана се извършва с различни, но постоянни скорости V_x в хоризонтална посока и V_y във вертикална, отляво надясно и отгоре надолу. При движението си отляво надясно по x се описва един *ред*, а отгоре надолу по y – един *кадър*. Така се извършва съответно *редова* и *кадрова* развивка, при което се получава растъра. За един период на кадровата развивка се предава едно неподвижно изображение – *кадър*. Броят на редовете в един кадър е z , а броят на предаваните кадри за секунда n .

Отношението на дължината на един рег b към височината на растъра h , дават формата на кадъра $k=b/h$. z , n и k са стандартни за всяка телевизионна система и са известни като параметри на разлагане на системата.

При $f_n=50\text{ Hz}$, $z=625$ следва $f_z=zf_n=31250\text{ Hz}$. За да се предаде изображението с такава честота е необходима честотна лента от 12 MHz, което е съществен недостатък на прогресивната развивка. Това се получава, защото честотната лента е право пропорционална на квадрата на броя на редовете z^2 и честотата на кадрите f_n .

2.1.2. Презредова развивка

За да се стесни честотната лента при презредовата развивка един кадър на изображението се представя и възпроизвежда от два полукадъра – нечетен, включващ нечетните редове от растъра и четен с четните редове – фиг. 2.1,а.



Фиг. 2.1. Визуализация на презредова а) и пълна б) развивка

Всеки полукадър съдържа два пъти по-малко редове $z/2$ или се предава половината от информацията за един кадър, а цялата информация се получава при наслагване на

редовете от двата полукадъра. Редуването на нечетни и четни редове в кадъра се осъществява чрез подбор на нечетен брой редове z , вследствие на което второто поле се оказва изместено на половин ред и всички четни редове се оказват отместени спрямо нечетните. Приемайки че броят на редовете е

$$(2.1) \quad z = 2m + 1,$$

където m е цяло число, за да се получи половин ред във всеки полукадър честотата за хоризонтална развивка f_z и полукадровата честота f_{pn} трябва да са свързани със зависимостта

$$(2.2) \quad f_z = \frac{z}{2} f_{pn} = \left(m + \frac{1}{2}\right) f_{pn}.$$

За да се опрости технически формирането на растъра при презредовата развивка на фиг. 2.2,б е показан реалният вид на растъра за един кадър.

Честотата на полукадрите се избира $f_{pn} = 50 \text{ Hz}$, при което $T_{pn} = \frac{1}{f_{pn}} = 20 \text{ ms}$, $f_n = \frac{f_{pn}}{2} = 25 \text{ Hz}$, $T_n = \frac{1}{f_n} = 40 \text{ ms}$. Честотата на редовете е $f_z = z f_n = 625.25 = 15625 \text{ Hz}$, а периодът $T_z = 1/f_z = 64 \text{ } \mu\text{s}$.

Намаляването наполовина на полукадровата честота, стеснява честотната лента до 6 МHz. Съвременните телевизионни системи използват презредова развивка. Необходимостта от твърда връзка между редовата и кадровата честота (2.2) обаче усложнява технически предаващата част и изисква по-сложна форма на кадровия синхронизиращ импулс.

2.1.3. Спирална развивка

Спиралната развивка се реализира при отклонение по хоризонтална и вертикална посока по хармоничен закон от вида

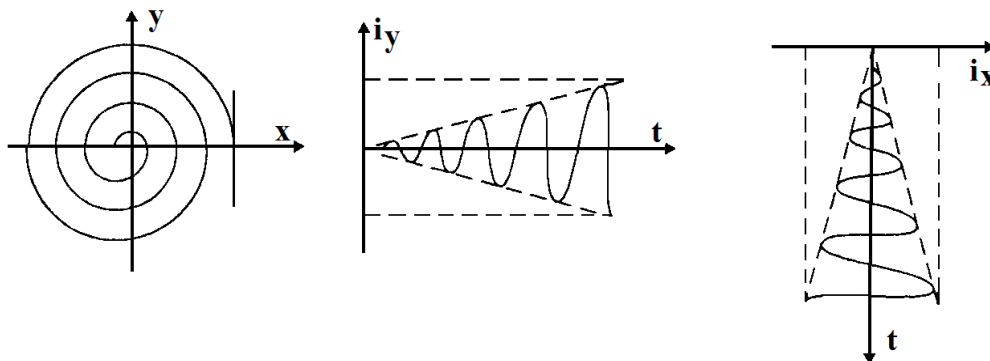
$$(2.3) \quad i_x(t) = I_m \frac{t}{T_n} \sin \omega_z t,$$

$$(2.4) \quad i_y(t) = I_m \frac{t}{T_n} \cos \omega_z t,$$

където ω_z е честотата за описване на една спирала, а T_n – периодът на един кадър.

Амплитудите на токовете се модулират с линейно изменящо се напрежение – фиг.2.2.

Този вид развивка намира приложение в специализираните телекомуникационни системи. Тя се характеризира с проста синхронизация, максимално използване на площта на екрана, добро геометрично подобие, но поради непостоянната скорост на развивка се получава яркостна модулация на изображението и различна детайлност в централната част и в периферията на изображението.



Фиг. 2.2. Спирална развивка

2.1.4. Синусоидална развивка

При синусоидалната развивка хоризонталното отклонение се извършва по $\sin$ закон, а вертикалното – по линейен, т.е.

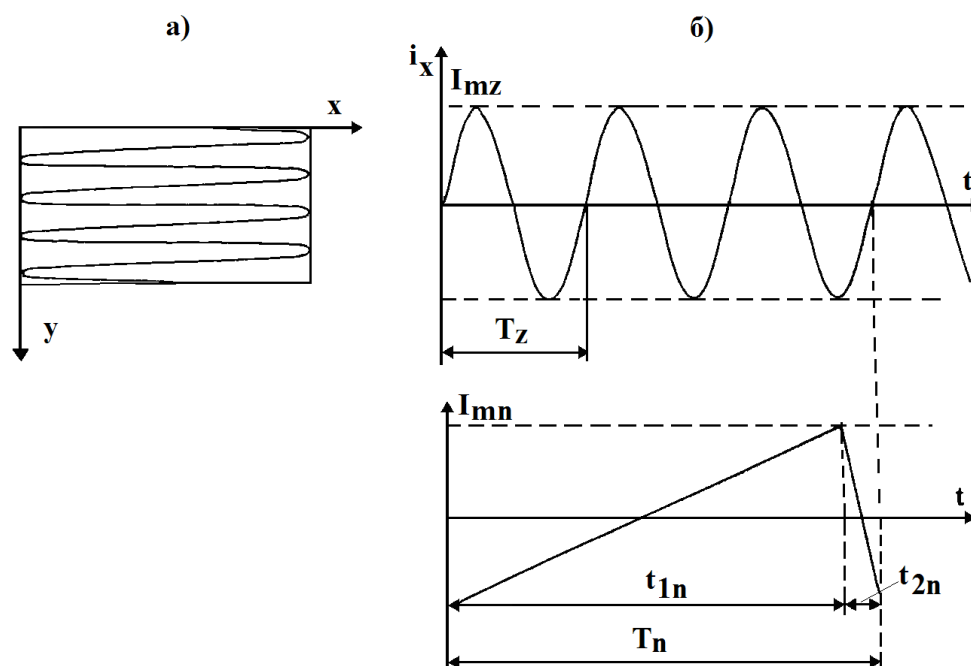
$$(2.5) \quad i_x(t) = I_{m_z} \sin \omega_z t,$$

$$(2.6) \quad i_y(t) = I_{m_n} \left(\frac{2t}{T_n} - 1 \right).$$

където ω_z е ъгловата честота на развивка по редове, а T_n – периодът на развивка по кадри.

Формата на растръа и отклонителният ток при синусоидална развивка е показана на фиг. 2.3.

Синусоидалната развивка се използва при опростени промишлени системи поради лесното формиране на управляващите сигнали, лесна синхронизация, висока точност. Поради $\sin$ закон на отклонение в края на редовете се получава припокриване и намаляване на детайлността на изображението.



Фиг. 2.3. Синусоидална развивка

2.2. Размер на изображението

Размерът на изображението е свързан с разстоянието между наблюдателя и екрана. При формат на кадъра $k=16/9$ и ъгъл на ясно зрение по вертикала $\alpha=12^\circ \div 15^\circ$ от (1.6) се установява, че за наблюдението на плоско изображение оптимално се явява разстоянието $L=5,5 h$, където h е височина на изображението. При тези условия редовата структура на растръа, при брой редове $z=500 \div 625$, няма да се различава.

2.3. Геометрично подобие

Геометричното подобие означава запазването на постоянен мащаб за всяка точка от изображението, при което се запазват съотношенията в една геометрична фигура. То се осигурява при съответствие на предаваното и приеманото изображение и отсъствие на геометрични изкривявания на растръа.

Предаваното и приеманото изображение са две двумерни изображения, показани съответно на фиг. 2.4, а и б. Точка A_1 от предаваното изображение се характеризира с радиус-вектор $\vec{r}_1$, а точка A_2 от възприеманото – с $\vec{r}_2$. Геометрично подобие между предаваното и приеманото изображение съществува, ако за всяка точка се изпълнява равенството

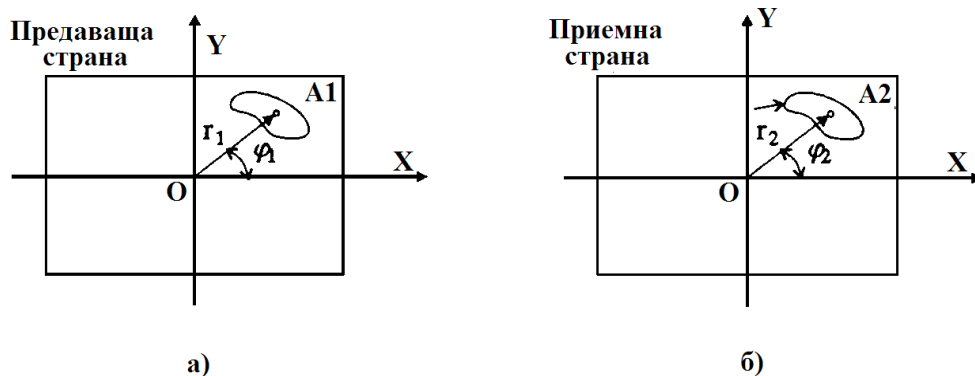
$$(2.7) \quad \frac{\vec{r}_1}{\vec{r}_2} = c^{te}.$$

Векторното равенство се свежда до две алгебрични, известни още като условие за *синхронност*

$$(2.8) \quad \frac{|\vec{r}_1|}{|\vec{r}_2|} = c^{te}.$$

и условие за *синфазност*

$$(2.9) \quad \phi_1 = \phi_2$$



Фиг. 2.4. Предавано а) и приемано б) изображение

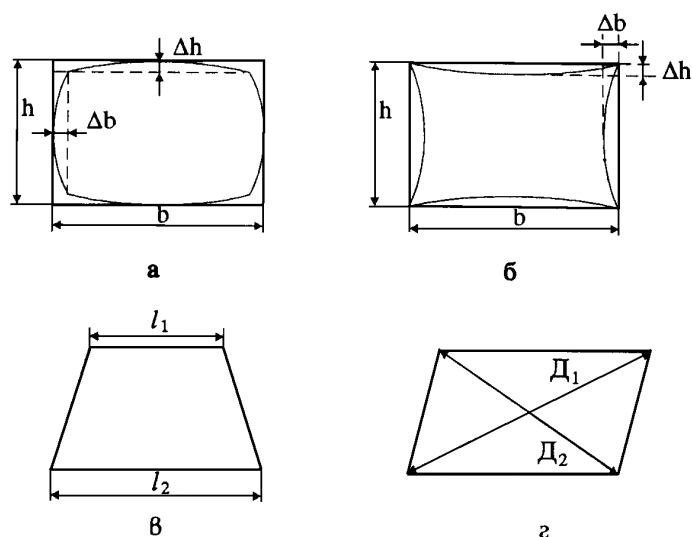
Нарушение на геометричното подобие се получава при нарушаване на правоъгълната форма на растъра и линейността на хоризонталната и вертикалната развивка.

2.3.1. Геометрични изкривявания на формата на растъра

Те се получават от влиянието на електронния прожектор, фокусиращите и отклонителни системи и се изразяват в изкривявания тип “бъчва”, “възглавница”, “трапец”, “успoredник” – фиг. 2.5, а, б, в, г.

Количествена оценка на изкривяванията се извършва с коефициента Γ , който се определя за:

- тип “бъчва” и “възглавница” – $\Gamma_B = \frac{\Delta h}{h}; \quad \Gamma_x = \frac{\Delta b}{b};$
- тип “трапец” – $\Gamma_{mp} = 2 \frac{l_2 - l_1}{l_2 + l_1};$
- тип “успoredник” – $\Gamma_{ycn} = 2 \frac{D_2 - D_1}{D_2 + D_1}.$



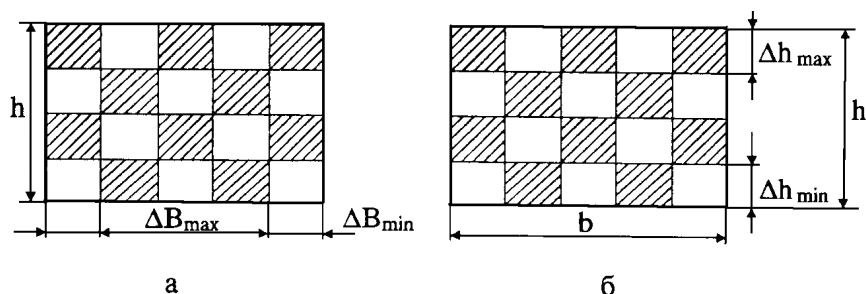
Фиг. 2.5. Геометрични изкривявания

2.3.2. Нелинейни изкривявания на растъра

Получават се от нелинейност на формата на отклонителния ток в хоризонтална и вертикална посока, което предизвиква свиване или разширение на определени участъци от растъра и изменение на мащаба на изображението. Изкривяванията се разделят на хоризонтални – фиг. 2.6,а и вертикални – фиг. 2.6,б, като се оценяват съответно с коефициентите

$$\Gamma_x = 2 \frac{\Delta b_{\max} - \Delta b_{\min}}{\Delta b_{\max} + \Delta b_{\min}}; \quad \Gamma_y = 2 \frac{\Delta h_{\max} - \Delta h_{\min}}{\Delta h_{\max} + \Delta h_{\min}},$$

при подаване на екрана на шахматно поле.



Фиг. 2.6. Хоризонтални а) и вертикални б) изкривявания

2.4. Детайлност на изображението

Детайлността на изображението се определя от способността на телевизионната система да произвежда най-малките елементи от изображението. Детайлността силно зависи от разстоянието на наблюдението, яркостта и контраста на изображението, качествата на зрителната система, наличието на шум и т. н. Под най-малък елемент на изображението се разбира максималният относителен участък, който притежава определена средна яркост.

2.4.1. Номинална детайлност

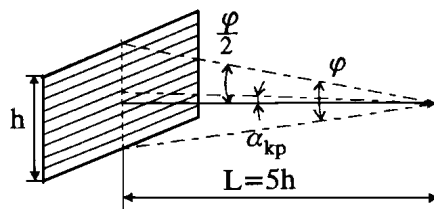
При линейна редова разбивка номиналната детайлност се определя от пълния брой редове z в растъра, които се предават в един кадър.

Необходимият брой редове, на които се разлага изображението се определя от фиг. 2.7. От разрешаващата способност на зрението се установи, че за да не се забелязва редовата структура на изображението при $\alpha_{кр} = 1'$, разстоянието на наблюдение е $L = (5 \div 5,5)h$. Тогава ЪГЪЛЪТ

$$(2.10) \quad \phi = 2 \arctg \frac{h}{2L} \approx 11^\circ,$$

а броят на редовете

$$(2.11) \quad z = \frac{\phi}{\alpha_{кр}} = \frac{11^\circ}{1/60} = 660.$$



Фиг. 2.7. Разрешаваща способност

Установено е, че минимално различимото нарастване на детайлността ΔY е пропорционално на относителното нарастване на броя на редовете

$$(2.12) \quad \Delta Y = a \frac{\Delta z}{z},$$

откъдето след интегриране се определя детайлността

$$(2.13) \quad Y = a \ln z + C.$$

Константите a и C се определят от граничните условия:

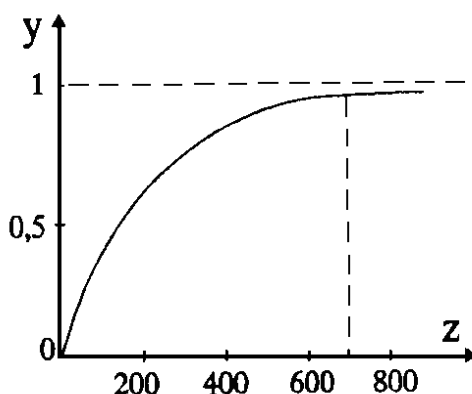
- при $z=1$; $Y_{min}=0$ или $C=0$;

- при $z=z_{max}$ се получава максимална детайлност $Y_{max}=1(100\%)$, при което от (2.13) се определя

$$(2.14) \quad a = \frac{1}{\ln z_{max}}$$

След заместване в (2.13) за детайлността се получава

$$(2.15) \quad Y = \frac{\ln z}{\ln z_{max}}$$



Фиг. 2.8. Относителна оценка на детайлността

който резултат съвпада със зависимостта на фиг. 2.8, даваща относителната оценка на детайлността от наблюдатели при различен брой редове.

По стандарт $z=625$, при който брой редове се получава максимална детайлност 95%.

2.4.2. Реална детайлност

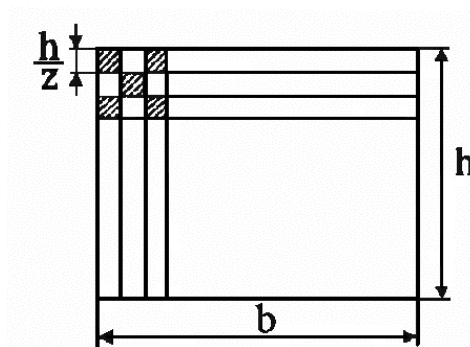
Реалната детайлност е свързана с възпроизвеждането на максималния реален брой елементи, на които се разлага изображението.

Максималният брой елементи N се определя от фиг. 2.9

При формат на кадъра $k=b/h$ в един ред се разполагат $b/\frac{h}{z} = kz$ елемента. При z реда в един кадър броят на елементите е

$$(2.16) \quad N_{max} = kz^2$$

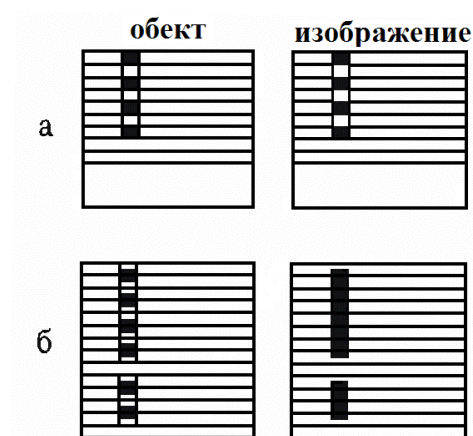
За $z=625$ и $k=16/9$, $N_{max}=694\,444$ елемента.



Фиг. 2.9. Структура на растера

Ширината и разстоянието между редовете определя размерите на минималния детайл, който се възпроизвежда. Броят на различните детайли във вертикална посока обаче зависи от взаимното разположение на редовете и детайлите. Поради дискретната структура на растера във вертикална посока при съвпадане на черно-белите елементи от обекта с редовете при развивката – фиг. 2.10,а, ще се възпроизведат $z/2$ двойки елементи, а при фиг. 2.10,б – два пъти по-малко. Реалната детайлност във вертикална посока ще бъде средноаритметична от двата гранични случая

$$(2.17) \quad N_{верт} = \frac{z+0,5z}{2} = 0,75z.$$



Фиг. 2.10. Реална детайлност във вертикална посока

В хоризонтална посока растерът има непрекъсната структура с плавен преход от един елемент към друг. Тогава при същите размери на минималния възпроизвеждан

елемент броят черно-бели елементи и реалната детайлност в хоризонтална посока ще бъде $\kappa \frac{z}{2} (1 - \theta_{xp})$.

2.5. Контраст на изображението

Контрастът на изображението се определя от отношението на максималната към минималната яркост (1.7) и определя диапазона от яркости, които се възпроизвеждат – фиг. 2.11.

Контрастът на изображението зависи както от характеристиките на телевизионната система, така и от условията на наблюдение и странична осветеност.

При странична осветеност B_{cmp} за контраста K' ще се получи

$$(2.17) \quad K' = \frac{B_{cmp_{max}}}{B_{cmp_{min}} = \frac{B_{max}}{1 + \frac{B_{cmp}}{B_{min}} \frac{B_{max}}{B_{min}}}}$$

Контрастът на изображението при отсъствие на странична осветеност е $K = B_{max}/B_{min}$. Тъй като $B_{max} \gg B_{min}$ от (2.22) следва

$$(2.18) \quad \frac{1 + \frac{B_{cmp}}{B_{max}}}{1 + \frac{B_{cmp}}{B_{min}}} < 1$$

откъдето

$$(2.19) \quad K' < K,$$

т. е. страничното осветяване намалява контраста на изображението.

За обхвата от яркости $B = (1 \div 10)^4 \text{ cd/m}^2$, където е в сила законът на Вебер-Фехнер, в неизкривено изображение ще се получи пропорционално възпроизвеждане на стойностите на яркостта $B_{об}$ на съответния обект, т. е.

$$(2.20) \quad \frac{dB_u}{B_u} = \gamma \frac{dB_{об}}{B_{об}},$$

където γ е коефициент на контрастност.

При $\Delta B_u \rightarrow 0$ от (2.20) се получава

$$(2.21) \quad \frac{dB_u}{B_u} = \gamma \frac{dB_{об}}{B_{об}},$$

откъдето след интегриране следва

$$(2.22) \quad \log B_u = \gamma \log B_{об} + \log C; \quad B_u = CB_{об}^\gamma.$$

Константите от интегрирането C и γ се определят от граничните стойности B_{max} и B_{min}

$$(2.23) \quad \gamma = \frac{\log B_{u_{max}} - \log B_{u_{min}}}{\log B_{об_{max}} - \log B_{об_{min}}} = \frac{\log K_u}{\log K_{об}},$$

$$C = \frac{B_{umax}}{(B_{об_{max}})^\gamma}.$$

От (2.22) са възможни три случая на предаване на изображението-фиг. 2.12.

- с нормална контрастност, когато $\gamma=1$, $B_u=CB_0$, като контрастът на изображението и обекта са равни;

- с повишен контраст $\gamma > 1$, при който на една градация на яркостта на обекта се възпроизвеждат няколко градации на изображението; при $\gamma=1,7$, $K_u/K_{об}=100/15$;

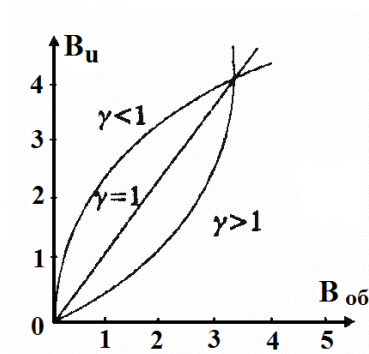
- с понижен контраст $\gamma < 1$, когато на няколко градации на яркостта на обекта се предава една на изображението; при $\gamma=0,7$; $K_u/K_{об}=25/100$.

При всички тези случаи различните стойности на C са еквивалентни на изменение на осветеността на обекта при постоянен контраст.

При зададен контраст K се възприемат определен брой яркостни градации m . Действително при зададени B_{max} и B_{min} в зоната на $B=(l \div 40)^4 cd/m$, където е в сила закона на Вебер-Фехнер от фиг. 2.11 може да се запише

B_{min}	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	...	B_{max}
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	-----------

Фиг. 2.11



Фиг. 2.12

$$\begin{aligned}
 B_1 &= B_{min} + \Delta B_{min} = B_{min} \left(1 + \frac{\Delta B_{min}}{B_{min}} \right) = B_{min} (1 + K_0) \\
 B_2 &= B_1 + \Delta B_1 = B_1 (1 + K_0) = B_{min} (1 + K_0)^2 \\
 &\dots\dots\dots \\
 B_m &= B_{max} = B_{min} (1 + K_0)^m
 \end{aligned}$$

откъдето за m се получава

$$m = \ln \frac{B_{max}}{B_{min} / \ln(1+K_0) = \frac{\ln K}{\ln(1+K_0)}}$$

Тъй като $K_0 \ll 1$ след разлагане на $\ln(1+K_0)$ в ред се получава

$$m = \frac{\ln K}{K_0} = \frac{2,3}{K_0} \lg K.$$

При $K=10 \div 40$ и $K_0=0,02 \div 0,03$ $m=80 \div 130$.

2.6. Информационен обем на изображението

Предаваното изображение се разлага на N елемента (2.20), притежаващи само една градация на яркостта. Ако всеки един елемент в процеса на предаване приема m градации на яркостта общото количество изображения от N елемента ще бъдат

$$M = m^N.$$

Вероятността за предаване на тези изображения е

$$(2.28) \quad p = \frac{1}{M} = \frac{1}{m^N},$$

а съответното количество информация

$$(2.29) \quad J = -\log_2 p = -\log_2 \frac{1}{M}.$$

При $m=8$, $N=7 \cdot 10^5$ $J=1,5 \cdot 10^5$ двоични единици.

За цветно изображение с три основни цвята

$$(2.30) \quad M_{\text{цв}} = m_{\text{ц}}^{3N_{\text{ц}}},$$

откъдето при $m_{\text{ц}}=m$; $N_{\text{ц}}=N$ се получава

$$(2.31) \quad M_{\text{цв}} = M^3; \quad J_{\text{цв}} = \log_2 M_{\text{цв}} = 3J,$$

т.е. количеството информация в идеалния случай се увеличава трикратно.

Г л а в а 3

СИСТЕМИ ЗА ЦВЕТНА ТЕЛЕВИЗИЯ

3.1. Основни принципи на цветната телевизия

Нормалното човешко зрение различава около 180 цветови тона и над 500 яркостни градации. С въпросите за анализа и измерването на цвета се занимава *колориметрията* (наука за цветовете), съгласно която цветът се определя с три величини: яркост, цветови тон и наситеност. Основните правила на които се обуславя колориметрията, са следните:

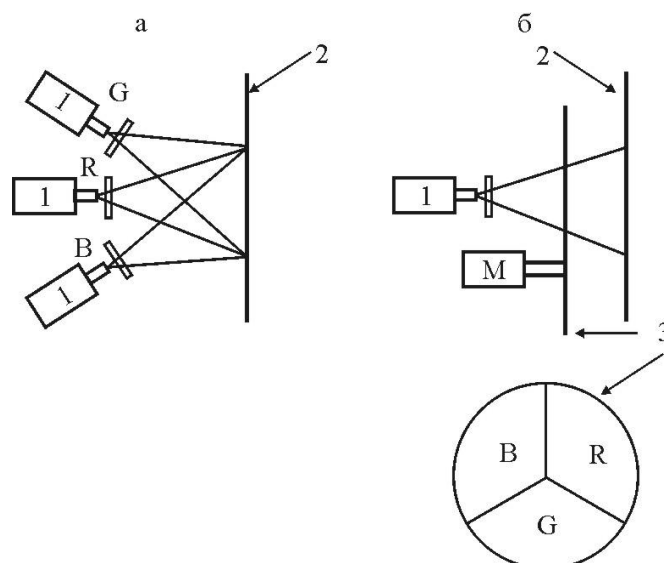
- всеки цвят се възпроизвежда чрез смесването в определено количество на три основни взаимно независими цвята, т.е. нито един от основните цветове не трябва да се получава от смесването на другите два;
- идентичността на първичния и получения чрез смесване цвят се запазва, ако на изменението на яркостта на първичния цвят съответства пропорционално изменение на яркостите на основните цветове в сместа;
- два еднакви цвята, независимо как са получени, се изменят по един и същи начин, ако към тях се прибави или извади трети цвят.

Трите основни цвята, избрани в колориметрията, са червеният (R) ($\lambda_R=700\text{ nm}$), зеленият (G) ($\lambda_G=546,1\text{ nm}$) и синият (B) ($\lambda_B=435,8\text{ nm}$), т.н. *трикомпонентна теория*.

За предаване на цветно изображение по телевизионния канал съгласно трикомпонентната теория обектът трябва да бъде разложен в предаващата страна на три едноцветни (червено, зелено, синьо) изображения, които да бъдат предадени в приемната страна. В приемната страна цветното изображение се получава чрез наслагане на едноцветните, при което се получава смесване на цветовете.

Използват се три основни вида смесване: оптическо, пространствено и бинокулярно.

Оптическо смесване се осъществява чрез едновременното или последователно наслагане на трите цвята, в резултат, на което се получава новият цвят. При едновременното смесване три чернобели изображения, заснети през R, G, B филтри се проектират през такива филтри върху полупрозрачен екран – фиг. 3.1. а. При точно оптично съвместяване на изображенията се получава цветно изображение. Принципът на последователно смесване е показан на фиг. 3.1 б. Проектирането става чрез диск с цветни R, G, B филтри, въртящ се синхронно със смяната на едноцветните изображения в проектора.

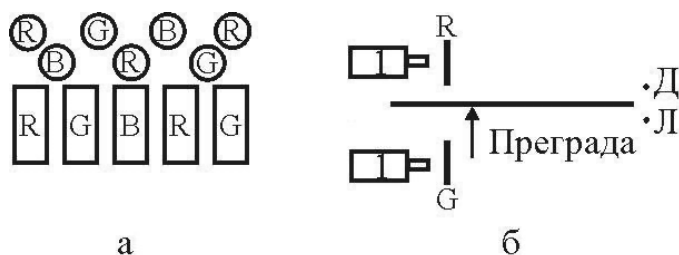


Фиг. 3.1. Оптическо смесване

Пространственото смесване се извършва чрез излъчване на елементарни светлинни потоци от цветни R, G, B точки или линии, разположени в определен ред – фиг. 3.2,а. При разстояние на наблюдение, надвишаващо разрешаващата способност на зрението, общото излъчване от една RGB триада ще се възприема като един цвят.

Бинокулярно смесване се получава, когато при възбуждане на едноименни участъци от ретината на лявото и дясното око с различни цветове, в субекта възниква усещане за нов цвят – фиг. 3.2,б.

Докато оптичното и пространствено смесване се използва в съвременните телевизионни системи за получаване на цветни изображения, бинокулярното смесване намира приложение в цветните стереотелевизионни промишлени системи.



Фиг. 3.2. Пространствено а) и бинокулярно б) смесване

В предавателната част чрез оптично разделяне се получават електрически сигнали E_R , E_G , E_B , съответстващи на основните цветове R, G, B, като наслагането на тези три сигнала за един кадър дават пълна информация за обекта.

Начинът на предаване на тази информация до телевизионния приемник определя системата за цветна телевизия. Всяка система за цветна телевизия трябва да отговаря на условията за съвместимост, при което предаване на цветно изображение трябва да се осъществява по предавателен канал с една и съща честотна лента, като се осигурява висококачествено изображение при приемане на дадената телевизионна програма.

3.2. Колориметрични системи

Колориметричните системи позволяват чрез избор на няколко основни, взаимно независими цвята да се възпроизведат всички останали.

3.2.1. Колориметрична система R, G, B

За цветови измервания се използва системата R, G, B с основни цветове червен (R), зелен (G), син (B). Количествено и качествено светлинният поток може да бъде изразен като

$$(3.1) \quad F' = r'R + g'G + b'B = mF,$$

където F' е полученият светлинен поток; r' , g' , b' – количеството червен (R), зелен (G), син (B) цвят; F – цветността на потока F' ; $m = r' + g' + b'$ – цветови модул.

При определяне само на цветността F от (4.1) се получава

$$(3.2) \quad F = \frac{r'}{m}R + \frac{g'}{m}G + \frac{b'}{m}B = rR + gG + bB,$$

където $r + g + b = 1$.

Така чрез цветността F се описва качествено съответния цвят независимо от яркостта. Коефициентите r , g , b определят съотношенията, в които трябва да се смесят описаните цветове, за да се получи новият цвят F .

В системата R, G, B равно енергетичният бял цвят E се получава при коефициенти $r = g = b = 1/3$.

Неудобството на колориметричната система RGB е, че за получаването на голяма група реални цветове един от коефициентите r , g , b трябва да бъде с отрицателен знак, което математически се изразява с равенството

$$(3.3) \quad F+rR=gG+bB$$

Също така за възпроизвеждане яркостта на цвета се използват и трите цветови компонента.

3.2.2. Колориметрична система X, Y, Z

При създаването на колориметрична система X, Y, Z се спазват условията:

- относителните коефициенти на спектралните цветове да нямат отрицателни стойности;
- яркостта на определен цвят да се определя напълно от една от компонентите на системата;
- координатите на равно енергетичния бял цвят да бъдат равни.

За основни цветове в колориметричната система се приемат символични – нереални цветове X, Y, Z, за които колориметричните уравнения (3.1), (3.2) имат вид

$$(3.4) \quad mF=x'X+yY+z'Z; F=xX+yY+zZ,$$

където $x+y+z=1$, $x=x'/m$, $y=y'/m$, $z=z'/m$, $m=x'+y'+z'$.

Представяйки X, Y, Z като вектори в пространството всеки цвят може да се получи чрез геометрично сумиране на векторите X, Y, Z, като x' , y' , z' дават направлението на вектора и определят цветността, а яркостта се определя от стойностите на x' , y' , z' . При $m=c^{te}$ (3.3) е уравнение на плоскост в цветовото пространство за всички точки с яркост определена от m .

В колориметричната система XYZ, както и в системата RGB, белият цвят се определя от трицветни коефициенти $x=y=z=1/3$.

Като се ограничат векторите на основните цветове X, Y, Z равни на единица и се съединят точките $x'+y'+z'=1$ се получава равнобедрен триъгълник, който след проектирането му в равнината XY ($z'=0$) се получава цветният триъгълник на фиг. 3.3. Равноенергетичният бял цвят ($x=y=1/3$) е отбелязан с точка E.

Всички реални монохроматични цветове се разполагат на подковообразна крива на спектралните цветове, наречена *локус*, вписана в триъгълника и се описват с положителни коефициенти x , y . Цветовете, получени от смесването на трите основни цвята RGB се ограничават от триъгълника, получен при съединяването на точките R,G,B. Цветовете от смесването на двата цвята от локуса се намират на правата, която ги съединява.

Пурпурните цветове се намират в триъгълника $\lambda=400 \text{ nm}$, E и $\lambda=700 \text{ nm}$. Допълнителните цветова лежат на правата прекарана през т. E и точките на пресичане на кривата на спектралните цветове. Цветовете, лежащи на цветовия график, се характеризират с чистота на цвета $p=1$, а за белия цвят $p=0$.

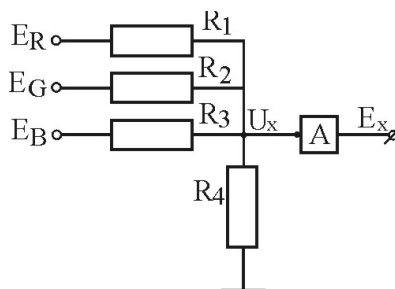
Енергетичната яркостна оценка на цвета се дава от ордината y , като геометричното място на точки с постоянни яркостни коефициенти са правите $y=c^{te}$.

След експериментални изследвания и колориметрични изчисления за коефициентите r , g , b се определят стойностите $r=0,3$; $g=0,59$; $b=0,11$, откъдето за яркостния сигнал се получава

$$(3.7) \quad E_Y = 0,35E_R + 0,59E_G + 0,11E_B$$

При бяло поле $E_R=E_G=E_B=1$, следва – $E_Y=1$, при червено $E_R=1$, $E_G=E_B=0$ – $E_Y=0,3$, а при зелено и синьо – $E_Y=0,59$ и $0,11$ съответно.

Така полученият яркостен сигнал по параметри – ниво, честотна лента, трябва да съответства на стандартния сигнал за чернобяла телевизия.



Фиг. 3.4. Пасивна матрица за формиране на цветовете

Формирането му от трите цветови сигнала се извършва с пасивна матрица, състояща се от четири резистора – фиг. 3.4.

При изпълнението на условието $R_1, R_2, R_3 \gg R_4$ и избор $R_1=1/30 \text{ M}\Omega$, $R_2=1/59 \text{ M}\Omega$, $R_3=1/11 \text{ M}\Omega$, $A=10$, $E_R=E_G=E_B$ за E_Y се получава

$$(3.8) \quad E_Y = A \left(\frac{R_4}{R_1} E_R + \frac{R_4}{R_2} E_G + \frac{R_4}{R_3} E_B \right) = E_R = E_G = E_B.$$

Така пълният телевизионен сигнал на цветната телевизия при спазване на съвместимостта с чернобялата ще съдържа четири сигнала E_Y , E_R , E_G , E_B . При 6 MHz честотна лента за всеки сигнал и разстояние между тях от 1 MHz се оказва, че за предаването на сигналите е необходима ширина на предавателния канал от 27 MHz, а действителната му ширина е 8 MHz. Това нарушава съвместимостта на цветната телевизия със съществуващите предавателни канали за чернобялата телевизия.

3.3.2. Честотен спектър на дребните оцветени детайли

Характерно за човешкото зрение е нарушение на различимостта на цветовете на дребните детайли на изображението. Това се проявява в най-голяма степен към детайлите със син цвят, след това – с червен и зелен. На фиг. 3.5,а са показани резултатите от изследвания, когато на екрана са възпроизвеждани от импулсен генератор с променлива честота цветни ленти с различен размер. Установява се, че в цветната телевизия не е необходимо предаването с пълна честотна лента на трите цветови сигнала. Предаването на цветни дребни детайли, за които са необходими високочестотните съставки от спектъра е излишно, защото човешкото зрение не ги различава. Излишно е предаването на сини дребни детайли, на които съответстват честоти по-високи от 0,6 MHz и на червени – по-високи от 1,5 MHz. Най-чувствително е зрението към зелените детайли, които трябва да се предават с честотна лента от 6 MHz, както яркостният сигнал.

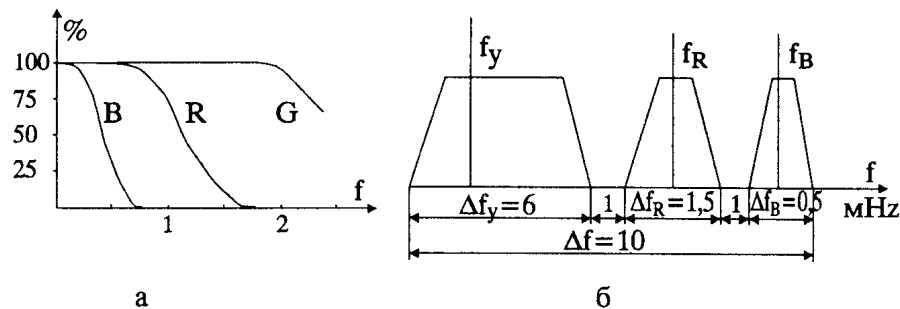
Като се изходи от съвместимостта на системите за цветна телевизия следва, че предаването на яркостния сигнал е задължително. Предавайки яркостния сигнал E_Y с честотна лента от 6 MHz, най-лесно с него могат да се съвместят цветовете сигнали с най-

тясна честотна лента E_R , E_B , а сигналът E_G да се възпроизвежда от (5.6) с матрица като алгебрична сума, т.е.

$$(3.9) \quad E_G = \frac{1}{0,59} (E_Y - 0,3E_R - 0,11E_B).$$

На фиг. 3.5,б е показана корекцията в пълната честотна лента, която е сведена до 10 MHz.

Рязкото ограничаване на спектъра на телевизионния сигнал на червените и сини участъци не влошава детайлността на изображението, защото яркостният сигнал E_Y се предава с пълна честотна лента и се възпроизвежда на екраните на приемниците както за чернобяло, така и за цветно изображение.



Фиг. 3.5. Честотни ленти на основните цветове

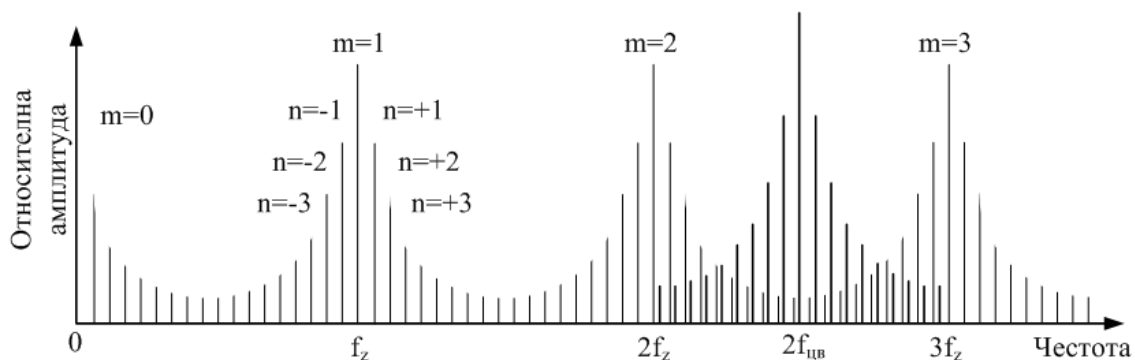
3.3.3. Уплътняване на честотния спектър на телевизионния сигнал

Независимо от съкращаването на пълната честотна лента наличието на честотните ленти на червения и синия цвят извън лентата на яркостния сигнал – фиг. 3.5,б прави сигналът несъвместим с честотната лента на предавателния канал. Ето защо като използват дискретната структура на спектъра на яркостния сигнал E_Y , всички съвместими системи за цветна телевизия правят *уплътняване* на честотния спектър на яркостния сигнал E_Y със сигналите на цветността E_R и E_B . Това е възможно поради наличието на относително големи интервали Δf между спектралните съставки на яркостния сигнал E_Y и съществено по-малката честотна лента на цветовите сигнали E_R и E_B .

За да се получи точно съвместяване на яркостния сигнал и цветовите сигнали – фиг. 3.6, се избира цветова подносеща честота, която се модулира със сигналите на цветността. Цветовата подносеща трябва да бъде нечетен хармоник на половината от редовата честота, т.е.

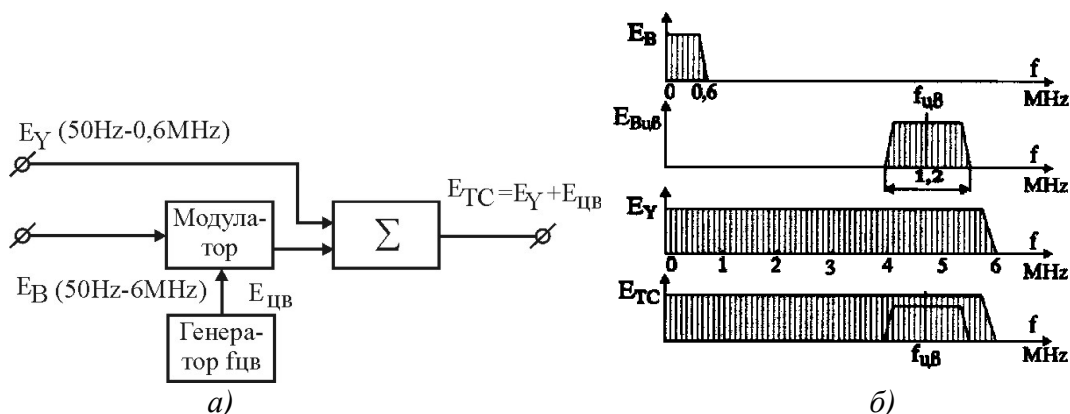
$$(3.10) \quad f_{цв} = (2n + 1) \frac{f_z}{2},$$

където n е цяло число.



Фиг. 3.6

Принципът на уплътняване на яркостния сигнал E_Y с цветовия сигнал E_B е показан на фиг. 3.7.



Фиг. 3.7. Уплътняване на яркостния сигнал и цветовете сигнали

Изборът на цветовата подносеща се определя от следните условия:

- за да не влияе върху структурата на дребните детайли в чернобялото изображение тя трябва да бъде разположена най-високо в честотния спектър на яркостния сигнал;
- най-високата честота от спектъра на цветовия сигнал и цветовата подносеща трябва да отговарят на неравенствата $f_{max} \leq 0,5f_{цв}$; $f_{цв} + f_{max} \leq 6,25 \text{ MHz}$.

3.3.4. Сигнали на цветовата разлика

Във всички стандартни системи за цветна телевизия вместо сигналите на основните цветове E_R , E_G , E_B се използват сигналите на цветовата разлика.

- Сигнали на цветовата разлика E_{R-Y} , E_{G-Y} , E_{B-Y}

Цветоразностните сигнали E_{R-Y} , E_{G-Y} , E_{B-Y} се получават от основните с уравнения

$$\begin{aligned}
 E_{R-Y} &= E_R - E_Y = 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B \\
 E_{G-Y} &= E_G - E_Y = -0,30E_R + 0,41E_G - 0,11E_B \\
 E_{B-Y} &= E_B - E_Y = -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B .
 \end{aligned}
 \quad (3.11)$$

Тъй като зрителната система е най-чувствителна към яркостните изкривявания, яркостните съставлящи се изключват от сигналите на цветовата разлика. В цветните телевизионни системи се предават сигналите E_Y , E_{R-Y} , E_{B-Y} , като се изключва цветоразностния сигнал E_{G-Y} , който в приемната страна се възстановява с матрица от равенството

$$E_{G-Y} = -0,51E_{R-Y} - 0,19E_{B-Y} . \quad (3.12)$$

Изключването на сигнала E_{G-Y} се приема поради ниското отношение сигнал/шум в сравнение с другите сигнали и голямото относително тегло на яркостния сигнал в зеления цвят и широката честотна лента.

Предимствата на сигналите на цветовата разлика са, че на тях съответстват реални цветове, не съдържат информация за яркост, получени са по математичен път и лесно се формират с матрици, заемат ограничена честотна лента от 0 до 1,5 MHz, разположени са симетрично около абсисната ос и не съдържат средна съставка, имат малка амплитуда, намаляват смущенията в изображението, в приемната страна лесно се възстановяват основните цветове

$$E_{R-Y} + E_Y = E_R ; E_{G-Y} + E_Y = E_G ; E_{B-Y} + E_Y = E_B . \quad (3.13)$$

Фактът, че при цветоразностните сигнали пълната яркост на изображението се определя само от яркостния сигнал, а цветоразностните сигнали не влияят върху яркостта на изображението, така наречения *принцип на постоянната яркост*, позволява:

- при възникване на смущения в канала за цветност да не се променя яркостта. Действително при въздействие на смущение Δ в цветоразностните сигнали следва

$$(3.14) \quad \begin{aligned} E_{R-Y\Delta} &= 0,7E_R - 0,59E_G - 0,11E_B + \Delta \\ E_{B-Y\Delta} &= -0,3E_R - 0,59E_G + 0,89E_B + \Delta, \end{aligned}$$

откъдето изменението на основните цветове и яркостта в приемника ще бъдат

$$(3.15) \quad \begin{aligned} E_{R\Delta} &= E_{R-Y\Delta} + E_Y = E_R + \Delta \\ E_{B\Delta} &= E_{B-Y\Delta} + E_Y = E_B + \Delta \\ E_{G\Delta} &= E_Y - 0,51 E_{R-Y\Delta} - 0,19 E_{B-Y\Delta} + \Delta \\ E_{Y\Delta} &= 0,3E_{R\Delta} + 0,59 E_{G\Delta} + 0,11E_{B\Delta} = 0,3E_R + 0,59E_G + 0,11E_B = E_Y = C^{te}; \end{aligned}$$

- ограничението на честотната лента на сигналите за цветност да не влияе на резките яркостни преходи и детайлността на изображението в чернобял вид.

Предаването на сигналите E_{R-Y} и E_{B-Y} или техните линейни комбинации с E_Y ще възпроизвеждат яркост

$$(3.16) \quad \begin{aligned} B &= 0,3(E_Y + E_{G-Y}) + 0,59(E_Y - E_{G-Y}) + 0,11(E_Y + E_{B-Y}) = \\ &= E_Y + 0,3 E_R + 0,59 E_{G-Y} + 0,11 E_{B-Y}, \end{aligned}$$

откъдето се установява, че за да се изпълнява принципът на постоянната яркост е необходимо

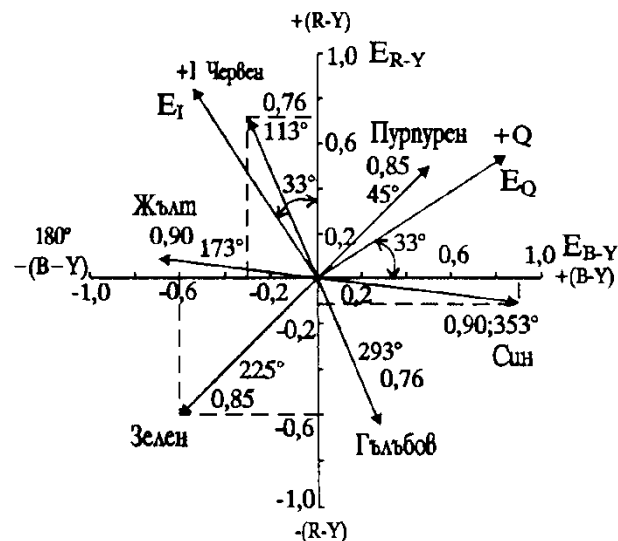
$$(3.17) \quad 0,3 E_{R-Y} + 0,59 E_{G-Y} + 0,11 E_{B-Y} = 0.$$

От (4.16) се намира връзката (4.11) между E_{G-Y} и цветоразностните сигнали E_{R-Y} и E_{B-Y} .

Принципът на постоянната яркост е приложим за цветни телевизионни системи, чийто камерен канал има $\gamma=1$. При стесняване на честотната лента на единия от цветоразностните сигнали цветното изображение се влошава поради получаване на цветни окантовки от преходните процеси.

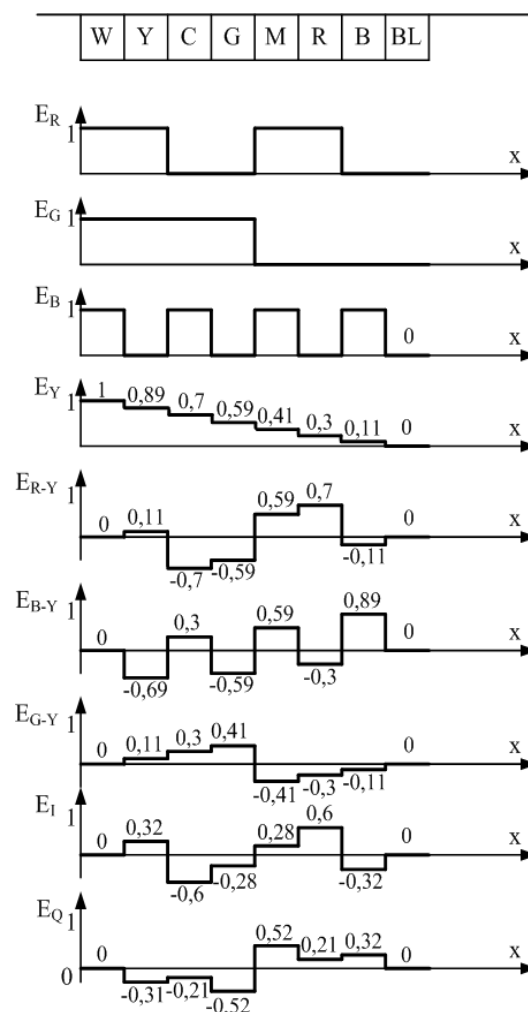
- Сигнали на цвѐтова разлика E_I , E_Q .

Като се използват особеностите на цветовото зрение са въведени цветоразностните сигнали E_I и E_Q . Степента на съкращение на честотната лента за цвѐтова информация зависи от избора на основните цветове. Ето защо за цветните телевизионни системи с тясна честотна лента на яркостния сигнал (NTSC – $\Delta f_Y < 5 \text{ MHz}$) се избират цветоразностните сигнали E_I с честотна лента $\Delta f = 1,3 \text{ MHz}$ на ниво 3 dB и E_Q $\Delta f = 0,4 \text{ MHz}$ на ниво 2 dB .



Фиг. 3.8. Векторна цвѐтова диаграма

За целта векторѐт на цвѐторазностния сигнал E_I , съответстващ на оранжевите и синѐозелените цвѐтове се разполага в цвѐтовата диаграма – фиг. 3.8, между червения и жѐлтия цвят, изпреварвайки цвѐторазностния сигнал E_{R-Y} на 33° , а сигналѐт E_Q , се разполага над синия цвят, изпреварвайки сигналѐт E_{R-Y} на 33° .



Фиг. 3.9. Вертикалните цвѐтни ивици и форма на сигналите

Като се използват геометричните съотношения от фиг. 3.8 за цветоразностните сигнали E_I и E_Q се получава

$$(3.18) \quad \begin{aligned} E_I &= a_1 E_{R-Y} \cos 33^\circ - a_2 E_{B-Y} \cos 57^\circ \\ E_Q &= a_1 E_{R-Y} \sin 33^\circ + a_2 E_{B-Y} \sin 57^\circ \end{aligned}$$

откъдето при коефициенти на компресия $a_1=0,87695$; $a_2=0,49283$ следват зависимостите

$$(3.19) \quad \begin{aligned} E_I &= 0,74 E_{R-Y} - 0,27 E_{B-Y} \\ E_Q &= 0,48 E_{R-Y} + 0,41 E_{B-Y} \end{aligned}$$

Въвеждането на коефициентите на компресия намалява смущенията върху яркостния сигнал E_Y .

Цветоразностните сигнали E_I и E_Q притежават основните свойства на сигналите E_{R-Y} , E_{B-Y} като за тях също е в сила принципът на постоянната яркост.

3.3.5. Изпитателно изображение “Вертикални цветни ленти”

Формирането на цветоразностните сигнали в цветните телевизионни системи най-добре се представя при разглеждане на изпитателно изображение “вертикални цветни ленти”, фиг. 3.9. Вертикалните цветни ленти включват: трите основни цвята R , G , B ; трите им допълнителни цвята – синьозелен $[C]$, виолетов $[M]$, жълт $[Y]$; бяла $[W]$ и черна $[BL]$ ленти. Те са подредени по степента на намаляване на яркостта E_Y и се използват за изчисление, настройка и контрол на работата на апаратурата.

3.4. Система за цветна телевизия NTSC

Системата NTSC (National Television System Committee) е разработена през 1954 г. САЩ и е възприета като стандартна в Канада, Япония и редица други страни.

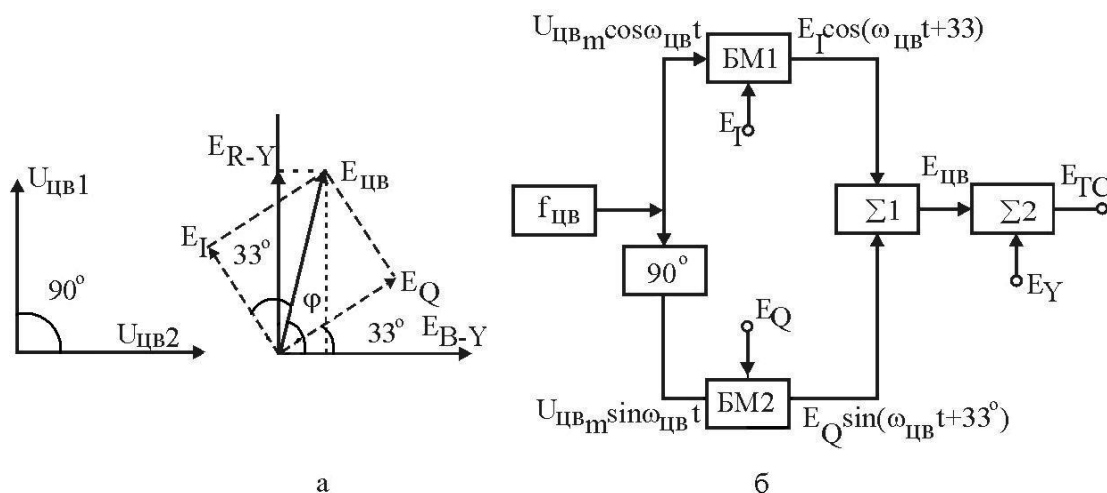
3.4.1. Начин на предаване

Предаването на цветовата информация в системата NTSC се осъществява с цветоразностните сигнали E_I и E_Q в спектъра на яркостния сигнал E_Y на една цветова подносителна. За предаването на двата цветови сигнала с една цветова подносителна се използва квадратурна амплитудна модулация на две носещи трептения с една и съща честота, но дефазирани на 90° – фиг. 3.10,а. На фиг. 3.10,б квадратурната модулация се извършва в балансни модулатори БМ1 и БМ2, с което в значителна степен се намаляват смущенията от трептенията с цветова носеща честота в канала на яркостта – носещите са потиснати. След сумиране на сигналите след модулацията в суматор ΣI се получава

$$(3.20) \quad E_{\text{цв}} = E_I (\cos \omega_{\text{цв}} t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega_{\text{цв}} t + 33^\circ) = E_{\text{цвм}} \sin(\omega_{\text{цв}} t + \varphi),$$

където

$$(3.21) \quad E_{\text{цвм}} = \sqrt{E_I^2 + E_Q^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{E_I}{E_Q}.$$



Фиг. 3.10. Система за цветна телевизия NTSC

При квадратурната модулация се изменя амплитудата и фазата на сигнала, т.е. това е амплитудно-фазова модулация.

Телевизионният сигнал се получава след сумиране в суматора $\Sigma 2$ на цветовия и яркостния сигнал

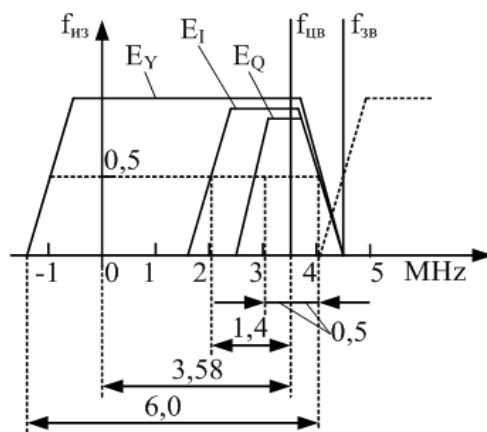
$$(3.22) \quad E_{ТС} = E_Y + E_I \cos(\omega_{цв}t + 33^\circ) + E_Q \sin(\omega_{цв}t + 33^\circ).$$

Яркостният сигнал се предава с честотна лента 4,2 MHz при брой редове $z=525$ и кадрова честота $n=60$ Hz. Честотните ленти на цветоразностните сигнали са $E_I=1,3$ MHz, $E_Q=0,5$ MHz. Цветовата подносеща честота е 455 хармоник на половината редова честота, т.е.

$$(3.23) \quad f_{цв} = 455 \frac{f_z}{2} = 455 \frac{15750}{2} = 3,579545 \text{ MHz} \pm 10 \text{ Hz}.$$

За намаляване смущенията от цветовата подносеща върху чернобели изображения при приемане на цветни, фазата на цветовата подносеща периодично се променя на 180° . Тъй като $f_{цв}$ е нечетен хармоник на половината редова честота в един полукадр се разполагат цяло число синусоиди плюс половин период, а в следващия полукадр фазата на цветовата подносеща се изменя на 180° , при което се компенсират смущенията в яркостния канал.

Амплитудно-честотната характеристика на предавателния канал по системата NTSC е показана на фиг. 3.11.



Фиг. 3.11. Амплитудно-честотната характеристика на предавателния канал по системата NTSC

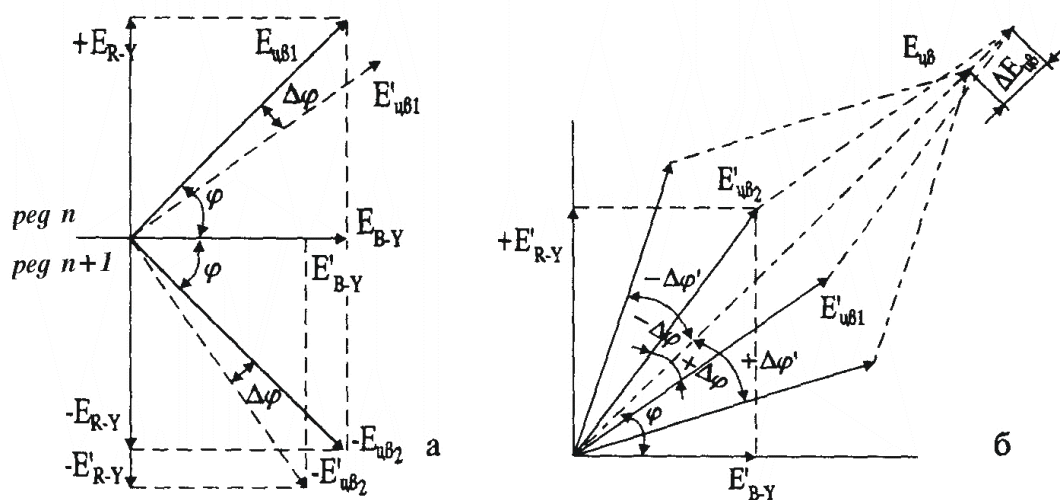
Яркостният сигнал заема честотна лента от 0 до 4,2 MHz на ниво 3 dB. Цветоразностният сигнал E_Q се предава в лентата до 0,5 MHz с двете странични ленти, а E_I се предава несиметрично спрямо цветовата носеща, с долна странична лента 1,4 MHz и ограничена горна лента до 0,5 MHz. Това позволява честотата на цветовата подносеца да се приближи максимално до горната граница на спектъра на яркостния сигнал. Яркостният сигнал се предава с ограничена долна странична лента до 1,25 MHz, което позволява да се ограничи честотната лента на канала до 6 MHz.

3.5. Система за цветна телевизия PAL

Системата PAL (Phase Alternation Line) е разработена от фирмата Telefunken – Германия в периода 1963-1965 г. и приета като стандартна система за цветна телевизия в Централна Европа и Англия. Тя представлява усъвършенстван вариант на системата NTSC.

3.5.1. Начин на предаване

В системата PAL се предават яркостният сигнал E_Y и цветоразностните сигнали E_{R-Y} , E_{B-Y} както в системата NTSC с коефициент на компресия a_1 , a_2 и квадратурна модулация на цветовата носеща. За компенсиране на диференциално-фазовите изкривявания, към които е чувствителна системата NTSC, в системата PAL фазата на едната от квадратурните съставки се изменя от ред на ред на 180° . Начинът на предаване на цветоразностните сигнали е показан на фиг. 3.16,а. При развиване на n ред при квадратурна модулация цветоразностните сигнали E_{R-Y} , E_{B-Y} образуват сигнала $E_{\psi\phi 1}$. На следващия $n+1$ ред фазата на квадратурната съставка E_{R-Y} се изменя на 180° , при което сигнала $E_{\psi\phi 2}$ променя положението си спрямо абцисната ос.



Фиг. 3.16. Векторни диаграми по система PAL

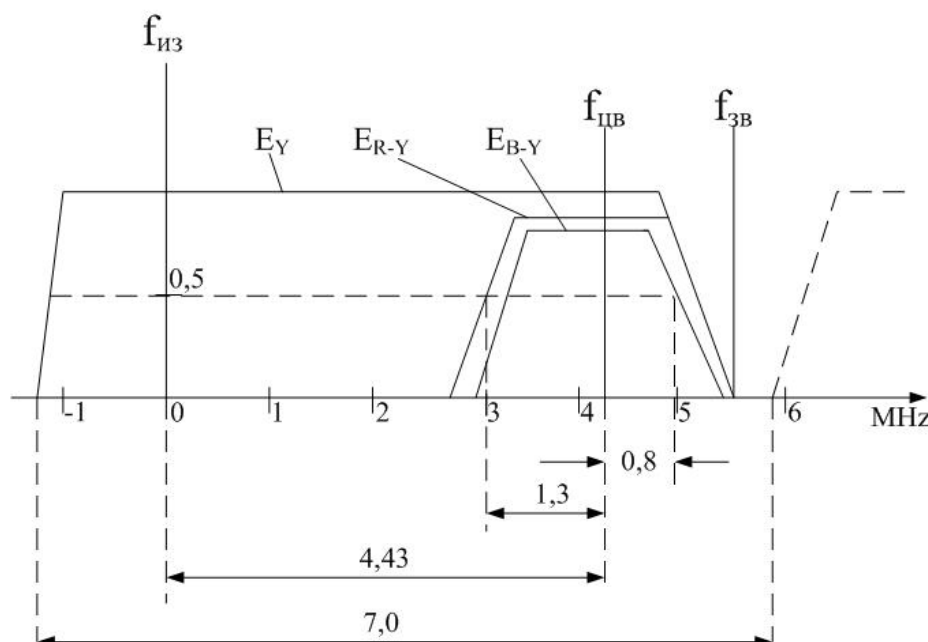
При фазово изкривяване на предавания сигнал на ъгъл $\Delta\phi$ цветовият сигнал $E_{\psi\phi}$ ще заеме съответно положенията $E'_{\psi\phi 1}$ и $E'_{\psi\phi 2}$. В системата NTSC това фазово изместване ще доведе до изменение на цветовия оттенък. За да се компенсира това изкривяване $\Delta\phi$ в приемната страна сигнала $E'_{\psi\phi 1}$ от n ред се задържа $64 \mu s$ и се сумира със сигнала $E'_{\psi\phi 2}$ от $n+1$ ред, който се получава след нова комутация на сигнала E_{R-Y} на 180° – фиг. 3.16,б. Резултантният сигнал $E_{\psi\phi}$ запазва първоначалния фазов ъгъл ϕ , което съответства на цветовия тон в предаващата страна. Така системата PAL осигурява запазване на цвета при различни фазови отклонения, достигащи до 40° . При различни стойности на фазовата грешка $\Delta\phi$ се изменя дължината на вектора $E_{\psi\phi}$ с $\Delta E_{\psi\phi}$, което води до грешка при възпроизвеждане на наситеността на цвета. Зрителната система е по-малко чувствителна към тези изкривявания.

В системата PAL цветоразностните сигнали $E_{R.Y}$ и $E_{B.Y}$ се предават с коефициенти на компресия съответно 0,877 и 0,493 с честотна лента до 1,3 MHz. Изборът на цветовата носеща се извършва по формулата

$$(3.24) \quad f_{ue} \cdot \left(n \mp \frac{1}{4} \right) f_z + f_n,$$

така че да бъде изместена на четвърт ред спрямо хармониците на редовата честота.

При $z=625$ реда и $f_n=25$ кадъра за Европейския стандарт за цветовата носеща се получава $f_{ue}=4,43$ MHz. За осъществяване на синхронно детектиране в системата PAL се предава сигнал за цвetoва синхронизация както в системата NTSC. Тъй като фазата на цветовата носеща, подавана на синхронния детектор за сигнала $E_{R.Y}$, трябва да се обръща на 180° всеки ред в приемната страна се предава информация за фазата на предавания сигнал $E_{R.Y}$ чрез сигналът за цвetoва синхронизация, чиято фаза за всеки ред е $180^\circ \pm 45^\circ$. Така в нечетните редове на първия и втория полукадър и четните редове на втория и третия полукадър, фазата на сигнала в пакета е 135° , а в четните редове на първия и втория полукадър и нечетните на третия и четвъртия – 225° .



Фиг. 3.17. Амплитудно-честотната характеристика на сигналите в PAL система

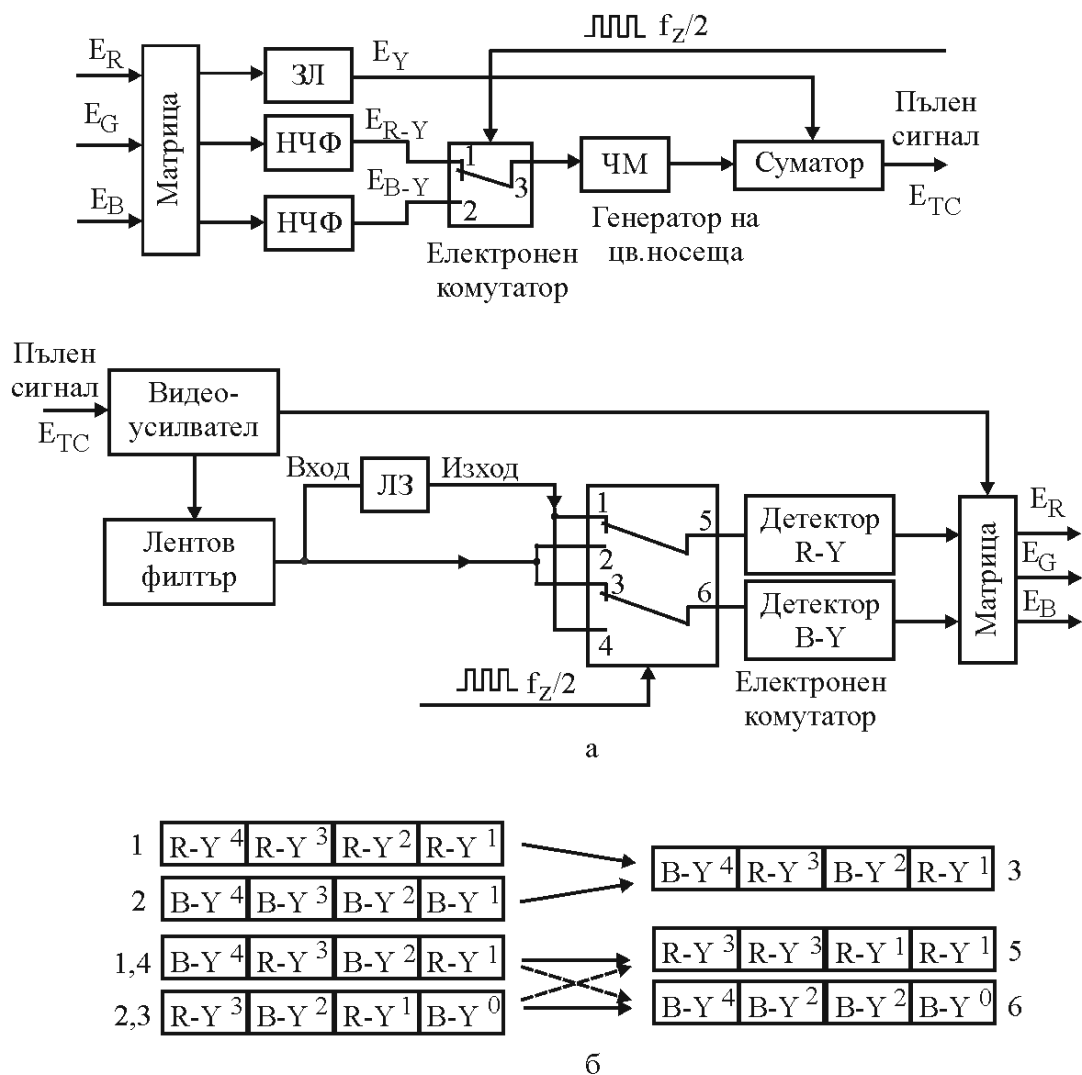
Амплитудно-честотната характеристика на сигналите в PAL системата е показана на фиг. 3.17. Цветоразностните сигнали $E_{R.Y}$ и $E_{B.Y}$ се предават с долна честотна лента от 1,3 MHz и частично потисната горна лента от 0,8 MHz. Общата ширина на канала е 7 MHz.

3.6. Система за цветна телевизия SECAM

Цветна телевизионна система SECAM (Sequence de couleurs avec memoire) е създадена през 1956 г. във Франция, като през 1966 год. се появява последната модификация SECAM III.

3.6.1. Начин на предаване

Възможността за ограничаване на честотната лента на цветоразностните сигнали до 1,5 MHz, което е еквивалентно на намаляване на детайлността във вертикална посока до 3 пъти е в основата на предаването на цветовата информация в системата SECAM. Принципът на действие при тази система е показан на фиг. 3.18.



Фиг. 3.18. Принцип на работа на системата SECAM

При системата SECAM от цветовете сигнали E_R , E_G , E_B в матрицата се формират сигналите E_Y , E_{R-Y} , E_{B-Y} . Сигналят E_Y се предава непрекъснато, а сигналите E_{R-Y} и E_{B-Y} се превключват с електронен комутатор последователно през ред – за първия ред само E_{R-Y} , а за втория – E_{B-Y} и т. н. По този начин в половината от редовете в растъра ще се съдържа цветоразностният сигнал E_{R-Y} , а в другата половина – E_{B-Y} , което е еквивалентно на увеличение по вертикали на размерите на оцветените детайли. Детайлността на изображението обаче се запазва, защото яркостният сигнал E_Y се предава с честотна лента 6 MHz.

Редуващите се цветоразностни сигнали модулират честотния генератор на цветовата носеща, след което се сумират с яркостния сигнал и се формира пълният телевизионен сигнал.

В приемната страна след видеоусилвателя с лентов филтър се отделя информацията за цветност, която постъпва на входа на закъснителна линия $64 \mu s$ и електронен комутатор. От изхода на закъснителната линия сигналът се получава в комутатора на изводи 1, 4, а директният сигнал – на изводи 2, 3. При показаното положение на схемата на изход 5 ще се получи закъснелият сигнал E_{R-Y} , а на изход 6 – предаваният сигнал E_{B-Y} . При предаване на следващия ред закъснелият сигнал е E_{B-Y} и от 4 ще се получи на изход 6, а директно ще се предава E_{R-Y} от вход 2 на изход 5. Така на изход 5 се комутира цветоразностният сигнал E_{R-Y} , а на изход 6 – E_{B-Y} , след което те постъпват на демодулаторите $R-Y$, $B-Y$. След демодулиране сигналите постъпват в матрица за възстановяване на първичните сигнали E_R , E_G , E_B .

Електронният комутатор се управлява с импулси с правоъгълна форма и тъй като пълният цикъл на комутатора завършва за два реда, честотата на импулсите е $f_z/2$. В приемното устройство трябва да се спазва последователността на превключване, поради което двата комутатора работят синфазно. Това се осъществява като се предават в пълния телевизионен сигнал допълнителни сигнали за цвѳтова синхронизация.

Характерно за системата SECAM е, че вместо сигналите E_{R-Y} , E_{B-Y} цвѳността се предава със сигнали

$$(3.25) \quad D_R = -1,9 E_{R-Y}$$

$$(3.26) \quad D_B = 1,5 E_{B-Y} \quad .$$

Новите сигнали се различават с коефициентите на компресия и различната полярност. Така се подобрява съвместимостта и устойчивостта на системата спрямо смущения, като нивата на двата цвѳторазностни сигнала е еднакво

$$(3.27) \quad \frac{|D_R|}{|D_B|} = \frac{1,9 E_{R-Y}}{1,5 E_{B-Y}} = \frac{1,9 \cdot 0,67}{1,5 \cdot 0,89} = 1.$$

Предаването на цвѳовите сигнали D_R и D_B се извършва с честотна модулация на две различни по честота цвѳови носещи сигнали. Честотите на носещите сигнали са хармоници на редовата честота съответно $f_{\text{ч}R} = 282 f_z = 4406,25 \pm 2 \text{ kHz}$ и $f_{\text{ч}B} = 272 f_z = 4250,00 \pm 2 \text{ kHz}$, като $f_z = 15625 \text{ Hz}$.

Г л а в а 4

ФОРМИРАНЕ НА ЦИФРОВ ТЕЛЕВИЗИОНЕН СИГНАЛ И МЕТОДИ ЗА РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

4.1. Основни сведения

Използваните аналогови цветни телевизионни системи NTSC, PAL, SECAM се характеризират с един съществен недостатък – кръстосаните изкривявания между яркостния сигнал и цветоразностните сигнали, които се дължат на възприетия начин на предаване чрез уплътняване на високочестотната част от спектъра на сигнала на яркостта. Това води до намаляване на детайлността и качеството на възпроизвежданото изображение.

В същото време изискванията към качеството на възпроизвежданите изображения и звук се повишават непрекъснато, като през последните години се разработиха и внедриха цифровите телевизионни системи, при които пренасянето на цветното изображение се извършва на принципа на последователното предаване във времето на яркостния сигнал, цветоразностните сигнали, звуковия сигнал и друга информация.

4.2. Първата цифрова телевизионна система MAC

Първата стандартизирана цифровата телевизионна система MAC (Multiplexed Analog Components), представлява компромисен стандарт за първоначално сателитно предаване с цел подобряване качеството на картината и звука в сравнение с аналоговите цветни телевизионни системи. Системата MAC е цифрово-аналогов принцип на последователно предаване на информацията и телевизионен сигнал във времето, при което се получават следните предимства:

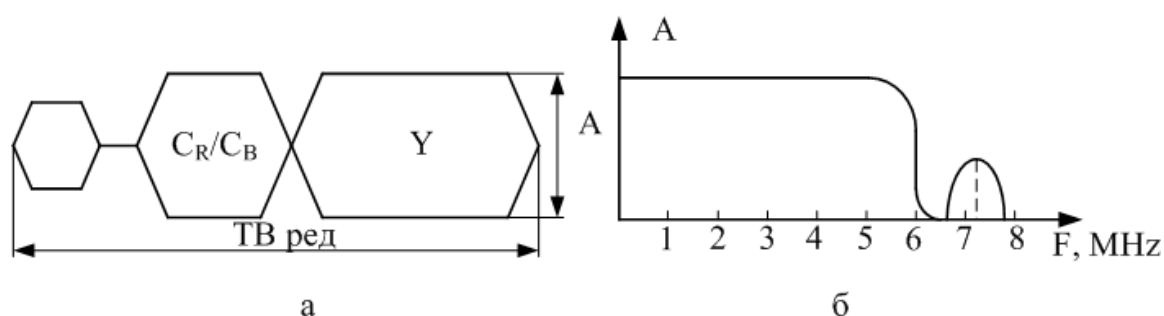
- отстраняване на кръстосаните изкривявания между яркостния сигнал и цветоразностните сигнали;
- значително намаляване на шумовете в канала за цветност;
- предаване на сигналите за звуков съпровод, синхронизация, телетекст и друга информация в цифров вид;
- повишаване детайлността на изображението за сметка на по-широка честотна лента за сигналите яркост и цветност.

В исторически план са разработени няколко варианта на системата MAC: A, B, C, D1, D2-MAC.

Основните характеристики на системата MAC са следните:

- сигналите за яркост и цветност се предават последователно по време на активната част на реда;
- цифровите сигнали на звуковия съпровод, синхронизация и други данни се предават чрез честотно разделяне чрез модулация с отделна носеща честота.

На фиг. 4.1 е показан формат на предаване на сигналите в система A-MAC за един ред и честотна лента на видеосигнала и цифровите данни преди телевизионния модулатор.



Фиг. 4.1. Формиране на сигналите в система MAC

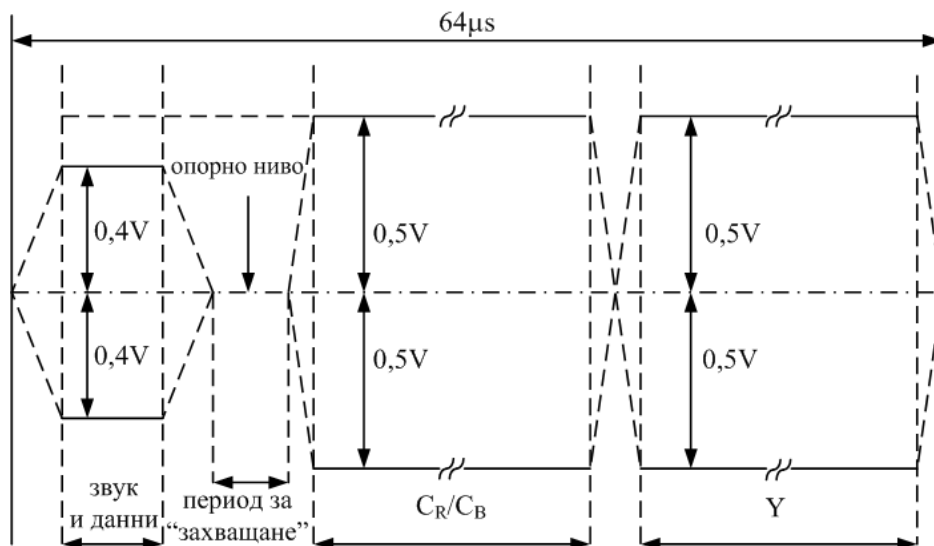
Недостатъци на система А-МАС:

- ниска шумоустойчивост при отношение сигнал/шум до 8 dB;
- малък капацитет на канала за цифрови данни;
- наличието на отделна носеща честота за цифровите данни ограничава разширяването на честотната лента при предаване на сигнали с по-високо качество.

В следващите системи В-МАС и С-МАС се правят няколко подобрения, които намаляват недостатъците и правят системите по-ефективни в начина на приложение за кабелно и сателитно разпространение. Като основния акцент е качество, шумоустойчивост и ефективно използване на честотната лента. Вниманието заслужават системи D-МАС и D2-МАС, позволяващи предаване на телевизионните сигнали, както по сателитни, така и по наземни канали с ширина на честотната лента по-голяма от 5 MHz.

Характерни особености на D-МАС и D2-МАС системи:

- основните параметри на системите съответстват на описаните характеристики на система С-МАС;
- главното различие е в предаването на цифровите данни с доубинарен код D, при който те се преобразуват от две на три нива;
- прекодирането от две на три нива се извършва като в зависимост от четността на предшестващите нулеви нива единичните нива се преобразуват в сигнали с положителна или отрицателна полярност. Така преминаването от максимално ниво +1 към минимално -1 се извършва за два тактови интервала, при което честотната лента на цифровия сигнал се намалява два пъти спрямо изходната бинарна структура;
- в системата D2-МАС скоростта на предаване на цифровия поток се намалява още два пъти спрямо D-МАС, с което се съкращава двукратно ширината на честотната лента;
- при D2-МАС аналоговите сигнали за яркост и цветност се предават по време на активната част на реда, последователно във времето компресирани съответно 3/1 и 3/2, а цифровите данни за звуков съпровод, синхронизация, телетекст и други данни, обединени в пакети по време на редовите и кадровите гасящи импулси. Структурата на предаването на информация в един ред за системата D2-МАС е показана на фиг. 4.2;
- временните интервали за един ред са следните:
 - цифрови данни – 10 μ s (208 тактови интервала);
 - фиксация на опорното ниво – 0,7 μ s (15 тактови интервала);
 - сигнал цветност C_R/C_B – 17,2 μ s (348 тактови интервала);
 - сигнал яркост Y – 34,4 μ s (696 тактови интервала);
 - в един ред се разполагат 1294 тактови интервала, от които 27 са преход между компонентите.
- в системата D-МАС тактовата честота за предаване на данните е 20,250 Mbit/s, а в D2-МАС – 10,125 Mbit/s.
- в зависимост от необходимото качество на звука се предават от 2 до 8 канала звуков съпровод:
 - висококачествен стереосигнал в честотна лента 40 Hz÷15 kHz с 32 kHz честота на дискретизация;
 - висококачествен моносигнал в честотна лента 40 Hz÷15 kHz с 32 kHz честота на дискретизация (4 канала);
 - моносигнал със средно качество в честотна лента 40 Hz÷7 kHz с 16 kHz честота на дискретизация (8 канала)



Фиг. 4.2. Структурата на предаването на информация в един ред за системата D2-MAC

4.3. Цифров телевизионен стандарт MPEG

4.3.1. Основни сведения

През 1988 г. Международната организация по стандартизация (ISO) и Международната електротехническа комисия (IEC) формират международна работна група MPEG (Motion Pictures Experts Group) със задача разработването на стандарт за съкращаване и възстановяване на цифров телевизионен сигнал. В резултат на научните изследвания и опит в областта на цифровото кодиране на сигналите на изображението и звуковия съпровод се разработват методи и норми, обединени в единен стандарт, носещ наименованието MPEG. Стандартът MPEG се основава на базовия стандарт за цифрово видео CCIR-601.

4.3.2. Видове стандарти MPEG

В настоящият момент стандартите MPEG са разработени на различни нива, което ги прави много гъвкави, позволяващи пренасянето на цифрови сигнали с различни скорости на цифровия поток и широка гама на качеството на видеосигнала. Всеки един от стандартите носи названието MPEG със съответен номер. Методите и нормите, разработени в MPEG стандартите, за съкращаване на цифровата информация на видеосигнала са известни като MPEG кодиране на източника на сигнала.

Съществуват следните основни MPEG стандарти:

MPEG-1 – за кодиране на източника със скорост на цифровия поток до 1,5 Mbit/s. Използва се в мултимедията, записване на видеосигнали и звуков съпровод на компакт дискове;

MPEG-2 – закодиране на източника със скорост на цифровия поток от 2 Mbit/s до 15 Mbit/s. Използва се при пренасяне на изображения за целите на телевизионното разпръскване;

MPEG-3 – за кодиране на източника на телевизия с висока разделителна способност (HDTV) със скорост на цифровия поток от 16 Mbit/s до 40 Mbit/s. Използва методите на кодиране както при MPEG-2;

MPEG-4 – за кодиране на източника на видеосигнали с малка скорост на цифровия поток – десетки kbit/s. Използва се в мултимедията и всички съвременни варианти за телевизия с висока резолюция и видеостриминг по стандарта IPTV;

MPEG-7/21 – за кодиране на източника, като включва метаданни за съдържанието, предоставя дескриптори за цветове, текстури и движение, с цел подобряване на функционалността при предаване на цифрови телевизионни данни през различни мрежови

устройства, инструменти за адаптация на данните към потребителското оборудване и управление на права;

JPEG (Joint Photographic Expert Group) е работна група, разработила JPEG стандарта, предназначен за съкращаване на цифровата информация на изображения и качествено им възстановяване в широк обхват без ограничения на сложността им.

4.4. Цифров телевизионен стандарт MPEG-2

4.4.1. Структура на стандарт MPEG-2

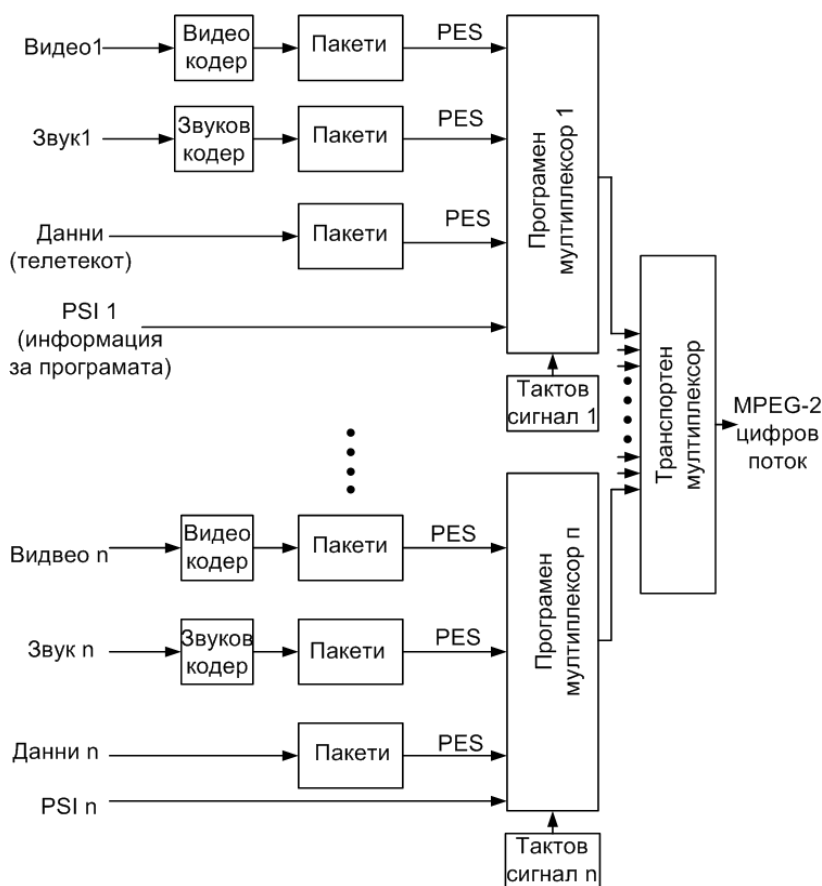
Класическото описание на стандарт MPEG-2 се състои от три основни части: системна, видеочаст и част за звуковия съпровод.

Системна част. Тя дава начина на организация на цифровия поток и структурата на рамката.

Видеочаст. Определя методите и начините за съкращаване на цифровия поток на видеосигнала.

Част за звуков съпровод. Определя начина за съкращаване на звуковия съпровод.

Структурната схема за формиране на цифровия поток при стандарт MPEG-2 е показана на фиг. 4.3.



Фиг. 4.3. Структурната схема за формиране на цифровия поток при стандарт MPEG-2

В стандарт MPEG-2 е предвидено включването на повече от една програма в общ информационен цифров поток. Всяка една от телевизионните програми съдържа видеосигнал, звуков съпровод и цифрови данни (телетекст, информация за програмата). Видеосигналят и звуковият съпровод се преобразуват в цифров вид, след което заедно с цифровите данни се оформят в отделни **пакети** с променлива дължина и мултиплексират чрез **програмния мултиплексор**. Всеки пакет има заглавие от 6 bit и се нарича пакет на

елементарния цифров поток (PES). Пакетите цифрови потоци от всички програми се събират в **транспортния мултиплексор**, който формира общия цифров поток.

Процесът на формиране на общия цифров поток при стандарт MPEG-2 се нарича **кодиране на източника**, при който се извършва съкращаване на цифровия поток.

Формираният цифров поток постъпва след това в блока за **канално кодиране**, където се извършват обработки на цифровия поток за защита от грешки. Блокът за канално кодиране е специфичен за всеки канал за предаване – сателитен, кабелен, наземен.

4.4.2. Организация на MPEG-2 програмни и транспортни цифрови потоци

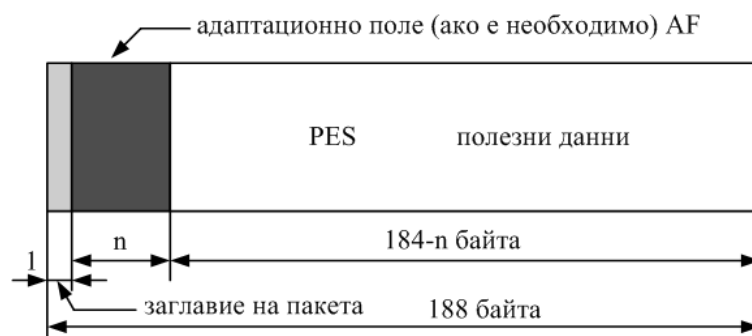
Системната част на MPEG-2 определя организацията на мултиплексирания пакетите цифрови потоци PES и образуването на програмния цифров поток и транспортния цифров поток.

Програмен цифров поток. При стандарт MPEG-2 програмният цифров поток се състои от PES – видео, звук, данни, които използват една и съща тактова честота. Този поток се използва директно само когато предавателния канал или запомнящата среда въвежда малък брой грешки. След програмния мултиплексор програмният цифров поток се използва за запис на MPEG-2 видео дискове – DVD. В този случай PES пакетите са относително дълги – например 2048 байта.

Транспортен цифров поток. Той се формира след транспортния мултиплексор и се използва за предаване на телевизионни програми на определено разстояние, при което е възможно въвеждането на високо ниво на грешки. При стандартът MPEG-2 за телевизионни предавания чрез спътник, кабел или наземни предаватели, транспортният цифров поток се оформя в транспортни пакети. Транспортният пакет с фиксирана дължина 188 байта е относително малък, позволяващ въвеждането на допълнителни битове за защита от грешки.

Структура на MPEG-2 транспортен пакет. Транспортният пакет от 188 байта съдържа заглавие на пакета от 4 байта, адаптационно поле n байта и полезна информация – $184-n$ байта. Адаптационното поле не е дефинирано и може да е от 0 до 184 байта.

Структурата на MPEG-2 транспортен пакет е показана на фиг. 4.4.



Фиг. 4.4. Структурата на MPEG-2 транспортен пакет

Структурата на заглавието на MPEG-2 транспортен пакет е показана в таблица 4.1. За отделните елементи в заглавието са посочени съответните брой битове.

Таблица 4.1

Поле	Определение (коментари)	Брой битове
Sync_byte	Синхронизационен байт (1000 0111=47 hex)	8
EI	Индикатор за транспортна грешка (показва грешки от предходни фази)	1
PUSI	Индикатор за началото на полезната информация (начало на PES в пакета)	1
TPR	Транспортен приоритет (индикатор за приоритет)	1

PID	Идентификатор на пакета (идентифицира съдържанието на пакета)	13
SCR_flags	Транспортен флаг за кодиране на достъпа (scramble) (транспортен кодиран тип)	2
AF	Флаг за адаптационно поле (наличие на адаптационно поле в пакета)	1
PF	Флаг за полезна информация (наличие на данни от полезната информация в пакета)	1
CC	Брояч за продължение (между прекъснати PES части)	4

След заглавието следва адаптационното поле. То се явява допълнение към заглавието и се използва за пренасяне на различна допълнителна информация. Структурата на адаптационното поле е дадена в таблица 4.2.

Таблица 4.2

Поле	Определение (коментари)	Брой битове
Adaptation_field_lengt	Обща дължина (y-1) байта	8
Flags	Флаговете уточняват пренасяната информация	8
Optional_fields	Опционни полета за данни (x байта)	x*8
Stuffing	Стойност FFh	(y-1-x)*8

Полезната информация в PES пакетите се разделя в блокове от данни по 184 байта. Дължината на PES пакетите не е точно кратна на 184 байта и последният транспортен PES пакет задължително започва с адаптационно поле с дължина n байта.

4.5. Кодиране на параметрите на видеосигнала за цифрова телевизия

4.5.1. Дискретизация и квантуване на видеосигнала

Кодирането на параметрите на видеосигнала в цифровата телевизия може да се извърши съвместно или разделно.

Съвместно кодиране. Подлага се на обработка видеосигналът в съответната цветна телевизионна система – PAL, NTSC, SECAM.

Разделно кодиране. Яркостният сигнал Y и цветоразностните сигнали $R-Y$, $B-Y$ се преобразуват в цифров вид, след което се мултиплексират цифровите потоци. Разделното кодиране позволява цифровият сигнал да се подлага на различни предварителни обработки, то е по-гъвкаво от съвместното и това е наложило използването му в стандарт MPEG.

Процесите, които се извършват при дискретизацията и квантуването на видеосигнала, са следните:

- извършва се корекция на цветоразностните сигнал $R-Y$, $B-Y$ съгласно зависимостите:

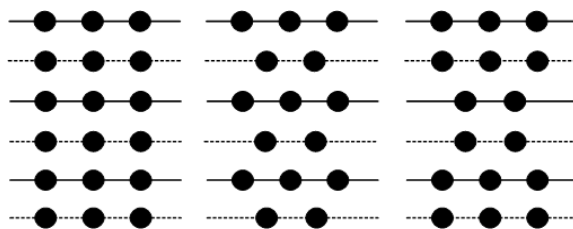
$$(4.1) \quad C_R = 0,713(R-Y) = 0,500R - 0,419G - 0,081B,$$

$$(4.2) \quad C_B = 0,564(B-Y) = -0,169R - 0,331G + 0,500.$$

Честотната лента на сигналите се ограничава до 5,75 MHz за яркостния сигнал и 2,75 MHz за цветоразностните сигнали.

Възможно е цифрово кодиране на сигналите R , G , B и чрез матрица формиране на сигналите Y , $R-Y$, $B-Y$.

- избира се структурата на отчетите при дискретизацията. Използват се следните структури: правоъгълна, шахматна, вдвоена шахматна – фиг. 4.5.



Фиг. 4.5. Структури при дискретизация - правоъгълна, шахматна, сдвоена шахматна

Най-използваната е правоъгълната структура: позволява сумиране на полукадрите при презредовата разбивка и намаляване на излишната информация във видеосигнала.

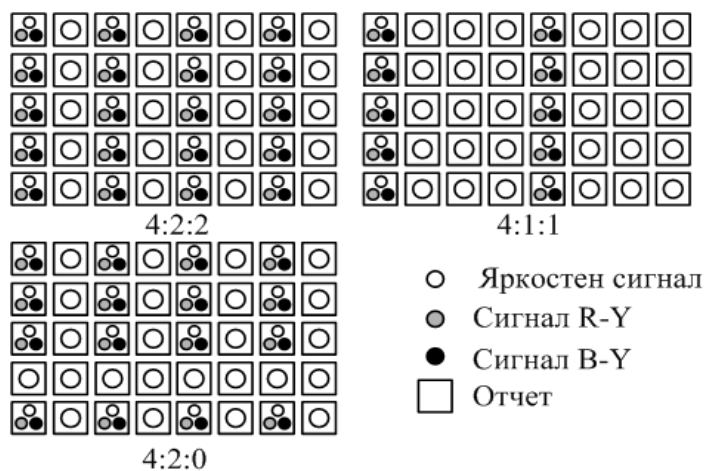
• При избрана правоъгълна структура на отчетите се определя честотата на дискретизация за яркостния сигнал Y и цветоразностните сигнали C_R , C_B . Изборът на честотата на дискретизация се определя от:

- необходимата честотна лента на видеосигналите;
- допустимите нива на смущения;
- структурата на отчетите в растъра;
- сложността на използваните филтри;
- да бъде кратна на редовата честота при стандартите с 625 и 525 реда.

На посочените по-горе условия отговаря честота 13,5 MHz, която е избрана за честота на дискретизация на яркостния сигнал.

Честотата на дискретизация на цветоразностните сигнали се определя от честотата на отчетите на тези сигнали. Когато честотата на отчетите на цветоразностните сигнали съвпада с честотата на отчетите за яркостния сигнал се получава стандарт със символичното обозначение 4:4:4, който е с най-високо качество. За всички сигнали се използва честота на дискретизация 13,5 MHz.

В стандартите от по-ниско ниво 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0 – фиг. 4.6, честотата на дискретизация на цветоразностните сигнали е по-ниска, кратна на 13,5 MHz. При стандарт 4:2:2 тя е 6,75 MHz;



Фиг. 4.6. Схемни стандарти на отчети на яркостен и цветоразностни сигнали

• квантуването на яркостния сигнал и цветоразностните сигнали е линейно, 8 разрядно на 256 нива както следва:

- за квантуване на яркостния сигнал в средата се разполагат 220 нива, като нива 16 и 235 са за ниво черно и ниво бяло;
- за квантуване на цветоразностните сигнали се използват 224 нива за централната част, като ниво 128 се използва за нулево – фиг. 4.7.

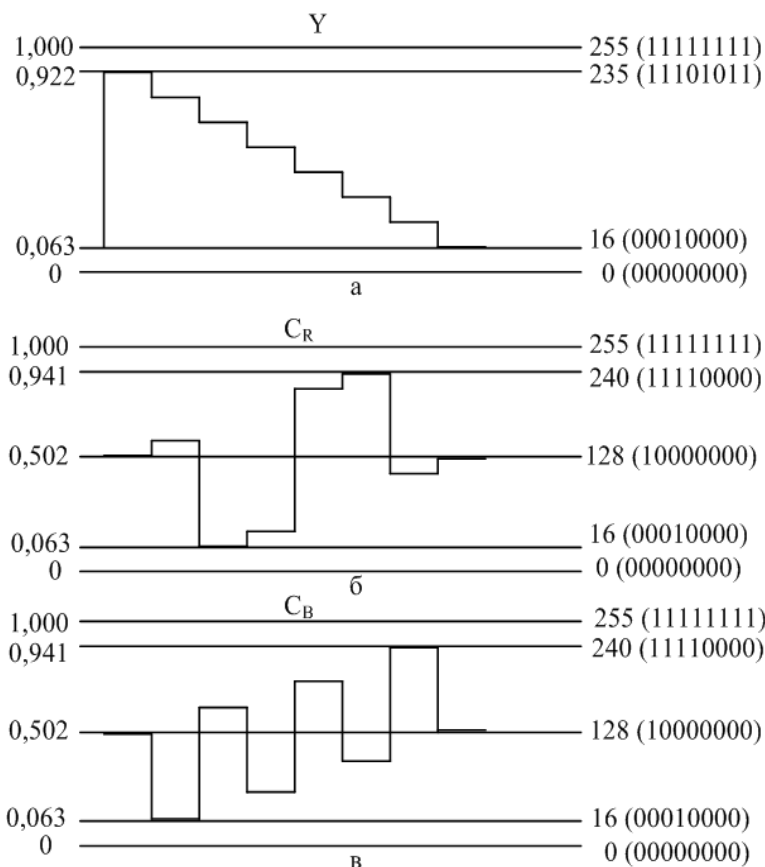
• скоростта на цифровия поток на дискретизирания сигнал за яркост и цветност се определя от израза

$$(4.3) \quad V = (n_Y + 2n_C) \cdot z \cdot f_n \cdot m,$$

където n_Y , n_C е броят на отчетите на яркостния сигнал и цветоразностните сигнали, z – броят на разрядите в код на отчета, f_n – кадровата честота, m – броят на разрядите в кода на отчета.

Скоростта на цифровия поток при стандарт 4:2:2 с честота на дискретизация 13,5 MHz за яркостния сигнал и 6,75 MHz за цветоразностните при $z=625$, $f_n=25$ Hz, $m=8$ съответно ще бъде 216 mbit/s.

При стандарти 4:1:1, 4:2:0 скоростта на цифровия поток ще бъде 162 Mbit/s.



Фиг. 4.7. Квантуване и кодиране на цифровите телевизионни сигнали

- съществуващите телевизионни канали имат честотна лента 8 MHz при наземни и кабелни системи и 27/36 MHz при сателитни системи. Сравнението на тези честотни ленти с изчислената скорост на цифровия поток показва несъвместимост за предаване на цифровата информация.

В стандарт MPEG-2 този проблем се решава чрез съкращаване на скоростта на цифровия поток известно като кодиране на източника.

4.5.2. Начини за съкращаване на скоростта на цифровия поток на видеосигнала

Съкращаването на скоростта на цифровия поток или т. нар. кодиране на източника се извършва чрез отстраняване на излишната и ненужна информация във видеосигнала.

Съкращаването на информацията се извършва по следните начини:

- **Съкращаване във времевата област.** Използва принципа, че разликата между съседните кадри е малка и след предаване на пълна информация за един кадър, за следващите кадри може да се предава само разликата между тях. Известно е като междукадрова компресия.

- **Съкращаване в пространствената област.** Използва факта, че в изображенията има части с еднаква яркост и цветност и след предаване на информация за един отчет от тези

части, за останалите отчети се указва, че имат същата яркост и цветност. Известно е като вътрешнокадрова компресия.

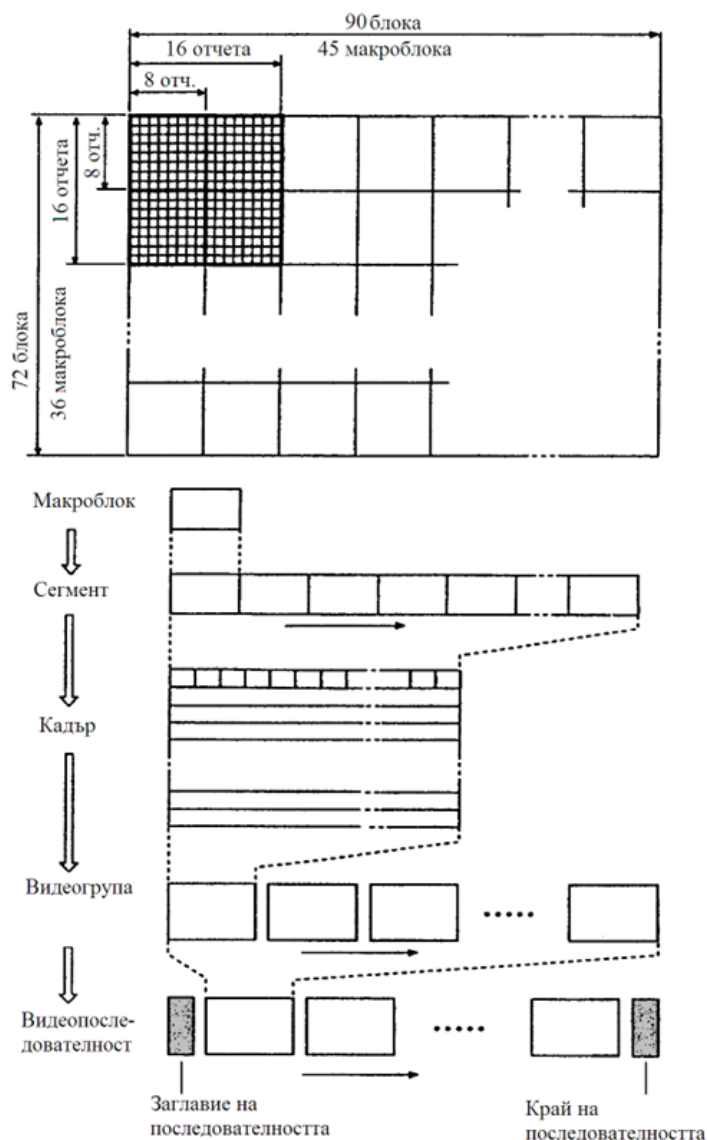
- **Статистическо съкращаване.** Наличието на силна корелационна връзка между съседните кадри, позволява предсказване на коя информация ще се съдържа и в следващия кадър.

- **Психологично съкращаване.** Основава се на характеристиките на зрителната система на човека: по-висока чувствителност към изменението на яркостта отколкото към цветността, ограничена времева и пространствена разделителна способност.

В стандарт MPEG-2 обработването на видеоинформацията при съкращаване става по **блокове** с формат 8x8 отчета, като всеки от тях е 8 битов. Тъй като при стандарт 4:2:2 в един кадър се съдържат 720x576 отчета за сигнала за яркост и 360x288 отчета, за цветоразностните сигнали, броят на блоковете съответно ще бъде 90x72 и 45x36.

Четири блока образуват един **микроблок**. Микроблоковете в един ред образуват **сегмент**, като всички сегменти в едно изображение формират **кадър**, известен още като **рамка**. Съвкупност от 12 до 15 рамки формират **група от изображения**. Видеогрупите образуват **видеопоследователност**, която се обозначава със заглавие и завършва с фиксиране на края.

Структурата на отчетите в изображението и подреждането на видеоинформацията е показана на фиг. 4.8.



Фиг. 4.8. Структурата на отчетите в изображението и подреждането на видеоинформацията

Обработването на видеоинформацията с цел съкращаване на информационния поток се извършва по кадри, като всеки кадър се получава от два полукадъра. Така от два полукадъра с презредова развивка се получава един кадър с прогресивна развивка с честота на кадрите 25 Hz.

Основните методи за съкращаване на скоростта на цифровия поток на видеосигнала при стандарт MREG-2 са дискретната косинусова трансформация (DCT) и диференциалната импулсно-кодова модулация (DPCM).

4.5.3. Съкращаване на скоростта на цифровия поток чрез дискретно косинусоидно преобразуване

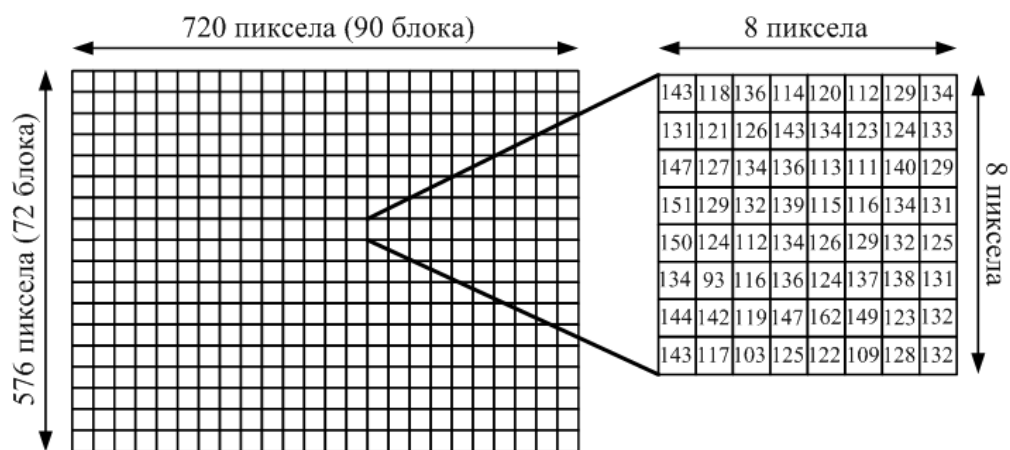
Дискретното косинусоидно преобразуване (DCT) е частен случай на Fourier преобразуването, приложени към дискретни квантувани сигнали, като DCT преобразува сигнала, при което се намаляват наполовин броя на коефициентите, които ги описват – отпадат синусоидалните функции.

Чрез DCT дискретните стойности на яркостта или цветността на един блок 8x8 отчета (пиксели) се преобразуват в друг блок 8x8, съдържащ амплитудите на всяка от косинусоидните хармонични функции. Разделянето на един кадър на блокове от 8x8 отчета (пиксели) позволява да се намали времето за обработка и опростят схемите в кодера.

В зависимост от детайлите на елементите в един блок, коефициентите за високите честоти са по-големи или по-малки, но винаги амплитудата им намалява бързо с нарастване на честотата. DCT преобразуването концентрира енергията на косинусоидните съставки в блока в сравнително малък брой, разположени в горния ляв ъгъл на матрицата 8x8 на блока. Това се използва рационално за съкращаване на информационния поток, известно като **групово кодиране**.

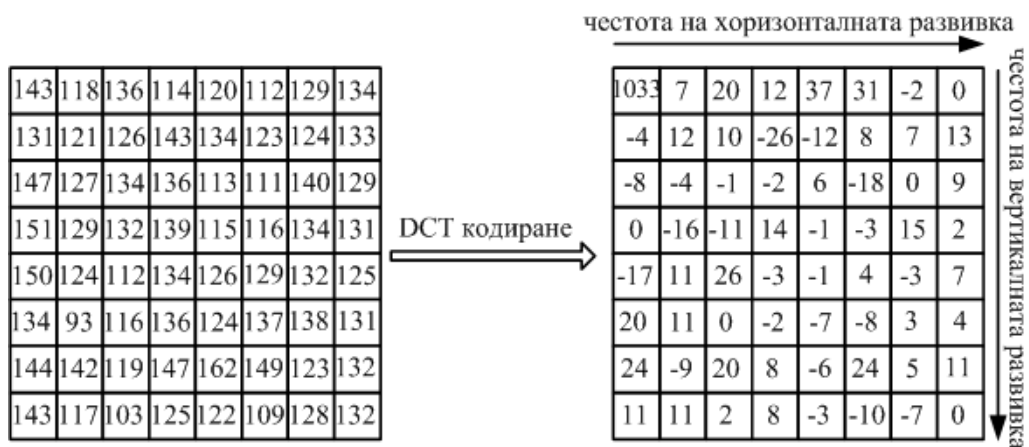
Процедурите при съкращаване на скоростта на цифровия поток чрез DCT са следните:

- всеки блок от 8x8 отчета (пиксела) се описва с дискретните стойности на яркостта или цветността – фиг. 4.9;



Фиг. 4.9. Дискретните стойности на яркостта или цветността

- извършва се DCT преобразуване в матрица 8x8 коефициента – фиг. 4.10. До момента на DCT преобразуването няма загуба на информация и процесът на DCT е обратим;



Фиг. 4.10. DCT преобразуване в матрица 8x8 коефициента

- коефициентите на DCT матрицата са образувани от $8 \times 8 = 64$ основни функции. Положението на всяка основна функция или елемент се определя с 6 битов код, а съответната стойност на коефициента с още 6 бита, при което всеки DCT коефициент се кодира с 12 бита. Общо за един блок 8x8 DCT коефициента са необходими 768 бита. Високите стойности на коефициентите са разположени в горния ляв край на DCT матрицата, а ниските – в долния десен край;

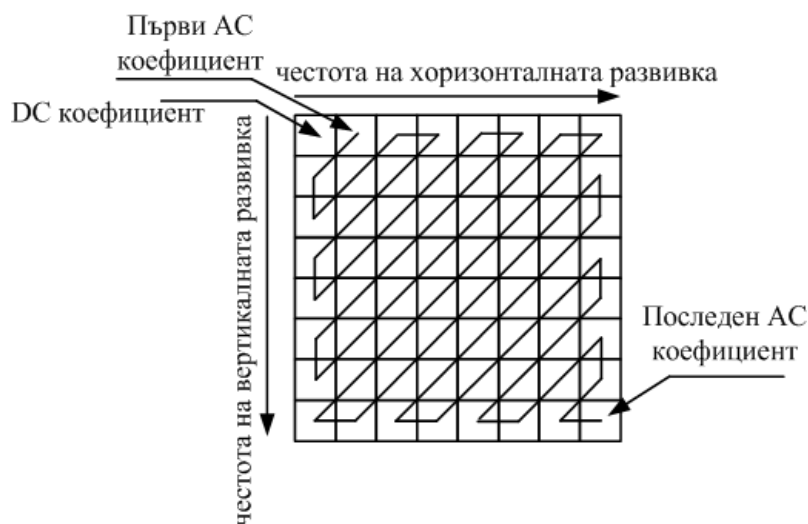
- извършва се квантуване на DCT матрицата. Квантуването е нелинейно преобразуване, при което вследствие на психо-физиологическите особености на човешкото зрение се елиминират стойностите под определен праг – записват се нули. Това не води до забележимо намаляване на качеството на картината, отстранява се т. нар. пространствен излишък – фиг. 4.11. Квантуването се завършва с квантуващи матрици, получени емпирично, които са различни при квантуването на сигнала за яркост и сигналите за цветност. Стойностите в квантуваната матрица се закръгляват до цели числа;



Фиг. 4.11. Прилагане на квантувана матрица при пространствен излишък

- четенето на матрицата с DCT коефициентите не се извършва последователно, а зиг-заг от горния ляв коефициент, което допълнително съкращава предаването на цифровите данни – фиг. 4.12. Поради това, че в матрицата на DCT коефициентите преобладават малките стойности те се кодират с код с променлива дължина (VLC), като малките стойности се кодират с по-малък брой битове в сравнение с битовете за големите стойности на коефициентите.

Груповото кодиране с DCT води до съществено намаляване на скоростта на цифровия поток, като средно матрица от 512 бита ($8 \text{ бита} \times 8 \times 8$) се кодира с 40 бита, което представлява намаляване на скоростта на цифровия поток около 12 пъти.

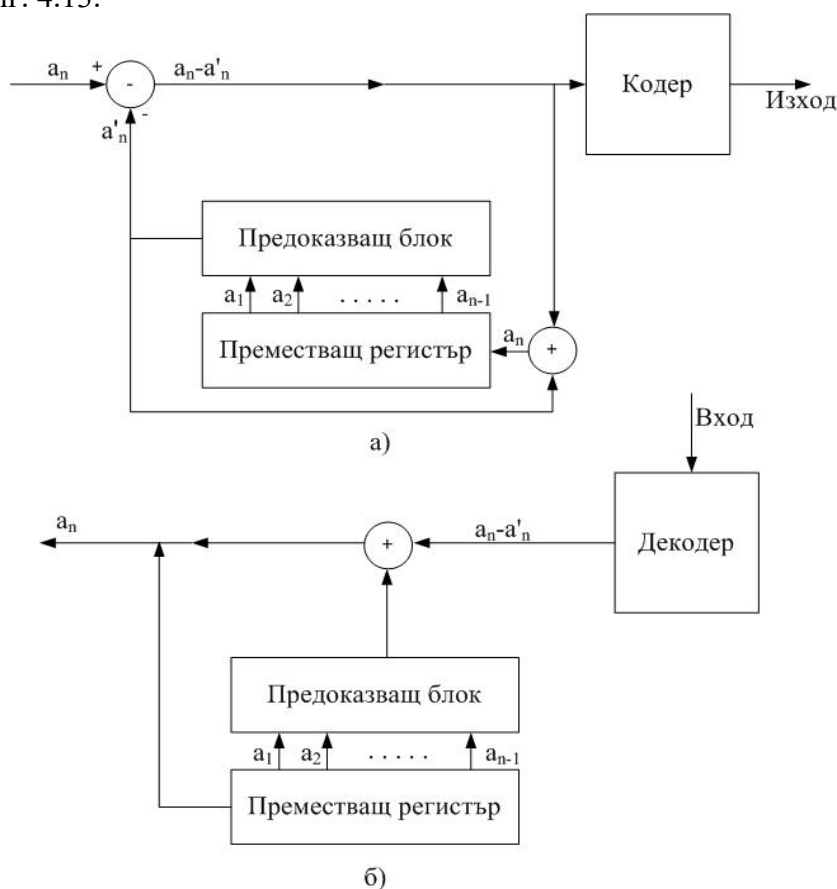


Фиг. 4.12. Четене на матрицата с DCT коефициенти

4.5.4. Съкращаване на скоростта на цифровия поток чрез диференциална импулсно кодова модулация

Диференциалната импулсно кодова модулация (DPCM) е метод за кодиране и съкращаване на скоростта на цифровия поток с предсказване. При предсказването вместо стойността на N -ия отчет се предава предсказаната стойност, която се определя по зададена функционална зависимост. В приемната страна по същата зависимост се определя предсказаната стойност. Точността на предсказването определя степента на редукция на информационния поток.

Структурната схема на кодиране с предсказване и съответното декодиране са показани на фиг. 4.13.



Фиг. 4.13. Структурната схема на кодиране и декодиране с предсказване

Вместо стойността на N -ия отчет a_N се предава предсказана стойност $a_{N\text{ пр}} = a_N - a'_N$, където a'_N е стойността, определена от предишните отчети.

Кодирането на изображението с предсказване позволява да се извърши съкращаване на цифровия поток до четири бита на отчет. Той е ефикасен при неподвижни изображения.

4.5.5. Съкращаване на скоростта на цифровия поток чрез прогнозиране, установяване на движението и компенсация

Скоростта на цифровия поток се съкращава съществено при движещи се обекти в изображението чрез установяване на движението и компенсацията му. За целта в стандарт MPEG се класифицират отделните видове кадри.

Видове кадри в стандарт MPEG.

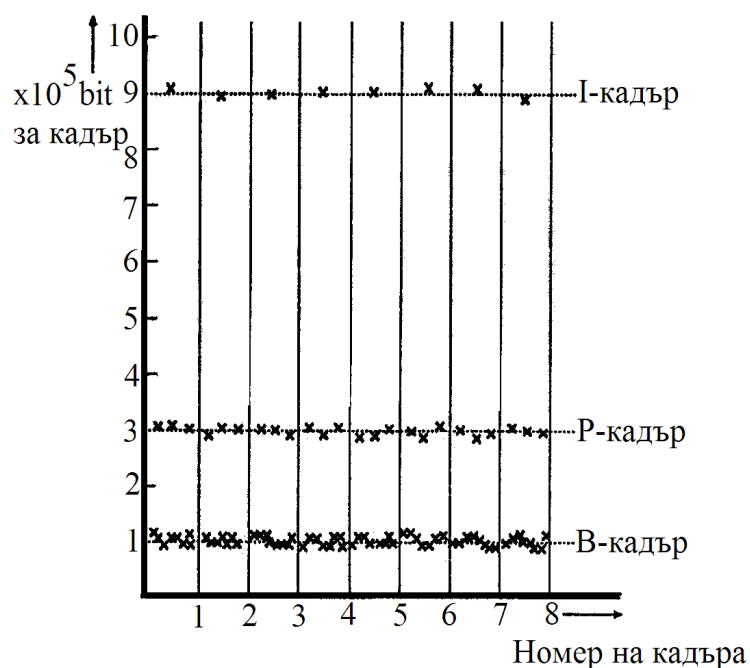
MPEG стандарта дефинира три вида кадри:

- **I кадър.** Това е вътрешнокодиран чрез ДСТ пълен кадър на изображението. Използва се като начален информационен кадър, кодиран без загуби на информация. I кадърът винаги е първи кадър в една видеопоследователност;

- **P кадър.** Той е еднопосочно предсказан кадър на базата на предходния кадър. Кодират се като се сравняват с предходен I или друг P кадър;

- **B кадър.** Получават се чрез двупосочно предсказване и чрез двупосочна интерполация между I и P кадри.

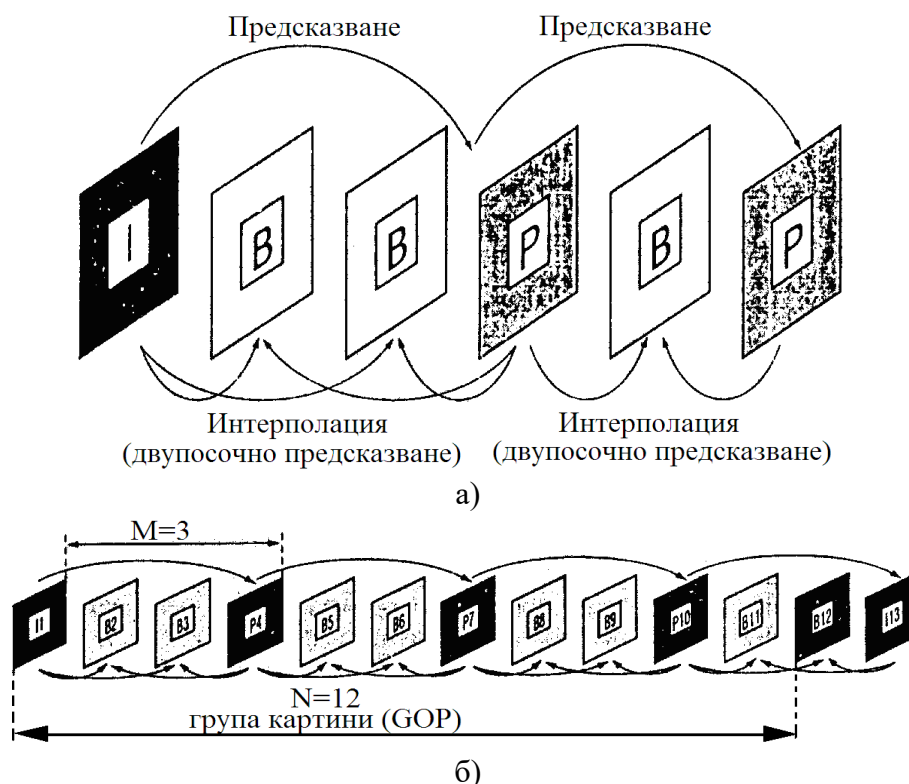
На фиг. 4.14 е показано количеството бит информация в I, P и B кадри. I кадърът съдържа средно $9 \cdot 10^5$ бита, P кадърът – $3 \cdot 10^5$ бита, B кадърът – $1 \cdot 10^5$ бита информация.



Фиг. 4.14. Количество на информацията в кадрите

Подреждане на кадрите. При подреждане на кадрите се въвеждат два параметъра M и N, описващи последователността от I, B и P кадри, като M е разстоянието в брой кадри между два последователни P кадъра, а N – между два последователни I кадъра.

Подреждането на кадрите е показано на фиг. 4.15,а, а на фиг. 4.15,б е показана група от MPEG кадри при $M=3$ и $N=12$.

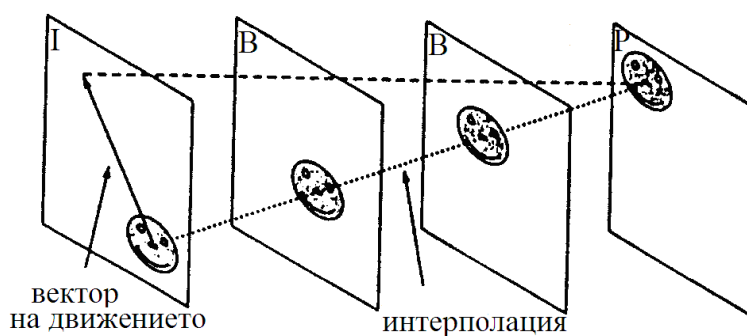


Фиг. 4.15. Последователността от I, B и P кадри

При декодирането най-напред се декодира I кадърът, който съдържа цялостна информация за изображението. След това се възстановява P-кадърът, а с помощта на I и P кадърът се възстановяват B кадрите.

В една последователност от кадри, движещите се обекти водят до разлики между съответните зони в кадрите и няма очевидна корелация между тези зони. За целта трябва да се установи движението като се дефинира **вектора на движението**, който да осигури корелацията между два съседни кадра. Това се извършва на ниво макроблок (16x16 отчета) в кадъра като се вмества един макроблок от текущия кадър в съответния прозорец от следващия кадър и се прави сравнение със съседните макроблокове, за да се намери най-подобният, т.е. най-близкият по съдържание. Разликата в положението на двата подобни блока в съседните кадри дава вектора на движението, който се прилага към всеки от трите сигнала Y , C_R , C_B .

На фиг. 4.16 е дадена опростена картина на компенсация на движението и формиране на вектора на движението.



Фиг. 4.16. Опростена картина на компенсация на движението и формиране на вектора на движението

При по-голяма дистанция във времето между кадрите – фиг. 15.17 ($M=3$, $N=12$) и сравняването на P кадър с I кадър съвпадението на блоковете няма да е пълно и векторите

на движението ще бъдат с голяма амплитуда. Тогава се налага разликата между действителните блокове да бъде кодирана и подобният блок в следващия кадър да бъде изчислен и кодиран както блоковете в I кадъра (DCT, квантуване и т.н.), т.е. трябва да се извърши **компенсация на движението**.

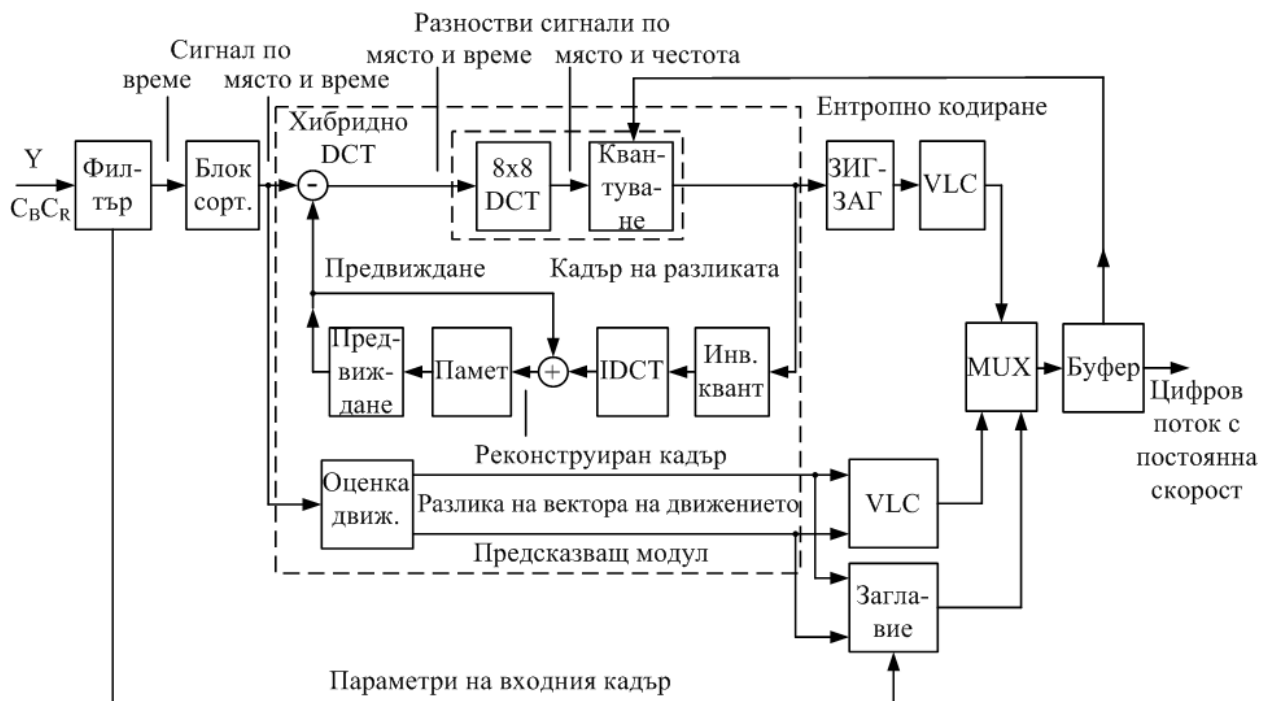
При В кадрите векторите на движението се определят чрез времева интерполация на вектора на следващия Р кадър.

Когато размерът на подвижните обекти е много по-голям от един макроблок и в кадрите се появяват съвършено нови макроблокове (при движение на камерите) те се кодират вътрешно както при I кадрите.

4.5.6. Виеокодер и виеодекодер на източника при стандарт MPEG-2

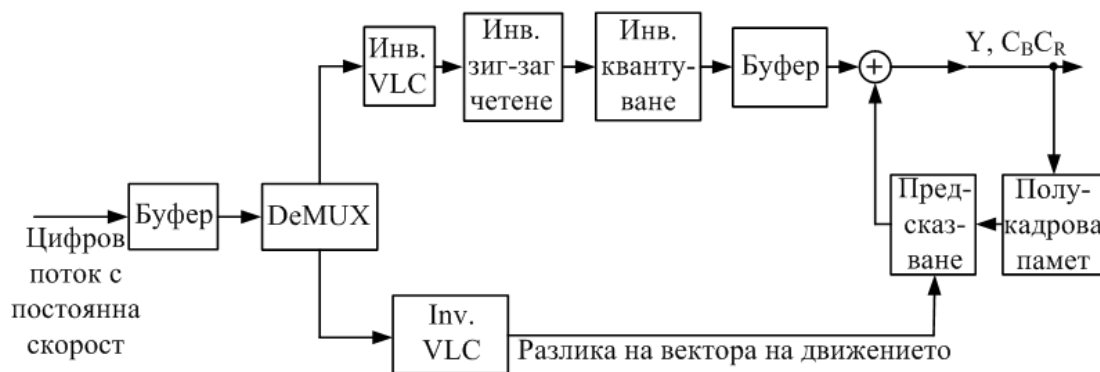
Структурната схема на видеокодер на източника е дадена на фиг. 4.17. Във видеокодера се извършват последователно следните операции:

- филтриране и сортиране на сигналите Y , C_R , C_B , като се обработват паралелно;
- компенсация на движението за яркостния сигнал;
- в изваждащото устройство се получава разликата от текущия блок и предсказаната стойност на блока, която се подава за DCT обработка и квантуване;
- квантуваната матрица се подава едновременно към блока за четене зиг-заг и за формиране на предсказването;
- в блока за зиг-заг четене се кодира цифров поток с променлива дължина, който постъпва в мултиплексора;
- в блока за формиране на предсказването се извършва инверсно квантуване и инверсно DCT и след сумиране се възстановява изходното изображение на кадъра;
- възстановеното изображение и информацията от блока за оценка на движението постъпват към блока за предсказване и формиране на вектора на движението в цифров вид, с променлива дължина, която се подава към мултиплексора;
- в мултиплексора се формира цифровата информация със съответно заглавия, която постъпва в буферна памет, на чийто изход цифровият поток е с постоянна скорост.



Фиг. 4.17. Структурната схема на видеокодер на източника

На фиг. 4.18 е показана структурната схема на видеодекодера. Видеодекодерът извършва следните функции:



Фиг. 4.18. Структурната схема на видеодекодера

- демултиплексира цифровия поток като го разделя в канал за обработка на информацията от матриците за DCT коефициентите и канал за вектора на движението;
- в първия канал се извършват инверсните преобразувания VLC, зиг-заг четене, квантуване, DCT;
- в сумиращото устройство се подават предвидената и постъпващата матрица на DCT коефициентите и се възстановява матрицата на изображението;
- натрупващите се матрици в изходната памет позволяват възстановяването на видеоизображението.

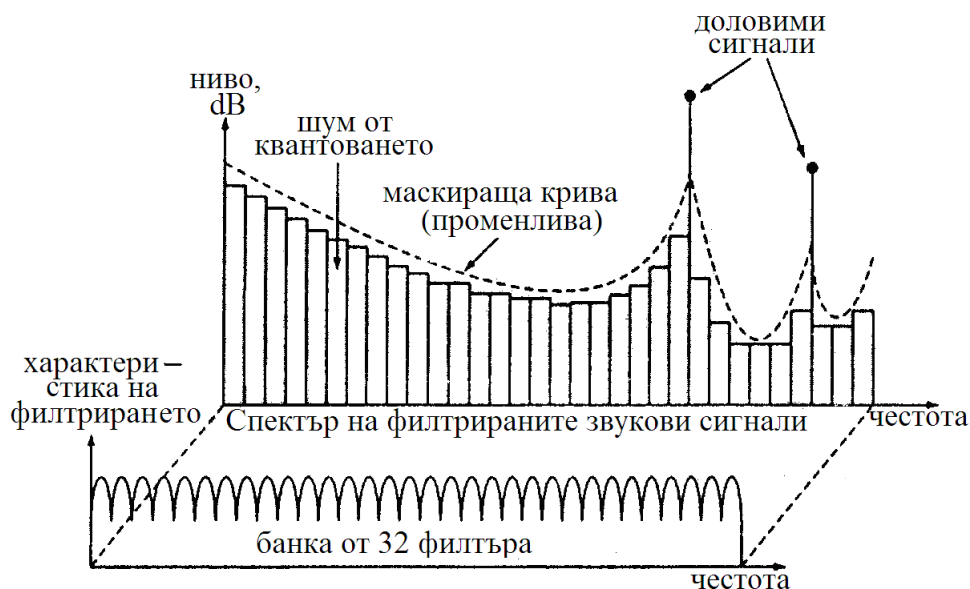
4.6. Кодиране и декодиране на звуковите сигнали

4.6.1. Кодиране на звуковите сигнали

При кодирането на звуковите сигнали се използва психо-акустичен модел за чуваемост, който се основава на максималната честотна чуваемост за честоти от 1 kHz до 5 kHz и т. нар. честотно маскиране и времево маскиране, при което звук с по-голяма амплитуда маскира непосредствено предхождащите го или следващите го във времето звукове.

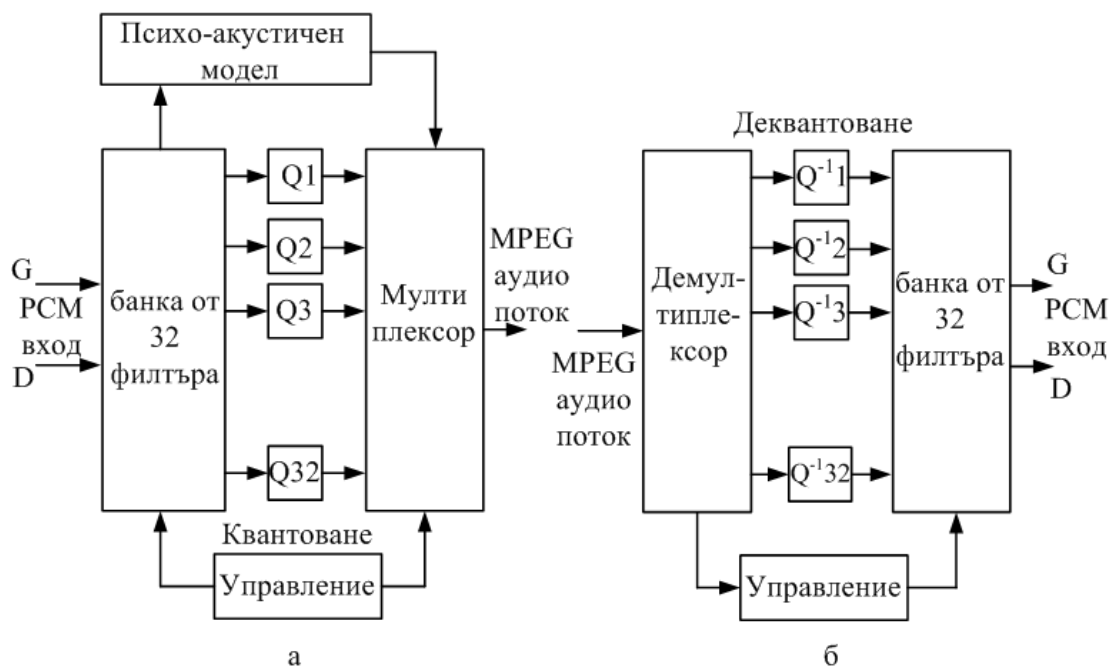
Принципът на кодиране на звуковите сигнали се разделя на следните етапи:

- звуковата честотна лента се разделя на 32 подленти с еднаква ширина, като за тази цел се използва многофазна филтърна банка – фиг. 4.19;
- сигналът от един подлентов филтър съответства на продължителността на 32 стъпки на квантуване и се нарича подлентова проба;
- елиминират се всички подлентови сигнали с амплитуда под прага на възприемане, с което не се намалява качеството на звука;
- за сметка на елиминираните подлентови сигнали се прецизира квантуването на подлентовите сигнали, където ухото е по-чувствително;
- за да се определи маскиращата крива и прецизността на квантуване анализът на сигнала не се извършва за всяка стъпка, а за интервал от време наречен кадър. Кадърът е с продължителност 12x32 стъпки за MPEG-1 слой 1 или 12x96 стъпки за MPEG-1 слой 2;
- за един кадър кодиращото устройство определя максималната амплитуда на сигнала, за да се дефинира мащабен фактор;
- мащабният фактор се кодира с 6 бита и покрива динамичен обхват от 128 dB, разделен на 64 стъпки от по 2 dB;



Фиг. 4.19. Прилагане на многофазна филтърна банка при компресия на аудио данни

Опростената схема на кодиращо устройство MPEG на звуковите сигнали е показана на фиг. 4.20, а).



Фиг. 4.20. Кодиращо и декодиращо устройство на аудио данни

4.6.2. Декодиране на звуковите сигнали

Структурата на декодиращо устройство на звуковите сигнали е дадена на фиг. 4.20, б). Процесът е обратен на кодирането.

Цялата информация за декодиране на сигнала на звука се осигурява на ниво един кадър, който е най-малката единица за произволен достъп до последователността от данни.

4.6.3. MPEG слоеве на сигнала на звука

MPEG стандартът използва три слоя за кодиране на звуковия сигнал.

- **Слой I.** Използва алгоритъм за прецизно адаптивно подлентово кодиране, при който имаме фиксирана скорост на потока от данни, избрана от 14 възможни скорости в обхват от 32 kb/s до 418 kb/s. Hi-Fi качество изисква скорост 192 kb/s за един канал и 384 kb/s за стереозапис. Слой I изисква просто кодиране и декодиране;

- **Слой II.** Той е основният режим за DVB разпространение на сигналите. За еквивалентно качество на звука със слой I, слой II изисква от 30% до 50% по-ниска скорост на цифровия поток, при което се усложняват кодиращото и декодиращото устройство. Скоростта на цифровия поток е от 32 kb/s до 192 kb/s за един канал. Hi-Fi качество се получава при 128 kb/s за един канал и 256 kb/s при стереопрограма.

- **Слой III.** Вместо подлентово кодиране този слой използва Huffman кодиране и DCT анализ на сигнала. Получава се двукратно намаляване на скоростта на цифровия поток. Сигналят Hi-Fi качество изисква скорост на цифровия поток 64 kb/s за един канал и 128 kb/s за стереопрограма.

Стандартът MPEG-1 за цифрови телевизионни предавания позволява използването на слоеве I и II, при което са възможни режимите: стерео, свързано стерео, двоен канал, моноканал.

Форматът на MPEG кадър за звук се състои от четири основни части:

- заглавие от 32 бита;
- контрол за равенство от 16 бита;
- звукова информация с променлива дължина;
- служебна информация с променлива дължина.

4.7. Кодиране на канала

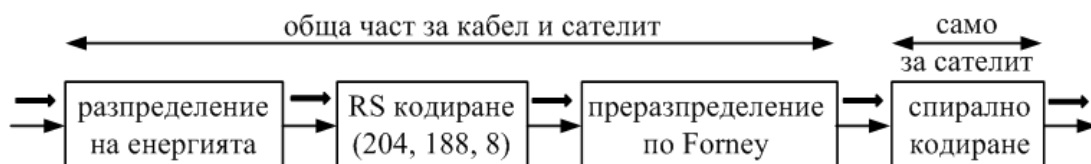
4.7.1. Основни сведения

След кодиране на източника и формиране на транспортния цифров поток цифровият телевизионен канал изисква много ниско ниво на грешките от 10^{-10} до 10^{-12} , което съответствува на 0,1÷10 грешни бита в рамките на един час, при скорост на цифровия поток 30 Mb/s.

Това изисква да се извърши защита на цифровата информация от грешки, което се извършва в канала от транспортния мултиплексор до цифровия модулатор. Защитата от грешки в канала се извършва чрез добавяне на излишък от информация, което е известно като кодиране на канала. Въвеждането на излишък от информация при кодирането на канала води до увеличаване на скоростта на цифровия поток.

На фиг. 4.21 са показани етапите при кодиране на канала, които са следните:

- разпределение на енергията (скремблиране);
- кодиране Риид – Соломон;
- разпределение на грешките във времето;
- спирално кодиране.



Фиг. 4.21. Етапи при кодиране на канала

Кодирането на канала зависи от начина на разпространение на цифровия телевизионен сигнал и е различно при сателитните, кабелните и наземните цифрови телевизионни системи. От показана блокова схема се вижда, че първите три вида кодирания

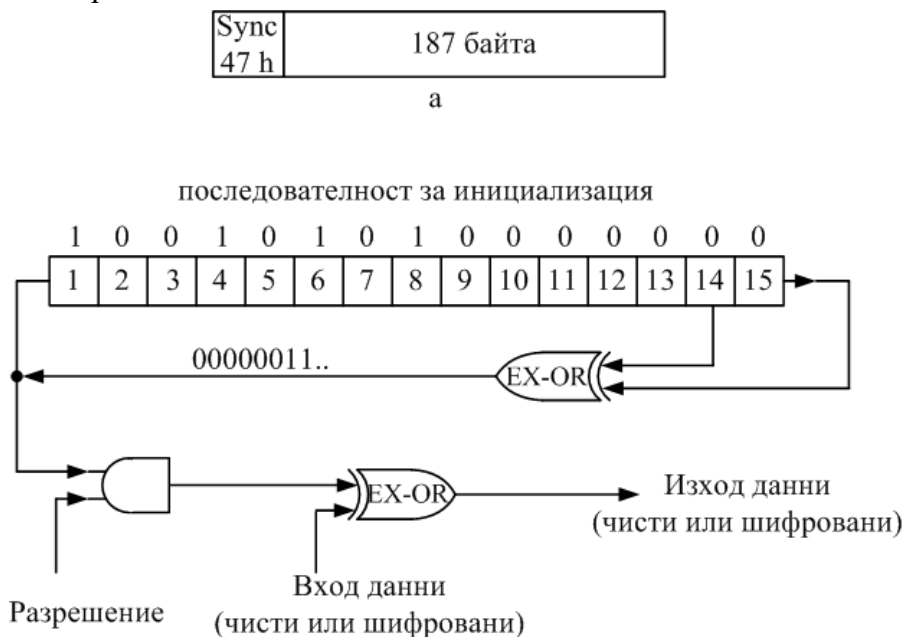
са общи при сателитните и кабелните системи, докато спиралното кодиране се прилага само при сателитните системи.

4.7.2. Разпределение на енергията в предавателния канал – скрембиране

Разпределението на енергията не е процес на корекция на грешки, а е процедура с която се постига равномерно разпределение на енергията в радиочестотния канал.

Транспортните пакети са с дължина от по 188 байта, като първият байт е синхронизиращ и има стойност 01000111, а старшият бит се предава първи – фиг. 4.22,а). При дълга последователност от нули или единици в цифровия поток се получава неравномерно разпределение на енергията в радиоканала. За да се избегне това се извършва разпределение на нулите и единиците чрез шифроване на цифровия поток с помощта на псевдослучайна двоична последователност, която се генерира с полином $1+x^{14}+x^{15}$. Схемата на генератора на псевдослучайна двоична последователност е показана на фиг. 4.22,б) и е една и съща за шифриране и дешифриране.

Генераторът се рестартира след всеки осем транспортни пакета като неговия регистър се зарежда с комбинацията 100101010000000. За да се определи в приемника рестартирането, синхронизиращия байт на първия пакет е инвертиран, а седемте други байта в пакетите остават непроменени. Устройството за разпределение на енергията остава активно и при отсъствие на сигнал или когато на неговия вход е подаден цифров поток различен от стандарт MPEG-2.



Фиг. 4.22. Разпределение на енергията при транспортните пакети от цифрови телевизионни данни

4.7.3. Кодиране Риид Соломон

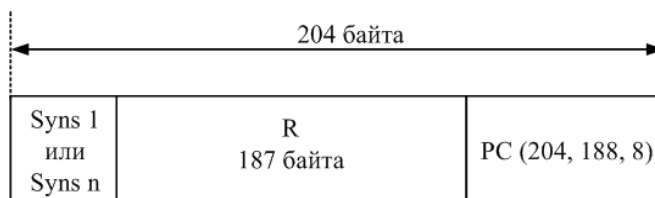
Риид-Соломон кодирането (RS кодиране) е известно още като външно кодиране, защото се явява първият външен защитен слой за коригиране на грешки.

RS кодирането се извършва чрез добавянето на блок от 16 байта след информационните байтове на транспортните пакети, при което тяхната дължина от 188 байта се увеличава на 204 байта. С RS кодирането могат да бъдат коригирани до 8 грешни байта. Над 8 грешни байта той се инициира като грешен и некоригируем. Излишъкът от информация, въведен от RS кода е около 8 %, като честотата на грешката достига от 10^{-4} до 10^{-11} .

Форматът на транспортния пакет след Риид-Соломон кодиране е показан на фиг. 4.23.

Риид-Соломон кодирането се характеризира с три параметъра n , k и t , които определят размера на блоковете. Отделните параметри имат следните значения:

- n – размер на блока в символи след кодиране;
- k – размер на блока в символи преди кодирането;
- t – броя на коригируемите символи.



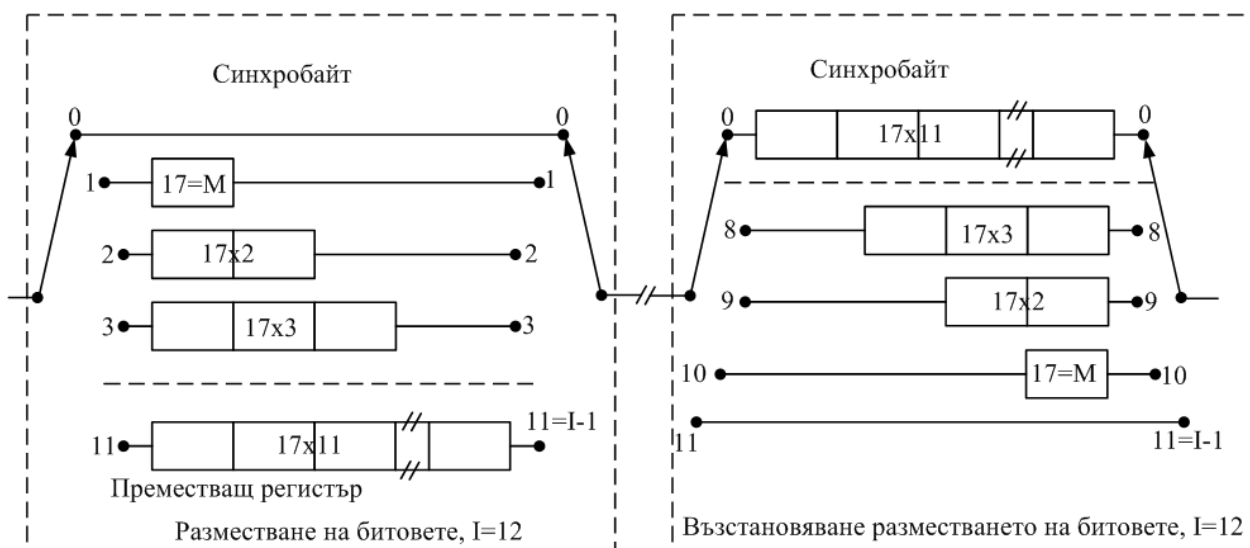
Фиг. 4.23. Формат на транспортния пакет след Риид-Соломон кодиране

При DVB системите размерите на транспортния пакет са $n=204$, $k=188$ (RS204, 188; $t=8$) и рандеманът на кода е $k/n=0,92$ с минимално Хемингово разстояние $d=17$ байта, при което се определя броя на коригираните грешни байтове в блок $t=(d-1)/2=8$.

Декодирането на кода Риид-Соломон се извършва чрез бързата трансформация на Фурие.

4.7.4. Разпределение на грешките във времето

Разпределението на грешките във времето, известно още като спирално преподреждане на Forney, има за цел увеличаване на ефективността от кодирането Риид-Соломон чрез разпределяне върху един по-дълъг период от време на пакетите от грешки, въведени от канала. В противен случай ще се надхвърли капацитетът на RS кодирането, което е 8 байта на пакет. Процесът на разпределение на грешките е показан на фиг. 4.24. Ако се приеме, че с L се отбележи дължината на един пакет, а с I – броят на разклоненията в преразпределящото и възстановяващото устройство, на показаната схема при обработка на транспортен пакет с $L=204$ байта се използват разклонения $I=12$.



Фиг. 4.24. Процес на разпределение на грешките

В преразпределящото устройство в предаващата страна се използват 12 буфера с дължина $M \times j$ ($M=L/I=204/12=17$, $j=12$). При преразпределението 12 последователни байта

с индекси j от 0 до 11 ще преминат през отделните канали, като всеки байт ще закъснее във времето в зависимост от своя индекс M с 0, 17, 38, ..., 187.

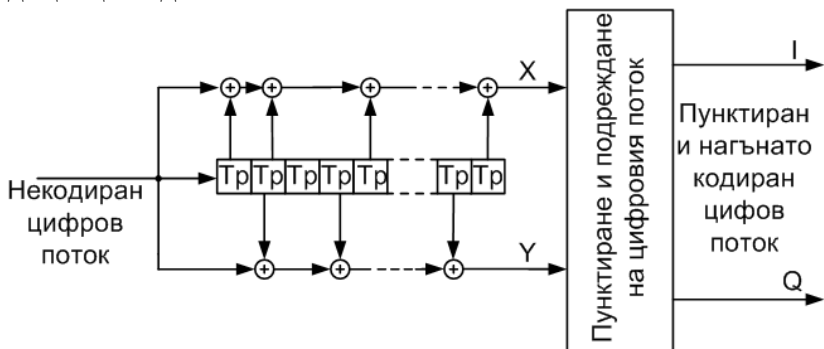
Във възстановяващото устройство в приемника се извършва аналогичен процес като байт, закъснял във времето с $j \times 17$ позиции в предавателя, ще закъснее с $(11-j) \times 17$ позиции, при което всички байтове от пакета ще закъснеят еднакво с 187 позиции и първоначалният ред на байтовете ще бъде възстановен.

В резултат на разпределението когато се появи група от грешки, засягащи един след друг байтовете от пакета, възстановяващото устройство ще ги разпредели във времето върху повече пакети, като по този начин се подобрява ефективността на RS кодирането.

4.7.5. Спирално кодиране

Спиралното кодиране е вътрешно кодиране и поради тази причина се явява ефективно допълнение към RS кодирането и разпределение на грешките, защото то коригира други видове грешка. Структурната схема за спирално кодиране е дадена на фиг. 4.25.

Кодиращото устройство се състои от схема за нагънато кодиране и схема за пунктиране. Нагънатото кодиране се осъществява от преместващ регистър с включени в обратната връзка суматори по модул 2. В преместващия регистър се запомнят m бита от входната цифрова поредица, а чрез суматорите по модул 2 в изхода се формират n бита и цифровата поредица ще бъде $m+n$.



Фиг. 4.25. Структурната схема за спирално кодиране

Ефективността на корекцията на грешките в кодиращото устройство зависи от дължината на въздействие

$$(4.4) \quad k = (S+1) \cdot m,$$

където S е броят на разрядите на преместващия регистър.

Спиралното кодиране внася значителен излишък от информация от 100%, защото на изхода на кодиращата схема се получават два изходни цифрови потока X и Y , като всеки един е със скоростта на входящия цифров поток.

Важен параметър при спиралното кодиране е степента на кода R_C , който се определя от отношението на броя на входните информационни битове m и броя на изходните битове n . Степента на кода R_C е винаги по-малка от единица. Тя се избира в зависимост от параметрите на сателитния DVB канал и може да приеме следните пет стойности:

$$R_{C_1} = \frac{1}{2}; \quad R_{C_2} = \frac{2}{3}; \quad R_{C_{31}} = \frac{3}{4}; \quad R_{C_4} = \frac{5}{6}; \quad R_{C_5} = \frac{7}{8}$$

Излишъкът от информация в цифровите потоци X и Y се намалява чрез пунктиране в схемата за пунктиране. При пунктирането на определена схема се пропускат битове в цифровите потоци и се получава ново подреждане на битовете в цифрови потоци I и Q .

Схемата на пунктирането при различна степен на кода R_C е дадена в Таблица 4.3.

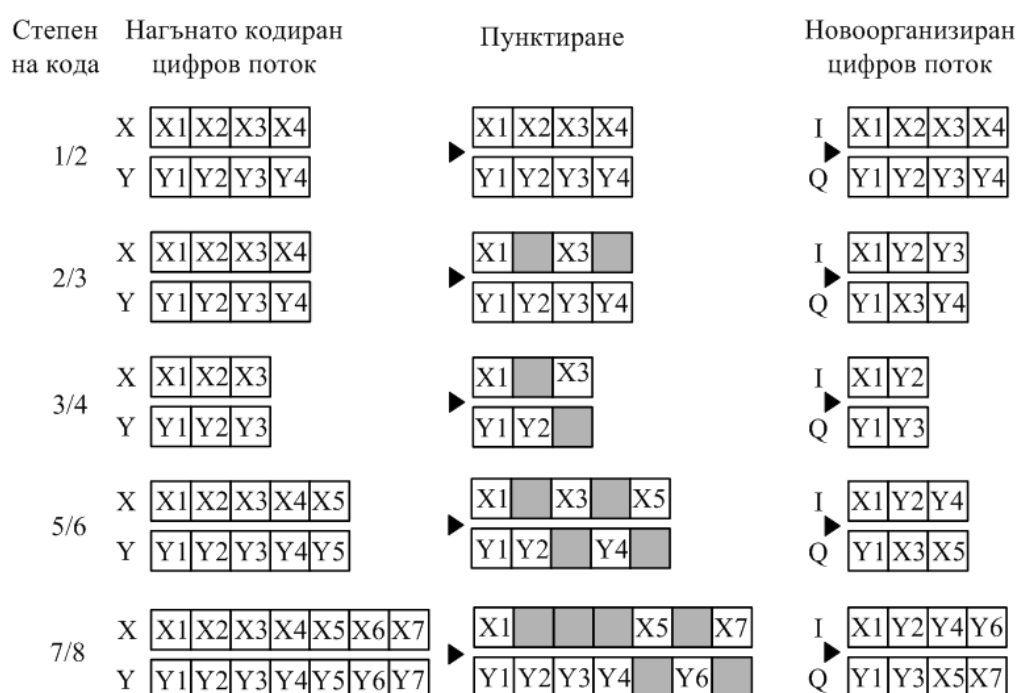
Таблица 4.3

Таблица 1.3

Степен на кода R_C									
1/2		2/3		3/4		5/6		7/8	
p	d _{free}	p	d _{free}	p	d _{free}	P	d _{free}	p	d _{free}
X:1	10	X:10	6	X:101	5	X:10101	4	X:1000101	3
Y:1		Y:11		Y:110		Y:11010		Y:1111010	
I=X ₁		I=X ₁ Y ₂ Y ₃		I=X ₁ Y ₂		I=X ₁ Y ₂ Y ₄		I=X ₁ Y ₂ Y ₄ Y ₅	
Q=Y ₁		Q=Y ₁ Y ₃ Y ₄		Q=Y ₁ X ₃		Q=Y ₁ X ₃ X ₅		Q=Y ₁ Y ₃ X ₅ X ₇	
Забележка: 1 – предаден бит; 0 – неподаден бит									

Процесът на пунктиране е представен на фиг. 4.26

Най-голяма защита от грешки има при степени на кода $R_C=1/2$, когато половината от битовете носят полезна информация, а другата половина служат за защита от грешки. При $R_C=1/2$ отсъства пунктирането.



Фиг. 4.26. Процесът на пунктиране

4.8. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали

Разпространението на телевизионни програми чрез цифрови телевизионни сигнали се извършва по следните начини:

- сателитно разпространение – DVB-S;
- кабелно разпространение – DVB-C;
- наземно разпространение – DVB-T.

Структурните схеми на предавателната и приемна част при различните начини на разпространение на цифровите телевизионни сигнали се различават по начина на кодиране на канала и вида на използваната цифрова модулация.

4.8.1. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали чрез спътник – DVB-S

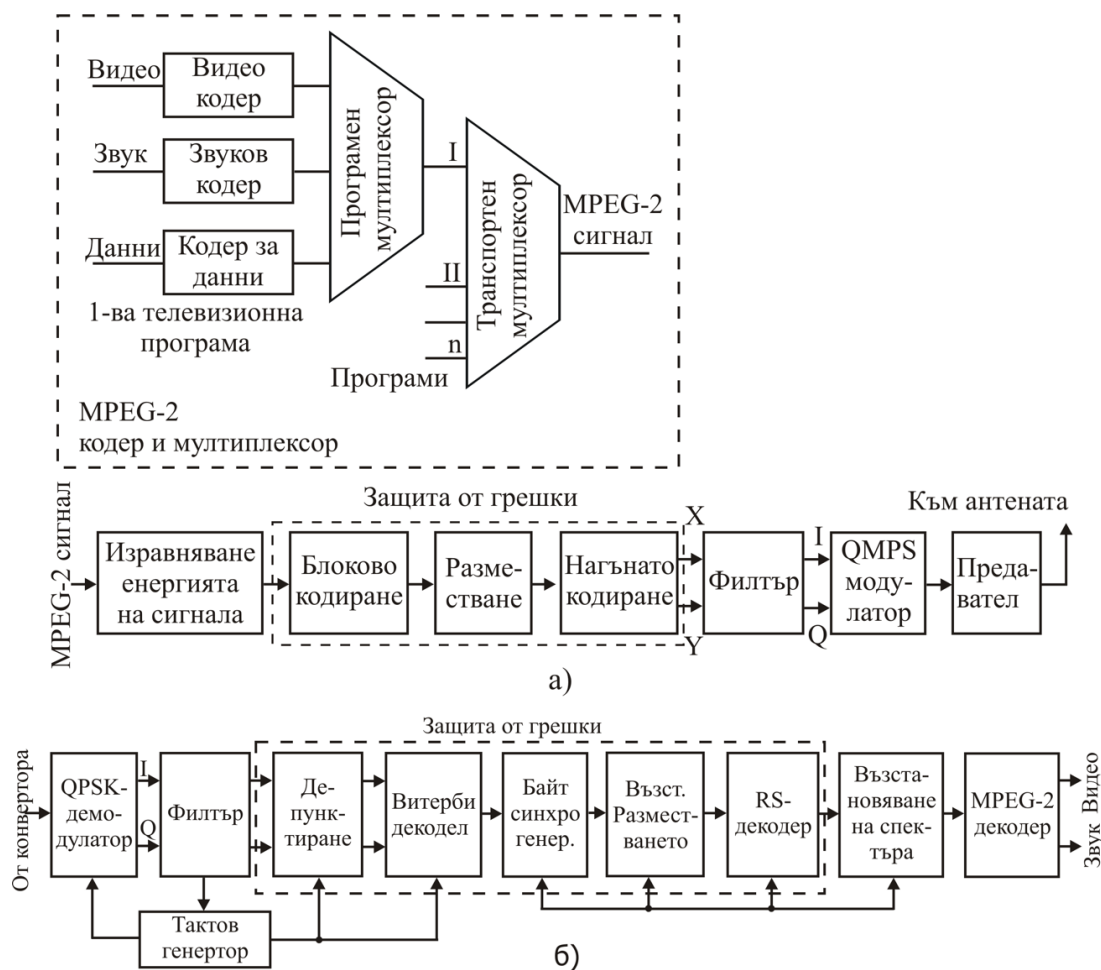
Спътниците, които се използват за телевизионно разпръскване, се намират на геостационарна орбита с отдалеченост от земята около 36000 km.

Използват се следните честотни обхвати:

- обхват C от 3,4 GHz до 4,8 GHz;
- обхват K_U от 10,7 GHz до 12,75 GHz;
- обхват K_a от 27 GHz до 40 GHz;

Широчината на честотната лента на спътниковите канали е: 27 MHz или 36 MHz; 54 MHz или 72 MHz.

Използва се честотна модулация за предаване на телевизионните аналогови програми. Функционалната схема на предавателната и приемна част на DVB-S система е показана на фиг. 4.27, като на фиг. 4.27, а) са дадени: MPEG-2 кодир и мултиплексори, кодиране на канала, цифров модулатор и предавател, а на фиг. 4.27,б) – декодиране на канала и MPEG-2 декодер.



Фиг. 4.27. Функционалната схема на предавателната и приемна част на DVB-S система

В предавателната страна се извършват последователно следните процеси:

- видео и аудио сигналите на отделните програми се обработват в MPEG-2 кодиращото устройство, като се формира транспортния цифров поток. Транспортният цифров поток е формиран в пакети (рамки) с дължина 188 байта;
- след MPEG-2 кодиращото устройство цифровият поток постъпва в блок за изравняване на енергията на сигнала (скрембиране);
- след скрембирането се извършва кодиране на канала за защита от грешки. Защитата от грешки при DVB-S системите включва:
 - RS кодиране (блоково кодиране) чрез добавяне на 16 байта към всеки пакет и той става с дължина 204 байта;
 - разместване на битовете по случаен закон;

- нагънато кодиране за външна защита от грешки, което се реализира чрез нагъване и пунктиране;
- след кодирането на канала цифровите потоци I и Q постъпват във филтър за ограничаване на честотната ни лента. Честотната характеристика на филтъра формира склон на Найкуист с коефициент $\alpha=0,35$, при което се избягват кръстосаните смущения между сигналите в честотните ленти;
- DVB-S системите използват QPSK модулация, което се определя от изискванията за по-висока шумоустойчивост на сигналите. Използва се междинна носеща честота от порядъка на 70 MHz, след което тя се преобразува до стойност от 13 GHz до 15 GHz, необходима за излъчване към сателитния транспондер;
- в сателитния транспондер се извършва честотно преобразуване до честоти в Ku обхват от 10,7 GHz до 12,75 GHz за излъчване към приемните устройства на Земята.

В приемната страна се извършват обратните процеси:

- честотно преобразуване на приетия сигнал от конвертора и получаването на междинната честота – 70 MHz;
- QPSK демодулация;
- канално декодиране за откриване и отстраняване на грешките;
 - депунктиране;
 - Витерби (нагъващ демодулатор);
 - декодер за разместване на битовете;
 - RS – декодер.
- дескрембиране за възстановяване на спектъра;
- MPEG-2 декодиране и възстановяване на видео и аудио сигналите за отделните програми.

Транспортният мултиплексор и MPEG-2 кодиращите устройства при DVB-S системите се разполагат най-често съвместно в предавателната апаратура, но могат да бъдат и отдалечени един от друг, като цифровият поток се предава по оптичен или радиорелеен канал.

4.8.2. DVB-S2 стандарт

Стандартът DVB-S за цифрово спътниково разпръскване EN 300 421 V1.1.2 е публикуван през 1997 и има много широко приложение. По данни на сайта www.satcoDX в сектора от 15° западна дължина до 40° източна дължина са разположени 57 съобщителни спътника (тези спътници могат да се приемат в нашата страна). Общо те излъчват 6633 цифрови телевизионни програми, кодирани преди всичко по стандарта DVB-S. Общо от изкуствените спътници се излъчват над 17 000 телевизионни програми, от които над 1500 са HDTV по стандарта DVB-S2.

Един от основните недостатъци на DVB-S е използването на модулация QPSK, която е нискоефективна и не позволява пълноценно използване на честотния спектър на транспондера. Разпространяването на програми с висока разделителна способност, както и изграждането на интерактивни спътникови мрежи с адресируеми услуги, изисква наличието на по- високи транспортни ресурси.

Стандартът DVB-S не притежава гъвкавост - от една страна в определени условия позволява да се постигне приемането с до една грешка на час, което е по-високо от необходимото, а от друга страна при силен дъжд защитата е недостатъчна за обхвата Ku и често приемането се прекъсва. Това е наложило разработването на нов стандарт. Новият стандарт е провокиран и от развитието на технологиите и е резултат от сериозни изследвания и компютърни симулации. Стандартът е известен под названието DVB-S2 и вариантът EN 302 307 v1.1.2 е публикуван през 2006 г.

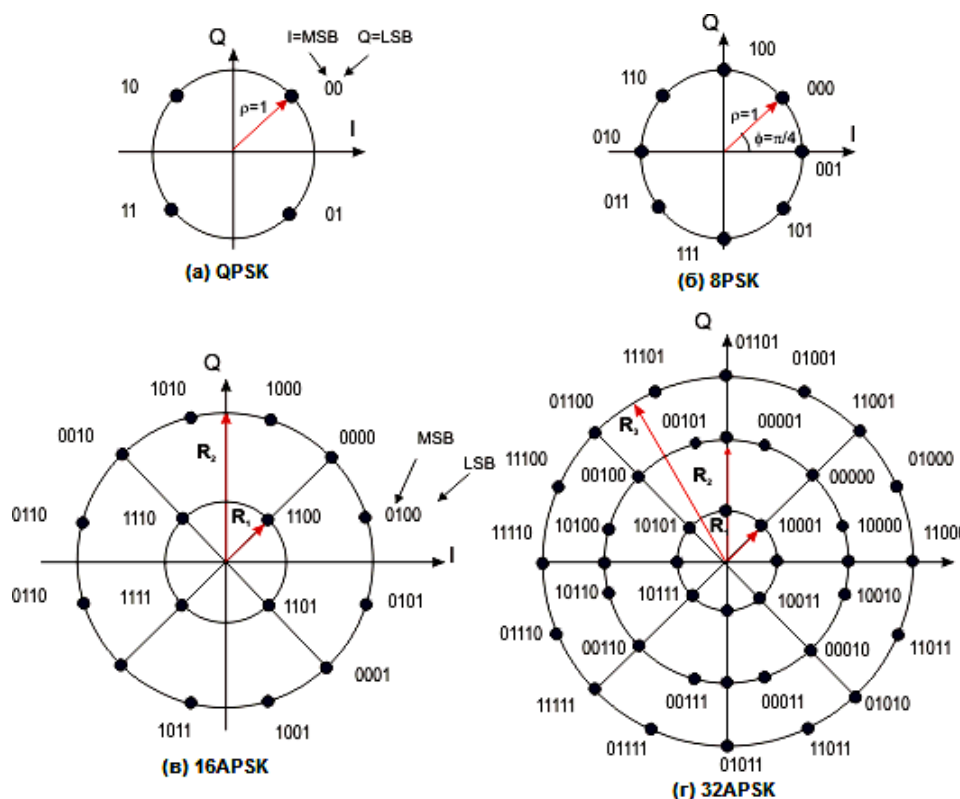
При подготовка на стандарта DVB-S2 са поставени следните изисквания:

- да се повиши ефективното използване на транспортните способности на спътниковите канали;

да съществува диференциален подход при избора на транспортните параметри на канала при едновременното предаване на различни услуги;
 - да има съвместимост със стандарта DVB-S.

В резултат е разработен универсален стандарт DVB-S2, позволяващ да се изградят мрежи за разпръскване както на стандартна телевизия, както и телевизия с висока разделителна способност, на мрежи за предоставяне на интерактивни услуги, за професионални приложения, за предаване на данни и за създаване на IP магистрали.

DVB-S2 са несъвместими със стария стандарт. За да се изпълни изискването за съвместимост в него са въведени два режима - първият позволява съвместимост надолу, но има по-ниска ефективност. Вторият режим дава изпользва всички възможности на DVB-S2, но не може да се приема с DVB-S декодери.



Фиг. 4.28. Модулации използвани стандарта DVB-S2

Стандартът DVB-S2 предвижда четири възможни схеми за модулация - QPSK, 8PSK, 16APSK и 32APSK (фиг. 4.28). Модулациите QPSK и 8PSK са предназначени за използване в спътниковите мрежи за телевизионно разпръскване. Като правило в тези съобщителни спътници предавателите на транспондерите работят в режим, близък до насищане и не е възможно използването на модулации от типа APSK, при които носещата е модулирана и по амплитуда.

Модулациите 16APSK и 32APSK, които имат по-висока ефективност по използване на спектъра (допускат по-висока скорост на цифровия поток), са предназначени за приложение в професионалните мрежи, в които наземните предаватели са с по-малка мощност и не довеждат бордовите ретранслатори в спътника в нелинеен режим. Освен това приемните апаратури са с повишено качество. Модулациите 16APSK и 32APSK могат да се използват и в разпръсквателните мрежи, но в този случай трябва да се предвидят достатъчно сложни решения за предкорекции.

В таблица 4.4 и в таблица 4.5 са дадени оптималните съотношения на радиусите, при които се постига най-оптимален режим.

Таблица 4.4. Оптимално съотношение между радиусите R_1 и R_2 при 16-APSK

Степен на кода R	Ефективност на използване на чест. лента на канала, (бит/s)/Hz	$\gamma_1=R_2/R_1$
2/3	2,66	3,15
3/4	2,99	2,85
4/5	3,19	2,75
5/6	3,32	2,70
8/9	3,55	2,60
9/10	3,59	2,57

Таблица 4.5. Оптимално съотношение между радиусите R_1 и R_2 при 32-APSK

Степен на кода R	Ефективност на използване на чест. лента на канала, (бит/s)/Hz	$\gamma_1=R_2/R_1$	$\gamma_1=R_3/R_1$
3/4	3,74	2,84	5,27
4/5	3,99	2,72	4,87
5/6	4,15	2,64	4,64
8/9	4,43	2,54	4,33
9/10	4,49	2,53	4,30

Модулациите, използвани в стандарта DVB-S.2, са достатъчно ефективни и позволяват да се постигне реална ефективност на използване на спектъра на радиоканала от 0,5 до 4,5 (бит/s)/Hz. Максималната ефективност е при 32APSK и позволява да се пренесе цифров поток с 2,5 пъти по-голяма скорост в сравнение с DVB-S.

В стандарта DVB-S2 се използва също двустепенна система за защита от грешки – външна и вътрешна. Като външна защита се използва BCH кодиране, а като вътрешна защита – LDPC кодиране. Тази комбинация е получена в резултат на компютърно моделиране. Новата защита позволява с 3 dB да се подобри отношението сигнал/шум при еднакъв брой битове за защита от грешки, в сравнение с DVB-S и съответно да се повиши пропускащата способност на канала с около 30%.

За постигане на оптимален компромис между излъчваната мощност и спектралната ефективност е предвиден разширен брой стойности на степента на LDPC кода R - 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 8/10. Стойностите 1/4, 1/3, 2/5 са предвидени за работа с QPSK в тежки условия за разпръскване. Например при модулация QPSK и степен на LDPC кода $R = 1/4$ сигнал може да се приеме при отношение сигнал/шум E_s/N_0 равно на -2,35 dB (т.е. шумът превишава нивото на сигнала). При режим 32APSK 9/10 тази стойност е 16 dB (табл. 4.6).

Данните в табл. 4.6 са получени чрез компютърно моделиране с използването на идеален демодулатор при адитивен бял Гаусов шум. Отношението E_s/N_0 е на енергията E_s на предаден символ към спектралната плътност на шума N_0 в канала за връзка.

Таблица 4.6. Спектрална ефективност и отношение E_s/N_0 в зависимост от режима при DVB-S2 при $BER = 10^{-7}$

Режим	Спектрална ефективност ε (бит/s)/Hz	E_s/N_0 , dB (идеален случай)	Режим	Спектрална ефективност ε (бит/s)/Hz	E_s/N_0 , dB (идеален случай)
QPSK 1/4	0,490	-2,35	8PSK 5/6	2,478	9,35
QPSK 1/3	0,656	-1,24	8PSK 8/9	2,646	10,69
QPSK 2/5	0,789	-0,30	8PSK 9/10	2,679	10,98
QPSK 1/2	0,988	1,00	16PSK 2/3	2,673	8,97
QPSK 3/5	1,188	2,23	16PSK 3/4	2,966	10,21
QPSK 2/3	1,322	3,10	16PSK 4/5	3,165	11,03

QPSK 3/4	1,487	4,03	16PSK 5/6	3,300	11,61
QPSK 4/5	1,587	4,68	16PSK 8/9	3,523	12,89
QPSK 5/6	1,654	5,18	16PSK 9/10	3,567	13,13
QPSK 8/9	1,766	6,20	32PSK 3/4	3,703	12,73
QPSK 9/10	1,788	6,42	32PSK 4/5	3,951	13,64
8PSK 3/5	1,779	5,50	32PSK 5/6	4,119	14,28
8PSK 2/3	1,980	6,62	32PSK 8/9	4,397	15,69
8PSK 3/4	2,228	7,91	32PSK 9/10	4,453	16,05

Съотношението между E_s/N_0 и E_b/N_0 се дава със зависимостта:

$$(4.4) \quad E_b/N_0 = E_s/N_0 - 10 \log_{10}(\eta_{tot})$$

Тук η_{tot} е спектралната ефективност на системата.

Стойността $BER = 10^{-7}$ означава един грешно приет пакет за един час при скорост на цифровия поток 5 Mbit/s.

4.8.3. Проблеми на спътниковото телевизионно разпръскване и методи за тяхното решаване

За осигуряване на необходимото качество на приемните цифрови ТВ програми е необходимо коефициентът на двоична грешка (BER – Bit Error Rate) в изхода на каналния декодер да е в границите 10^{-11} . Това съответства на т.нар. квази-безпогрешно приемане (QEF – Quasi Error Free). Квази-безпогрешно приемане се постига, когато отношението носещо трептене/шум (CNR – Carrier to Noise Ratio) на входа на спътниковия приемник е по-голямо от зададена стойност. Проблеми при изпълнението на това изискване създава огромното затихване на сигнала (над 200 dB) и високото ниво на шумовете в спътниковата радиолиния.

В спътниковите и наземните системи изискването за $BER \leq 10^{-11}$ се удовлетворява чрез прилагане на двустепенно (външно и вътрешно) кодиране и допълнително разместване на битовете. Каналните кодове, които са се наложили в DVB системите от първо поколение са Рид-Соломон и конволуционния код, а в системите от второ поколение – BCH и LDPC кодовете. Тези кодове са описани подробно в съществуващите стандарти за спътниково ТВ разпръскване.

За увеличаване на ефективността на кода на Рид-Соломон може да се увеличи дължината на кодовата дума при запазване на скоростта на кода или да се намали скоростта на кода при запазване на дължината на кодовата дума. Намаляването на скоростта на кода обаче води до намаляване на предаваната информация в пакета, което влошава пропускателната способност на канала за връзка. Затова е необходимо да се направи компромис при избора на параметрите на кода (дължина на пакета и скорост на кода) между шумоустойчивост, пропускателна способност и сложност на използваната апаратура.

При избора на оптимален конволуционен код е важно да се отчетат два основни фактора. Първият е дължината на запомняне, а оттам и генераторните полиноми на изходите, а вторият е изчислителната сложност на декодера. Оптималните генераторни полиноми на конволуционни код със скорости 1/2, 1/3 и 1/4 и дължина на запомняне до 14, а за кодове със скорост 1/2, 1/3 и 2/3 и дължина на запомняне до 13, 9 и 8. Основният недостатък на конволуционните кодове е сложното му декодиране. Дори при използването на декодер, работещ с алгоритъма на Витерби, с увеличаване на дължината на запомняне се увеличава значително изчислителната сложност на декодера. Това води до ограничаване на дължината на запомняне на конволуционния код, а оттам и на неговата ефективност.

BCH кодът представлява обобщена версия на кода на Рид-Соломон и основните зависимости на ефективността на кода от неговите параметри са аналогични. Разликата между използваните кодове на Рид Соломон и BCH кода е в това, че вторият е двоичен и има значително по-голяма дължина на кодовата дума.

Основното предимство на DVB системите от второто поколение по отношение на шумоустойчивостта се дължи на LDPC кодовете. Макар и предложени отдавна (1963 г.) в дисертационния труд на Галагер, тяхното използване започва едва в края на 90-те години. Предложените от Галагер кодове са били „регулярни“ (с еднакъв брой единици във всеки ред и еднакъв брой единици във всяка колона на проверочната матрица), а след това са предложени „нерегулярните“ кодове, които са намерили по-голямо приложение, поради по-добрите си характеристики (по-висока ефективност, гъвкавост и др.) Основният проблем на LDPC кодовете е трудното изчисление на генераторната матрица въз основа на проверочната матрица.

Изследванията в областта на LDPC кодовете са насочени основно в следните две направления: подобряване на тяхната ефективност и намаляване на сложността на кодиращата и декодиращата апаратура.

При избора на модулация се цели да се постигне колкото се може по-голям канален капацитет при запазване на шумоустойчивостта на радиоканала и минимални нелинейни изкривявания на сигналите в него. Известно е, че каналния капацитет нараства с увеличаване на кратността на манипулацията, но това води до по-голяма вероятност за грешка в приемната видеоинформация. Затова в спътниковите DVB системи не се използват фазови манипулации (PSK) с кратност по-голяма от осем. При една и съща кратност на манипулацията по-голяма шумоустойчивост на канала осигурява квадратурната амплитудна манипулация (QAM), но тази модулация не е подходяща за предаване на сигналите по нелинейния спътников ТВ канал. Затова в спътниковите DVB системи от второ поколение едновременно с QPSK и 8PSK методите се използват амплитудно-фазовата манипулация (APSK), която по шумоустойчивост не отстъпва на QAM, но е по-устойчива от нелинейни изкривявания и осигурява по-голяма енергийна ефективност на предавателя..

В DVB-S стандарта е предвиден QPSK метод за предаване на ТВ сигнали по спътников радиоканал, докато в DVB-S2 стандарта се използват четири вида модуляции (QPSK, 8PSK, 16 APSK и 32 APSK), като за телевизионно разпръскване са се наложили QPSK и 8PSK. Това се обяснява с обстоятелството, че те имат постоянна амплитуда и са по-устойчиви на нелинейни изкривявания, което позволява крайният усилвател на мощност в спътниковия ретранслатор да работи в режим близък до точката на насищане. 16APSK и 32APSK модулациите са предвидени главно за професионални приложения, но те могат да бъдат използвани и за ТВ разпръскване, тъй като поради по-голямата си лентова ефективност позволяват да се увеличи капацитета на спътниковия радиоканал. Тези методи за пред-корекция в предавателната станция с цел намаляване на ефектите от нелинейността на крайния усилвател на мощност в спътниковия ретранслатор.

APSK модулациите са специално оптимизирани за използване при нелинеен краен усилвател на мощност, чрез разполагане на сигналните точки по окръжности вместо в квадрати, както е при QAM. Макар че тези модуляции са по-устойчиви на нелинейни изкривявания в сравнение QAM, тяхната енергийна ефективност е по-малка от тази на PSK, тъй като символните точки в APSK съзвездията са разположени на повече от една концентрични окръжности.

Разработени са различни алгоритми за оптимизиране на параметрите на APSK съзвездията, като най-популярните са тези, при които се извършва максимизиране на минималното евклидово разстояние и максимизиране на взаимната информация. В стандарта DVB-S2 се използват 16APSK и 32 APSK съзвездия, които са оптимизирани по втория критерий.

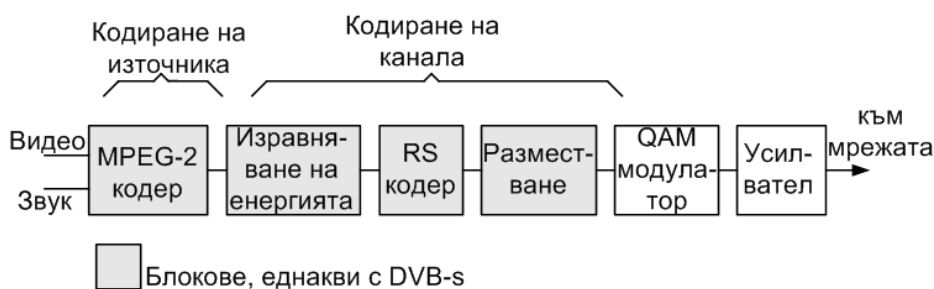
4.9. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали чрез кабелни мрежи – DVB-C

Пренасянето на цифрови телевизионни сигнали чрез кабелните мрежи поставя определени изисквания към мрежите, състоящи се в следното:

- да позволяват пренасянето на съответния цифров поток с честота на грешките до 10^{-11} ;
- да е съвместима със сателитните системи за пренасяне на цифрови телевизионни програми;
- да позволява едновременно предаване на цифрови и аналогови телевизионни програми.

Съвременните кабелни разпределителни мрежи се изграждат с възможности за двупосочно разпространение на телевизионния сигнал чрез прав канал от главната станция до абоната с честотен обхват от 80 MHz до 862 MHz и обратен канал – от 5 MHz до 65 MHz. Използват се и специалните SR честотни обхвати. Ширината на честотната лента на един канал е 8 MHz.

Структурата на предавателното устройство при DVB-C системи е показана на фиг. 4.29.



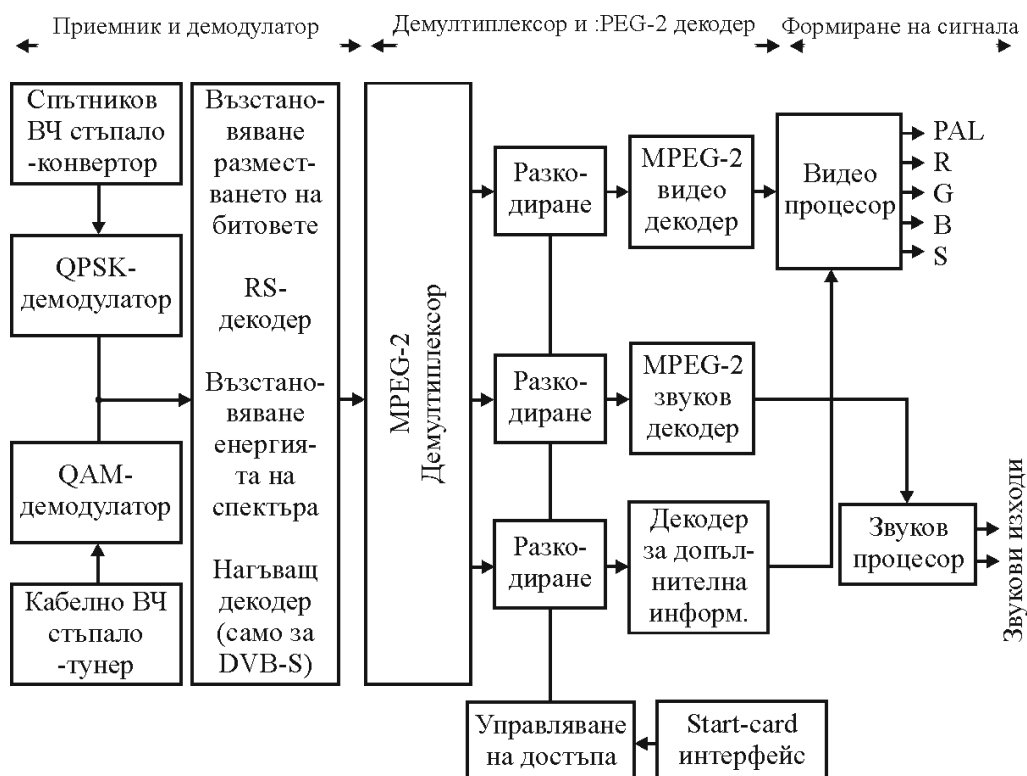
Фиг. 4.29

Особености:

- кодирането на източника е същото както при DVB-S системите;
- кодирането на канала не включва защита от грешки чрез нагъващо кодиране, защото кабелния канал има по-високи параметри – до 28 dB допустимо отношение сигнал шум;
- при DVB-C системите се използва квадратурна амплитудна модулация (QAM) от високо ниво 64 QAM, но е възможно използването по стандарт 16 QAM, 32 QAM, 256 QAM.

В приемното устройство се извършват обратните процеси за възстановяване на видео и аудио сигналите за отделните телевизионни програми.

За да могат да бъдат приемани телевизионни програми от сателитни и кабелни системи най-често приемните устройства се организират с възможности за приемане на високочестотни сигнали от тунер в честотните обхвати от 47 MHz до 862 MHz и от конвертор – от 950 MHz до 2050 MHz. Структурата на приемно устройство с тези възможности е показана на фиг. 4.30. След тунера и конвертора сигналите постъпват на съответните QAM и QPSK – демодулатори, като в следващия блок се извършва канално декодиране. Цифровият поток от DVB-S системите се обработва допълнително в нагъващия декодер.



Фиг. 4.30. Структурата на приемно устройство по стандарти DVB S/C/T

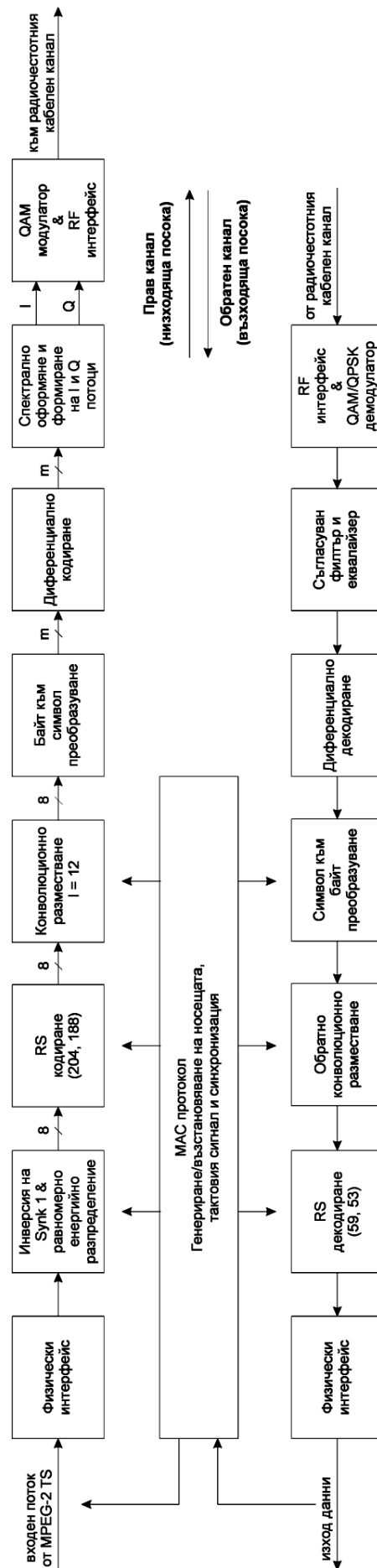
Кабелната телевизионна система може да се дефинира като единен функционален блок от оборудване, изпълняваща адаптацията на телевизионния сигнал в основна честотна лента към кабелните канални характеристики и осигуряваща набор от интерактивни услуги към абоната, както и възможност пренос на данни. В смисъла на това определение кабелната система може да раздели на следните основни блокове:

- главна станция;
- среда за пренос;
- абонатна част.

Функционалните блокови схеми, представящи процесите на обработка в главната станция и в абонатната част на кабелна телевизионна мрежа по стандарт DVB-C са дадени съответно на фиг. 4.31 и фиг. 4.32.

4.9.1. Обработка на сигналите в главната станция

На фиг. 4.31 е дадена функционалната схема на предавателното устройство при DVB-C. Кодирането на източника изцяло съвпада с кодирането при DVB-S. Разликата е в каналното кодиране. Поради по-високите качествени параметри на кабелния канал за връзка не се използва вътрешна защита от грешки (с Reed Solomon кодер). Транспортният цифров поток след програмния мултиплексор се подава на входен блок. Ако мултиплексорът е в непосредствена близост до апаратурата за канално кодиране, то връзката е чрез ASI интерфейс. В случая, когато мултиплексорът е отдалечен, то връзката се осъществява чрез един от интерфейсите. Във входния блок се регенерира цифровият поток, оптимизира се влиянието от затихването от несъгласуването на входа, коригира се нивото на импулсите и се коригира честотната характеристика. Този блок, съвместно с блока за синхронизация отделя тактовите сигнали, които служат за синхронизиране на цялото устройство за канално кодиране и за модулация. Следващите три блока – блок за изравняване енергията на сигнала в честотната лента на, Reed Solomon (RS) кодер и схема за размятане на битовете (конволюционно кодиране), са същите както и в системата за спътниково предаване на цифрови телевизионни програми.



Фиг. 4.31 Процеси на обработка в главната станция

След блока за разместване на битовете цифровият поток е организиран в байтове по 8 бита и постъпва на блоковете за подготовка за подаване към QAM модулатора. За целта цифровият поток се преобразува в поредица от символи, като при 16-QAM символите са с продължителност 4 бита, при 32-QAM – 5 бита, при 64-QAM – 6 бита и при 256-QAM – 8 бита. След това се осъществява диференциално кодиране на двата най-старши бита и в специална схема се формират цифровите потоци I и Q. Поредиците I и Q постъпват на филтър за формиране на честотната им характеристика (Baseband shaping). Коефициентът α на склона на Найкуист (Roll-off factor) на честотната характеристика на филтъра е 0,15. След филтъра фронтовете на импулсите нарастват и спадат по $\sin^2$ -закон. Такова формиране на честотната лента на цифровия сигнал е необходимо, за да се избегнат кръстосани смущения между модулираните сигнали в отделните телевизионни канали. Освен това QAM сигналът, формиран от цифровия поток след филтъра, се характеризира с това, че няма резки изменения както на фазата на сигнала, така и на амплитудата му. В лентата на пропускане ($f < 0,85 f_N$) неравномерността на филтъра е под 0,4 dB. Потискането извън лентата на пропускане ($f > 1,15 f_N$) е по-голямо от 43 dB.

Модулаторът може да работи на междинна честота – 36,15 MHz. В главната станция QAM модулираният сигнал с междинна честота се преобразува в сигнал на един от телевизионните канали, след което се събира със сигналите на останалите канали, усилва се по мощност и се подава в кабелната разпределителна мрежа за предаване към абонатите.

В кабелната цифрова телевизия, обикновено вместо параметъра „скорост на цифровия поток“ (Bit rate) се говори за скорост на символ-потока (Symbol rate). Ясно е, че скоростта на символ-потока е равна на скоростта на цифровия поток, разделена на броя на битовете m в един символ.

Съгласно дадената на фиг. 4.31 блокова схема на обработката на сигнали в главната станция, по-надолу ще бъдат разгледани подробно всеки един от блоковете в нея.

4.9.2. Оформяне на спектъра на сигнала

Една от основните задачи на цифровите комуникационни системи е да отстранят ефекта от т.нар. междусимволна интерференция (ISI – InterSymbol Interference). Поради изкривяванията в предавателя, в приемника или по канала, приетите сигнали се презастъпват един върху друг във времето в резултат на междусимволната интерференция. С други думи, крайт на единият приет импулс интерферира при процеса на детекция с началото на следващия импулс, при което се генерира междусимволна интерференция. За да се предотврати междусимволната интерференция трябва, съгласно теоремата на Найкуист, минималната честотна лента, необходима за детектиране на R_s символа/s без получаване на междусимволна интерференция да бъде $R_s/2$ Hz.

За целта най-често се използва филтър, известен като $\cos^2$ – филтър на Найкуист или RC филтър (RC - raised cosine), с предавателна функция:

$$(4.5) \quad H(f) = \begin{cases} 1 & \text{за } |f| < \frac{R_s \cdot (1-\alpha)}{2} \\ \cos^2 \left[\frac{\pi}{2} \cdot \frac{|f| - \frac{R_s \cdot (1-\alpha)}{2}}{\alpha \cdot R_s} \right] & \text{за } \frac{R_s \cdot (1-\alpha)}{2} \leq |f| \leq R_s \cdot (1 + \alpha) \\ 0 & \text{за } |f| > R_s \cdot (1 + \alpha) \end{cases}$$

където:

$w = \frac{R_s(1+\alpha)}{2}$ - честотна лента на Найкуист;

α – т.нар. roll-off фактор (или коефициент на филтрация), който представя излишната честотна лента извън честотната лента на Найкуист.

Съответстващата импулсна характеристика $h(t)$ на този филтър се дава с израза:

$$(4.6) \quad h(t) = R_s \cdot \text{sinc}(R_s t) \cdot \frac{\cos(\pi \alpha R_s t)}{1 - 4(\alpha R_s t)^2},$$

където $\text{sinc}(x) = \sin(\pi x)/\pi x$.

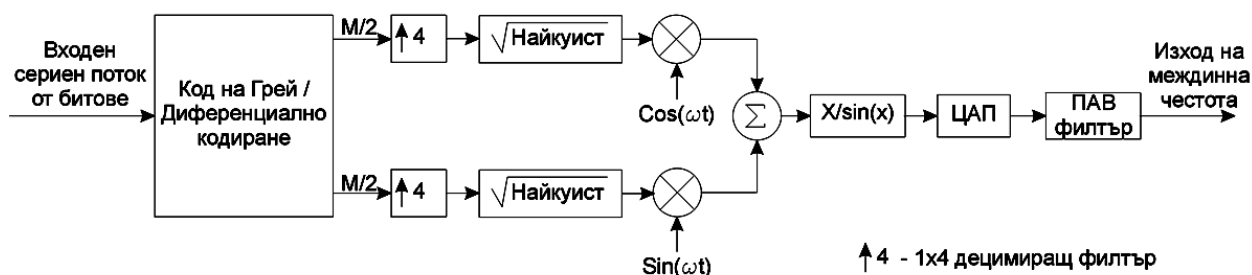
Този филтър е много популярен, тъй като неговата импулсна характеристика $h(t)$ преминава през нулата на всеки T_S период и следователно не се получава междусимволна интерференция.

Близък до RC филтъра на Найкуист е т.нар. $\cos^{1/2}$ -филтър или SRRC филтър (SRRC – Square-root-raised-cosine). В канали с наличие на адитивен бял Гаусов шум (AWGN – Additive White Gaussian Noise), коефициента на двоична грешка може да се минимизира чрез подходящо отделяне на предавателния филтър и приемния филтър. Тези филтри се наричат съответстваща филтрова двойка (matched filter pair), тъй като тяхната предавателна функция трябва да реализира RC филтър, както е описано с израз (1.9). Следователно честотната характеристика на всеки от тези филтри е просто квадратен корен на $h(f)$ или SRRC филтър, чиято импулсна характеристика е следната:

$$(4.7) \quad h_{SRRC}(t) = \sqrt{R_S} \cdot \frac{\sin[\pi R_S(1-\alpha)t] + (4\alpha R_S t) \cdot \cos[\pi R_S(1+\alpha)t]}{\pi R_S t [1 - (4\alpha R_S t)^2]}$$

4.9.3. Модулация, прилагана в цифровите кабелни телевизионни мрежи

Задачата на М-кратния QAM-модулатор е да преобразува основната битова последователност в QAM съзвездие с М възможни амплитудни и фазови нива в дадена честотна лента с междинна честота. Има няколко начина да се реализира по цифров път конвенционален М-кратен QAM-модулатор. На фиг. 4.32 е показана примерна блокова диаграма на цифрово реализиран конвенционален QAM-модулатор.



Фиг. 4.32. Опростена блокова диаграма на QAM модулатор в главната станция

Сериината входна последователност от битове, която обикновено е в двоичен NRZ код (NRZ – Non-return-to-zero) има $\log_2(M)$ бита за символ. Входните символи първо се разделят в два потока, един синфазен (I-поток) и един квадатурен (Q-поток), чрез преобразувател от сериен в паралелен код, като всеки поток има $k = \log_2(M)/2$ бита за символ. Тези битове се нуждаят от подреждане (mapping) с 2 възможни сигнални амплитуди, което може да бъде извършено по няколко начина. Подреждането се базира на факта, че случайните грешки, породени от Гаусов шум при демодулация на дадения сигнал ще засегнат съседните на предадената амплитуда на сигнала амплитуди. Резултатът ще бъде само един грешен бит. Тази схема на подреждане е известна като Грей кодиране. Извършва се и диференциално кодиране, при което кодирането на следващия символ се базира на текущия входен символ и предходния кодиран символ.

В много цифрови системи се изисква QAM-модулаторът да работи на дадена символна скорост, която е независима от входната такава. На примера от фиг. 4.32 се използва 1x4 интерполиращ филтър, който има 4 дискретни точки за символ и осигурява необходимото честотно преобразуване на честотата на дискретизация. В QAM приемника се използва 1x4 децимиращ филтър. Предимството от използването на такъв тип филтри в QAM модулатора и демодулатора е елиминирането на нуждата от използване на високоскоростни цифрови умножители и суматори.

Следва филтрация на всяка от диференциално кодираните последователности от битове с използване на оформящ SRRC филтър за защита от междусимволна интерференция, която би се генерирала в QAM предавателя.

За да се формира QAM съзвездие, I и Q потоците в M-кратния QAM модулатор ще се умножат по $\sin(2\pi f_c t)$ и $\cos(2\pi f_c t)$, където f_c е QAM носещата честота. Математически, M-крайния QAM сигнал може да се запише по следния начин:

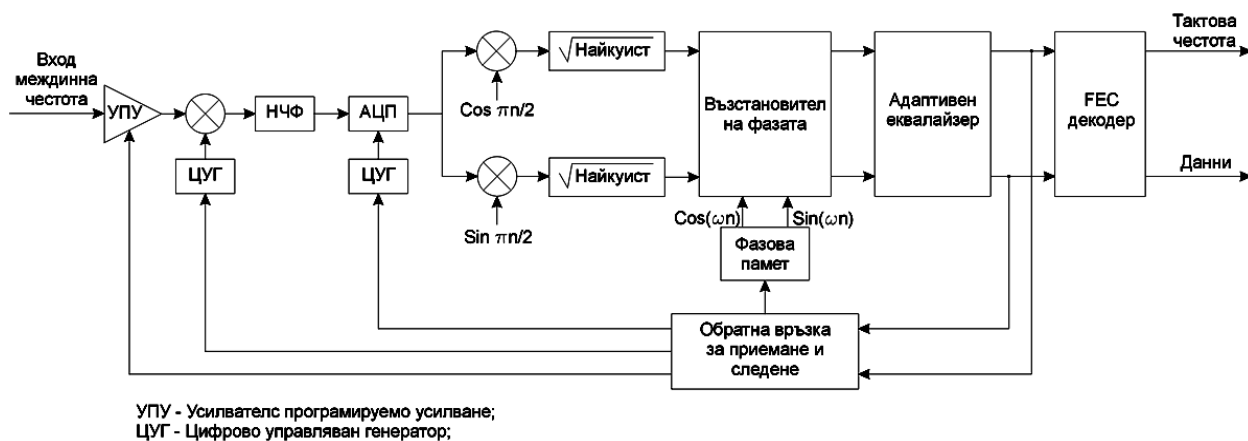
$$(4.8) \quad S(t) = I(t) \cdot \cos(2\pi f_c t) + Q(t) \cdot \sin(2\pi f_c t),$$

където $I(t)$ и $Q(t)$ са 2^k амплитудните и фазови нива на M-QAM съзвездието.

След сумиране на I и Q потоците, резултатният потокът преминава през x/sin(x) коригиращ филтър и цифрово-аналогов преобразувател – ЦАП (DAC – Digital-to-Analog Converter). На изхода е включен филтър с повърхностна акустична вълна – ПАВ филтър (SAW – Surface Acoustic Wave) с междинна честота 36,125 MHz за Европа. Междинно-честотният изход на QAM модулатора се преобразува до всяка желана честота в обхвата от 54 до 860 MHz.

4.9.4. Демодулаци, прилагана в цифровите кабелни телевизионни мрежи

Задачата на QAM приемника е обратна на тази на QAM предавателя, т.е. да преобразува приетия радиочестотен сигнал в цифрова последователност от битове. На фиг. 4.33 е показана опростена блокова схема на цифров M-QAM приемник.



Фиг. 4.33. M-QAM приемник

След радиочестотния тунер на входа на QAM приемника постъпва аналогов сигнал с междинна честота (36,125 MHz). Съществуват два широко използвани метода за цифровизиране и обратно честотно преобразуване на аналоговия сигнал. В първия метод, междинночестотният сигнал се преобразува на втора междинна честота, равна на QAM символната скорост, преди да бъде извършена цифровизацията. Процесът на обратно честотно преобразуване обикновено изисква използване на ПАВ филтър, усилвател с програмируемо усилване – УПУ (PGA – Programmable Gain Amplifier), генератор управляван от напрежение – ГУН (VCO – Voltage-controlled Oscillator) или цифрово управляван генератор – ЦУГ (NCO – Numerically Controlled Oscillator) и суматор. Изхода на суматора е свързан към аналогово-цифров преобразувател – АЦП (ADC – Analog-to-digital Converter) с 10 бита разрешаваща способност. Филтърът с ПАВ осигурява необходимото регулируемо усилване (до 20 dB) преди аналогово-цифровия преобразувател. АЦП дискретизира входния сигнал с честота на дискретизация по-висока от символната скорост обикновено с 4 пъти.

Необходимо е да се отбележи, че сигналите за грешка, генерирани от обратната верига за приемане и следене, могат да се използват например за управление на два ГУН (VCO) или ЦУГ (NCO). За настройка на входната носеща честота и точност на синхронизацията (фиг. 4.33). Във втория метод, който се нарича директна дискретизация на междинната честота, сигналът с междинна честота се пропуска през ПАВ филтър и усилвател с програмируемо усилване, преди да бъде директно цифровизиран чрез 10-битов АЦП. Цифровизираният сигнал се разделя на I и Q компоненти, които се филтрират през два

SRRC филтъра. Тъй като приетия дискретен сигнал може да е с фазови грешки, се използва фазо-възстановяваща обратна връзка за оценки на фазовата амплитуда и фазовия ъгъл на носещата и подходяща компенсация. Блокът за приемане и следене реализира обратна връзка за възстановяване носещата честота и синхронизацията.

Един от първите компоненти в QAM приемника е адаптивния еквалайзер (АЕ – Adaptive Equalizer). Той е проектиран да адаптира своите коефициенти с цел минимизиране на междусимволната интерференция, получена от линейни амплитудни и фазови изкривявания в канала, които не могат да бъдат отстранени от SRRC филтрите.

С цел да се компенсират каналните линейни смущения, първо е необходимо да се определи текущата импулсна характеристика на канала и да се настрои съответно изравняващия филтър в приемника, за да се изравни нивото на канала. Процесът се заключава в адаптиране коефициентите на изравняващия филтър, за да се минимизира ефекта от междусимволната интерференция в изхода на приемника. Адаптацията на еквалайзера се управлява от сигнала на грешка от устройството за вземане на решения, който указва на еквалайзера посоката, в която трябва да се променят неговите коефициенти с цел по-точно представяне на информационните символи на входа на устройството за вземане на решения. Има 3 основни подхода за решаване на проблема с изравняването:

- линейно изравняване;
- изравняване с решение по обратна връзка;
- прекодиране на предавателя.

Възстановяването на носещата честота, както и на символната честота на дискретизация е една от основните операции в QAM приемника. Това е така, защото QAM приемника работи в среда с множество смущения, които съществуват по кабелната телевизионна преносна мрежа.

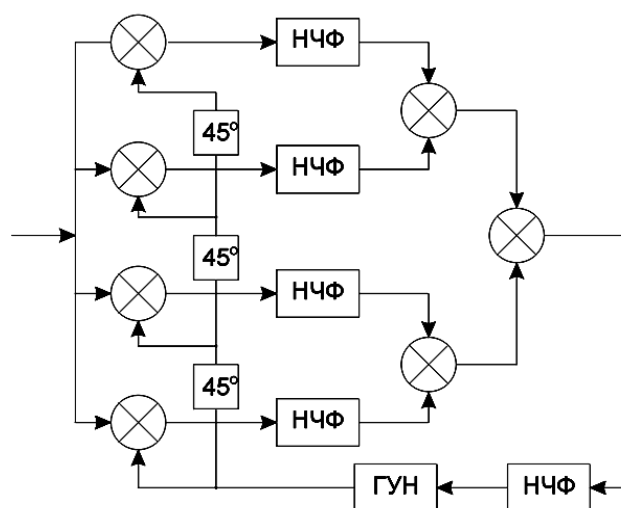
Когато QAM сигналът се детектира в приемника, дискретните точки от QAM съзвездието се въртят с фиксирана фазова грешка. Следователно целта на обратната верига за възстановяване на носещата е да минимизира фазовата грешка, извличайки носещата честота и фаза и да позволи на QAM приемника да продължи с процеса на демодулация.

Методите за възстановяване на носещата може да се класифицират на метод с положителна обратна връзка и метод с отрицателна обратна връзка.

В метода с положителна обратна връзка, веригата за възстановяване на носещата честота генерира сигнал, който е 4 пъти носещата честота ($4f_c$), който след това се филтрира през лентов филтър или PLL система. Този метод е подходящ за QPSK модулация.

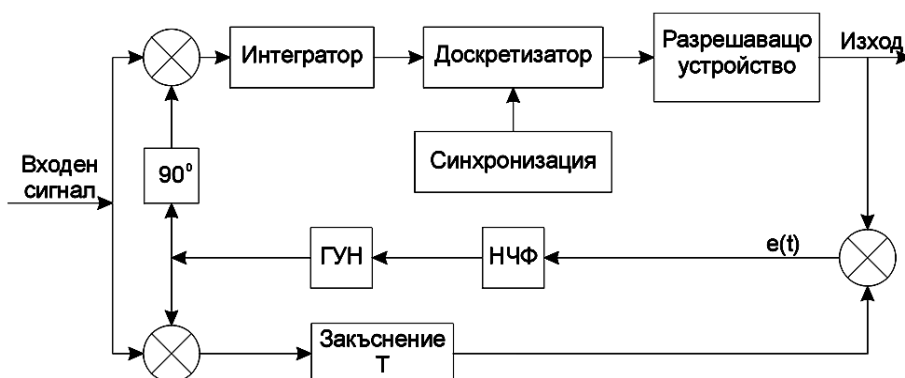
Методите с отрицателна обратна връзка може да се разделят на две основни категории: с обратна връзка на Костас и с обратна връзка с директно решение.

Фиг. 4.34 показва блокова диаграма на обратна верига на Костас от четвърти ред за възстановяване на носещата. Нека θ_e е фазовата грешка между приетия сигнал и генерираният от ГУН (VCO) сигнал с носеща честота f_c . Приетият сигнал се разделя в потока, като всеки поток се умножава със сигнала от ГУН със съответно 0° , 45° , 90° и 135° фазово отместване. Потоките се филтрират през нискочестотен филтър. Изчислената фазова грешка на изхода на фазовия детектор, който управлява ГУН за да изравни фазата на приетия сигнал, е пропорционална на $4 \theta_e$.



Фиг. 4.34. Схема на Костас за възстановяване на носещата честота

Блокова схема на обратна връзка с директно решение е показана на фиг. 4.35. Приетият сигнал се умножава с квадратурните носещи, които се получават от изхода на ГУН. Резултатният сигнал се дискретизира и пропуска през разрешаващото устройство, където се взема решение за символ на всеки T секунди. Сигналът на грешка се филтрира през НЧФ и служи за управление на ГУН. Втората квадратурна компонента на дискретния сигнал се прекарва през закъснителна линия на T секунди за да позволи на разрешаващото устройство да вземе решение.



Фиг. 4.35. Схема за възстановяване на носещата честота с обратна връзка с директно решение

Този метод осигурява по-малка вариация на грешката в сравнение с обратната верига на Костас.

Блокът за възстановяване на тактовата честота в QAM приемника генерира тактов сигнал на символната скорост R_S или кратна на R_S от приетия сигнал. Тактовия сигнал се извлича от приетия модулиран сигнал. Тактовия сигнал се използва за синхронизация на приемника.

Останалите процеси на обработка на приетите в главната станция сигнали като цяло са с обратното значение на посочените.

4.9.5. Обработка на сигналите в абонатната част

В DVB-S приемното устройство се осъществяват обратните операции (фиг. 4.36). Отделеният в тунера на приемника сигнал се преобразува в сигнал с междинна честота и постъпва за обработка. От QAM модулирания сигнал с междинна честота най-напред се отделя сигналът с носеща честота и се формират тактови импулси. От демодулирания

сигнал се получават I и Q цифровите поредици, в блока за диференциално декодиране се определя стойността на двата най-старши бита от всеки символ и след това се декодира целия символ и се възстановява цифровата поредица, т.е. от символната поредица се получава байт-поредица (Symbol to byte mapping), която се подава на блока за възстановяване разместването на битовете (Deinterleaving). След това в Reed-Solomon-декодер се осъществява корекция на грешките при приемането. В следващ блок се възстановява цифровата поредица в състоянието, преди изравняването на енергията на сигнала (Energy Dispersal Removal) и полученият цифров поток постъпва на MPEG-2 декодер.

Приемникът може да има и възможност за поставяне на смарт карта (Smart Card) за декодиране (отключване) на криптирани програми.

Честотната лента, която заема QAM модулираният цифров сигнал е:

$$(4.9) \quad F = (1 + \alpha)R_S,$$

където R_S е скоростта на символ-потока, α - коефициентът на склона на Найкуист ($\alpha = 0,15$).

От горната зависимост се определя, че в 8 MHz честотна лента може да се предават до $6,96 \cdot 10^6$ символа. Следователно бруто-скоростта на цифровия поток се определя от равенството:

$$(4.10) \quad (V_{bit})_{бруто} = m \cdot \frac{6,96 \cdot 10^6 \text{ bit}}{s},$$

където m е броят на предаваните бита за символ и зависи от избрания тип модулация. Например при 64-QAM числото m е равно на 6 и съответно се получава:

$$(4.11) \quad (V_{bit})_{бруто} = 6 \cdot 6,96 \cdot 10^6 = \frac{41,76 \cdot 10^6 \text{ bit}}{s} = \frac{41,76 \text{ Mbit}}{s}.$$

След RS-кодера се добавят допълнителни битове за защита от грешки и общата скорост на цифровия поток се повишава, а нето-скоростта се намалява с коефициента $R_{RS} = 188/204 = 0,922$:

$$(4.12) \quad (V_{bit})_{нето} = R_{RS} \cdot (V_{bit})_{бруто} = 0,922 \cdot (V_{bit})_{бруто}.$$

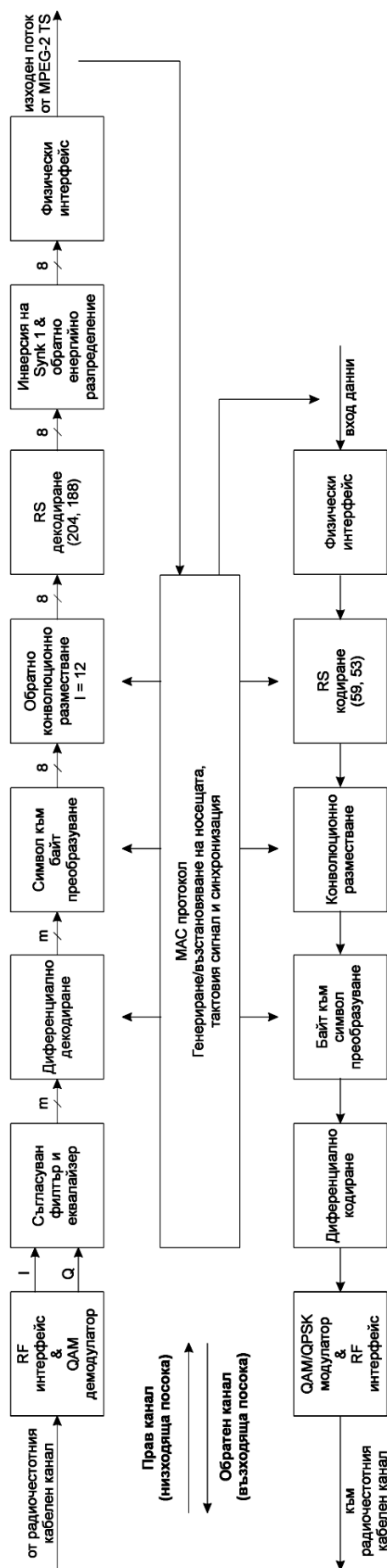
В таблица 4.7 са дадени стойностите на бруто и нето скоростите на цифровия поток при различните видове QAM модулация.

Таблица. 4.7. Скорост на цифровия поток в кабелните разпределителни мрежи в зависимост от модулацията

Модулация	бит/за символ	коефициент ϵ (bit/s)/Hz	$(V_{bit})_{бруто}$ Mbit/s	$(V_{bit})_{нето}$ Mbit/s
16-QAM	4	3,2	27,84	25,67
32-QAM	5	4	34,8	32,09
64-QAM	6	4,8	41,76	38,5
256-QAM	8	6,4	55,68	51,34

Вижда се, че при 64-QAM, при която $(V_{bit})_{нето} = 38,50$ Mbit/s. в кабелната разпределителна мрежа може да се предаде директно цифровия поток на букет програми от спътников канал с широчина на честотната лента 27 MHz. При сигнал, приет от спътников канал с честотна лента 36 MHz, в кабелната мрежа може да се предаде цифровия поток само ако степента на кода R_C не превишава стойността $2/3$.

В кабелните разпределителни мрежи може да се пренася и DVB-T сигнал. Това рядко се практикува поради по-ниската спектрална ефективност на DVB-T.



Фиг. 4.36. Процеси на обработка в абонатната част

4.9.6. Стандарт DVB-C2

След утвърждаването на стандарта DVB-S2 и успешното внедряване на DVB-T2, през 2009 г. бе завършена разработката на стандарта DVB-C2.

Новият стандарт използва всички предимства на стандарта DVB-T2, като ги прилага и в пренасянето на цифрови телевизионни програми в кабелните телевизионни мрежи. В табл. 4.8 са показани разликите между DVB-C и DVB-C2.

Таблица 4.8. Сравнение на основните параметри на DVB-C и DVB-C2

Параметър	DVB-C	DVB-C2
Входен сигнал	MPEG-2 транспортен поток	Съставен транспортен поток
Режим	Неизменно кодиране и модулация	Променливо кодиране и модулация и адаптивно кодиране и модулация
Защита от грешки	Рид-Соломон кодиране	LDPC+ BCH
Разместване на бит-информацията	Разместване на битовете по време	Разместване на битовете по време и разместване по честота
Модулация	m-QAM с един подносителен сигнал	COFDM с 4096 подносителни сигнала
Пилотни сигнали	Не се използват	Постоянни и плаващи пилотни сигнали
Защитен интервал	Не се използва	1/64 или 1/128
Схема на модулацията	от 16-QAM до 256-QAM	от 16-QAM до 4096-QAM

Вижда се, че основната разлика е в това, че вместо m-QAM с един подносителен сигнал се използва COFDM с 4096 подносителни сигнала (режим 4k). Подносителните сигнали са модулирани с QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM, 1024-QAM и 4096-QAM. При 1024-QAM всеки символ, който модулира подносителните сигнали, носи 10 бита информация, а при 4096-QAM – 12 бита. Използването на такива ефективни модуляции е възможно в кабелните мрежи, които са затворени системи и се характеризират с високо отношение сигнал/шум и липса на отразени сигнали.

Друга разлика с DVB-C е в защитата от грешки. Вместо Reed-Solomon-кодиране се използва двустепенно кодиране BCH + LDPC. Степента на LDPC кода R може да приема следните стойности: 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 и 9/10. Стойността 1/2 се използва само за защита от грешки на заглавието на OFDM рамката. Сравнително силната защита от грешки и ефективната модулация позволява обемът на предаваната в канала за връзка информация да се доближи до теоретичната граница на Шенон. При отношение сигнал/шум 35 dB и модулация 4096-QAM скоростта на цифровия поток надхвърля 80 Mbit/s. Тази висока скорост може да позволи пренасянето на голям брой HDTV програми, както и реализирането на услугата "видео по поръчка".

Третата разлика с DVB-C е в това, че вместо един общ транспортен цифров поток се предават един или повече отделни транспортни потоци (стандартът не ограничава техния брой). Всеки транспортен поток се кодира отделно, като се подлага на следните операции – BCH кодиране, LDPC кодиране, разместване на битовете, формиране на рамката. Информацията се пренася в BB рамки с продължителност 64800 и 16200 бита. Всички операции са аналогични на съответните в стандарта DVB-T2.

В табл. 4.9 са дадени OFDM параметрите при DVB-C2. В тази таблица елементарният период T е равен на 7/64 μ s. Защитният интервал може да приема две стойности – 7 μ s (1/64) и 3,5 μ s (1/128).

Таблица 4.9. OFDM параметри при DVB-C2 (8 MHz канал)

Параметър	$\Delta/T_U = 1/64$	$\Delta/T_U = 1/128$
Брой на подносителните сигнали в един блок	3408	3408
Заемана честотна лента, MHz	7,61	7,61
Продължителност на OFDM символа T_U , μ s	448	448
Продължителност на OFDM символа T_U	4096T	4096T
Продължителност на защитния интервал Δ , μ s	7	3,5
Продължителност на защитния интервал Δ	64T	32T

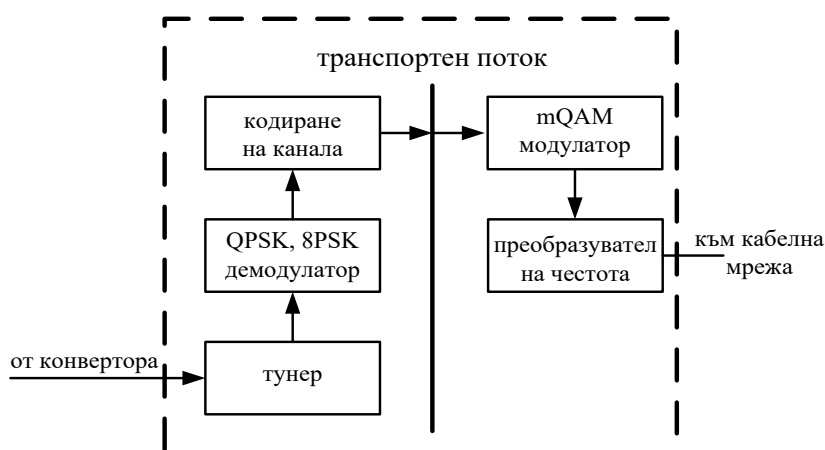
4.10. Приемане на спътникови телевизионни програми в главните станции на кабелните мрежи и тяхното преобразуване

4.10.1. Трансмодулатори

В кабелните телевизионни мрежи понастоящем се пренасят голям брой програми, основната част от които се приемат от съобщителни спътници. Затова в Главните станции на кабелните мрежи основна част са приемни устройства за спътникови телевизионни програми.

В спътниковите предавания на цифровите радио и телевизионни програми се използва QPSK или 8PSK модулация, а в кабелните мрежи – mQAM ($m=16,32,64,128,256$). Това налага да се смени модулацията, за да може приетият от съобщителните спътници сигнал да се пренася в кабелните мрежи. За тази цел съществуват разни апаратури, които в различна степен решават проблемите за пренос на телевизионни програми в кабелните мрежи.

В най-простия случай се използват трансмодулатори, които сменят типа на модулацията в приетия от спътника сигнал – от QPSK в mQAM (фиг. 4.37). Този вид трансмодулатори имат тунер с помощта на който се настройват на желан транспондер.



Фиг. 4.37. Трансмодулятор QPSK, 8PSK/mQAM

Табл. 4.10. Скорост на цифровия поток при различни честотни ленти на транспондерите в зависимост от скоростта на конволюционния код R_C при спътниково пренасяне на телевизионни програми с QPSK модулация

Честотна лента, MHz	V_s , Mbaud	$(V_{bit})_{\text{бруто}}$ Mbit/s	$R_C = 1/2$ $(V_{bit})_{\text{нето}}$ Mbit/s	$R_C = 2/3$ $(V_{bit})_{\text{нето}}$ Mbit/s	$R_C = 3/4$ $(V_{bit})_{\text{нето}}$ Mbit/s	$R_C = 5/6$ $(V_{bit})_{\text{нето}}$ Mbit/s	$R_C = 7/8$ $(V_{bit})_{\text{нето}}$ Mbit/s
72	56.3	112.6	51.88	69.18	77.83	86.47	90.80
54	42.2	84.4	38.89	51.85	58.33	64.81	68.05
48	35.9	71.8	33.08	44.11	49.63	55.14	57.90
40	31.30	62.60	28.85	38.46	43.27	48.08	50.48
36	28.10	56.20	25.90	34.53	38.84	43.16	45.32
33	25.80	51.60	23.78	31.70	35.66	39.63	41.61
30	23.40	46.80	21.56	28.75	32.35	35.94	37.74
27	21.10	42.20	19.45	25.93	29.17	32.41	34.03
26	20.30	40.60	18.71	24.94	28.06	31.18	32.74

Приетият сигнал с QPSK модулация се демодулира и отново се модулира с mQAM модулаци. В демодулирания цифров поток се отстраняват битовите от външната и вътрешната защита от грешки (от Рид-Соломон кодирането и от конволюционното кодиране), след което сигналът се подлага на операцията „кодиране на канала“, при която

се въвежда външна защита от грешки (в стандарта DVB-C се използва само външна защита от грешки чрез кодиране по Рид-Соломон). Видът на mQAM модулацията се избира в зависимост от скоростта на цифровия поток в приетия сигнал. Модулирания с mQAM модулация сигнал с потиснат носещ сигнал се предава в един от телевизионните канали в обхвата от 47 до 862 MHz.

Табл. 4.11. Скорост на цифровия поток при различни честотни ленти на транспондерите в зависимост от скоростта на конволюционния код R_C при спътниково пренасяне на телевизионни програми с 8PSK модулация

Честотна лента, MHz	$R_C = 2/3$ Mbit/s	$R_C = 5/6$ Mbit/s	$R_C = 8/9$ Mbit/s
72	98,30	122,87	131,07
54	73,72	92,15	98,30
36	49,15	61,44	65,53
33	45,05	56,31	60,07
27	36,86	46,07	49,15

Табл. 4.12. Скорост на цифровия поток в кабелните разпределителни мрежи в зависимост от модулацията

Модулация	V_s , Mbaud	$(V_{bit})_{\text{бруто}}$ Mbit/s	$(V_{bit})_{\text{нето}}$ Mbit/s
16-QAM	6,96	27,84	25,66
32-QAM	6,96	34,80	32,07
64-QAM	6,96	41,76	38,48
256-QAM	6,96	55,68	51,31

Обикновено трансмодуляторите се произвеждат с възможност за приемане на сигналите от два транспондера и трансмодулирането им в два телевизионни канала в кабелните мрежи.

В табл. 4.10 и табл. 4.11 са дадени максималните скорости на цифровия поток при различни честотни ленти на транспондерите в зависимост от скоростта на конволюционния код R_C при спътниково пренасяне на телевизионни програми, а в табл. 4.12 – скоростите на цифровия поток в един телевизионен канал с честотна лента 8 MHz в кабелните разпределителни мрежи при различна модулация. От таблиците се вижда, че при модулация 64-QAM в кабелната мрежа може да се предаде цифров поток с бруто скорост 41,76 Mbit/s, което съответства на информацията, предавана в транспондер с честотна лента 55,68 Mbit/s – т.е. информацията от транспондер с честотна лента 33-34 MHz. В най-често срещания случай скоростта на $(V_s)_{\text{бруто}}$ на символния поток в спътниковите системи е 27500 MS/s при $R_C=3/4$, или $(V_s)_{\text{бруто}} = 30000 \text{ MS/s}$ при $R_C = 7/8$. В тези случаи бруто скоростта на цифровия поток е:

$$(V_{bit})_{\text{нето}} = 2 \cdot (V_s)_{\text{бруто}} R_{RS} R_C = 2 \cdot 27500 \cdot \frac{188}{204} \cdot \frac{3}{4} = 34015 \text{ kbit/s},$$

И в първия случай цифровият поток може да се предаде в кабелните мрежи с използването на 64-QAM модулация, а във втория случай – с използването на 256-QAM.

Предимството на използването на трансмодулатори е:

- ниска цена на трансмодуляторите;
- целия пакет от програми в транспондера се предава и в кабелната мрежа.

Недостатъците на използването на трансмодулатори е:

- няма възможност за редактиране на съдържанието на пакета от спътниковия транспондер и той изцяло се пренася в кабелната мрежа;
- всички PSI/SI таблици на служебната информация се предават без изменение в кабелната мрежа, а те носят атрибутите на спътниковия предавател;

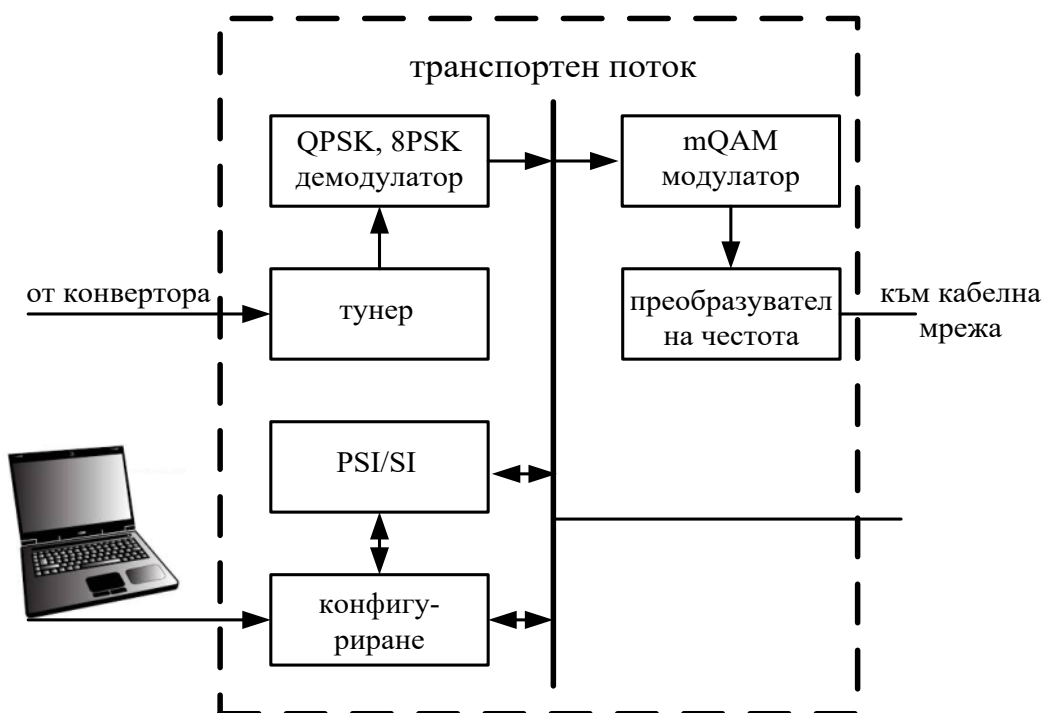
- криптираните програми също остават в състоянието, в което се предават от спътника.

Броят на необходимите трансмодулатори се определя от броя на транспондерите, които трябва да се предават в кабелните мрежи – т.е. броят на трансмодулаторите е равен на броя на използваните телевизионни канали.

4.10.2. Трансмодулатори с възможност за редактиране на PSI/SI таблиците

За целите на управлението на приемната страна в стандартите MPEG-2 е предвидено предаването на специфични за програмата данни *PSI (Programme Specific Information)*, допълнени със служебна информация *SI (Service Information)*. Двете форми на предаване на управляваща сервизна информация са известни под названието служебна информация. Тази служебна информация играе ролята на заглавие на контейнера от данни и образува канал за управление на системата за цифрово телевизионно разпръскване.

За да може да се редактират таблиците на служебната информация към трансмултиплексорите се предвижда включването на компютър (фиг. 4.38).



Фиг. 4.38. Трансмодулатор с възможност за редактиране на PSI/SI таблиците и с декрептиране на програмите

Данните в служебната информация PSI и SI са организирани във вид на таблици. Всяка таблица съдържа данни, необходими за управлението на дадена функция в приемното устройство. Част от таблиците са много малки по обем, други са сравнително обемни – от няколко килобайта до 2-3 мегабайта.

Специфичната информация за програмите PSI съдържа информация, необходима за автоматичното конфигуриране на приемника, за демултиплексиране на отделните цифрови потоци на отделните програми и служби и за декодиране на видео и звуковата информация. PSI се предава в четири таблици – PMT, PAT, CAT и NIT.

PMT (Program Map Table - таблица за структура на програмите). Тази таблица съдържа програмна идентификация (Program Identification) за всички компоненти на дадената програма – видео, звук, данни и указва местоположението за цифровите потоци за отделните компоненти на програмата.

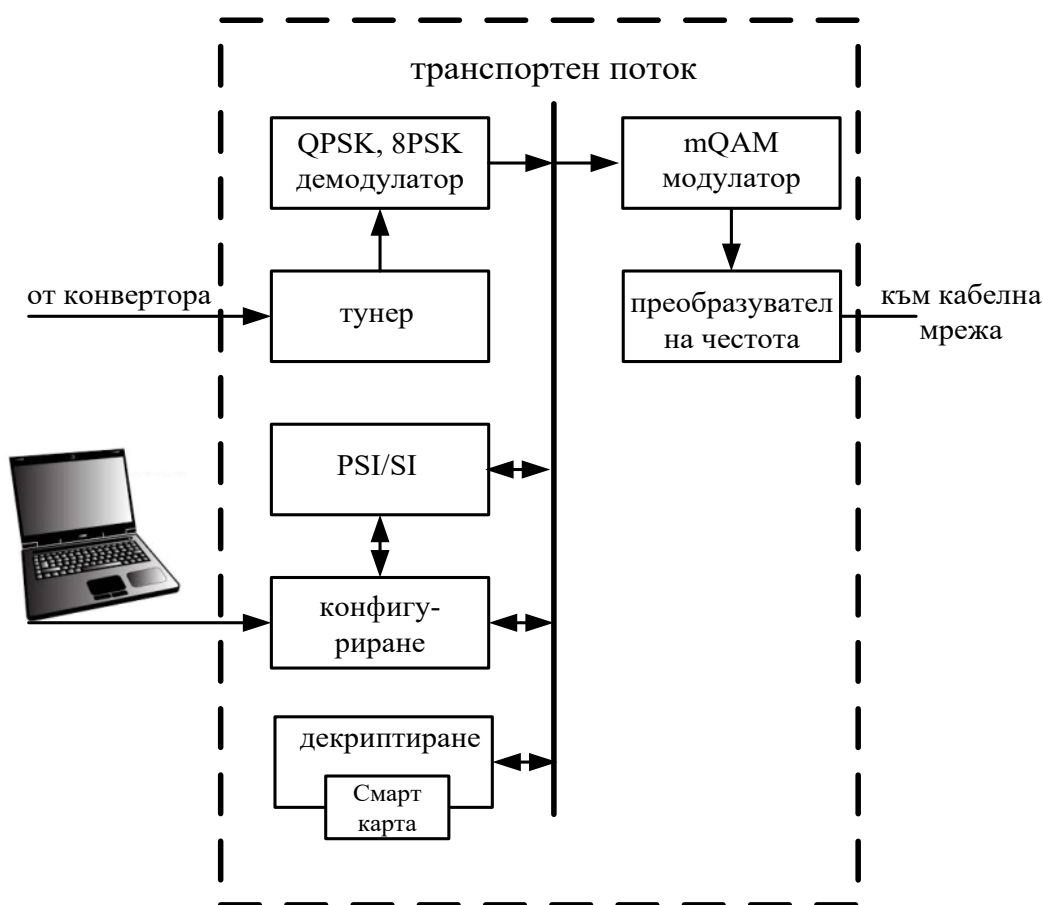
PAT (Program Association Table – таблица за взаимовръзката между програмите). Съдържа идентификатори за всички програми, предавани в дадения транспортен поток. В таблиците PAT се указва местоположението на съответните таблици PMT в транспортния поток за всички служби. Указва се също и местоположението на таблиците за информация на мрежите NIT.

CAT (Conditional Access Table – таблица за ограничаване на достъпа). Таблицата съдържа PID-овете на всички програми, които имат ограничение на достъпа (например на платените програми).

NIT (Network Information Table – таблица за информация за мрежата). В таблицата се дава информация за физическите мрежи (параметрите на системата за предаване на данните) - широчина на канала, номер на транспондера, честота, използвана модулация, степен на защита от грешки, позиция на спътника и т.н. Тази таблица се попълва от оператора на мрежата и служи за настройка на приемника.

Допълнителната служебна информация SI служи за описание на техническите атрибути за всяка от службите, достъпни за индивидуалните потребители. Информацията SI е необходима, за да могат потребителите да идентифицират службите, пренасяни в транспортния поток в различните мрежи. Информацията е структурирана в десет таблици.

За да работи ефективно приемното устройство, таблиците на служебната информация трябва да се предават достатъчно често. Но от друга страна честото повтаряне на таблиците повишава общия обем цифрова информация и увеличава скоростта на цифровия поток. Оптималното време за повторение на таблиците от служебната информация е регламентирано от DVB стандартите ETR290 и ISP/IEC13818.



Фиг. 4.39. Трансмодулатор с декриптиране на заключените телевизионни програми

Служебната информация се включва в състава на транспортния поток. Съдържанието на таблиците се въвежда чрез компютъра на системата за управление. В

зависимост от софтуера на мултиплексора част от таблиците могат да се съставят автоматично.

Възможността за редактиране на PSI/SI таблиците позволява да се „забраняват“ част от програмите в транспондера, като транспортният поток остана неизменен. Освен това PSI/SI таблиците след редактирането носят информация за кабелната мрежа.

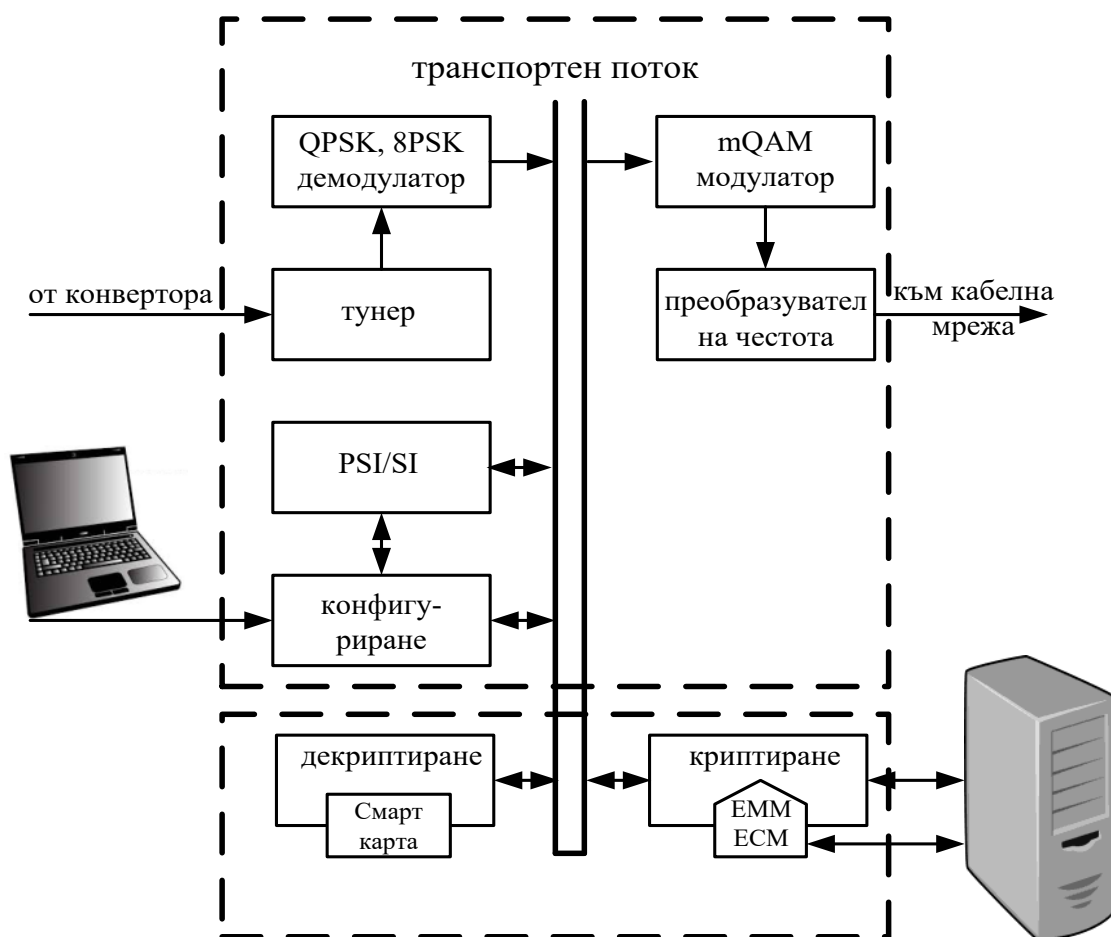
Предимствата на трансмодулаторите с редактиране на PSI/SI таблиците е:

- може да се определя кои програми да се приемат в кабелната мрежа;
- PSI/SI таблиците носят атрибутите и информацията за кабелната мрежа.

Недостатъците са:

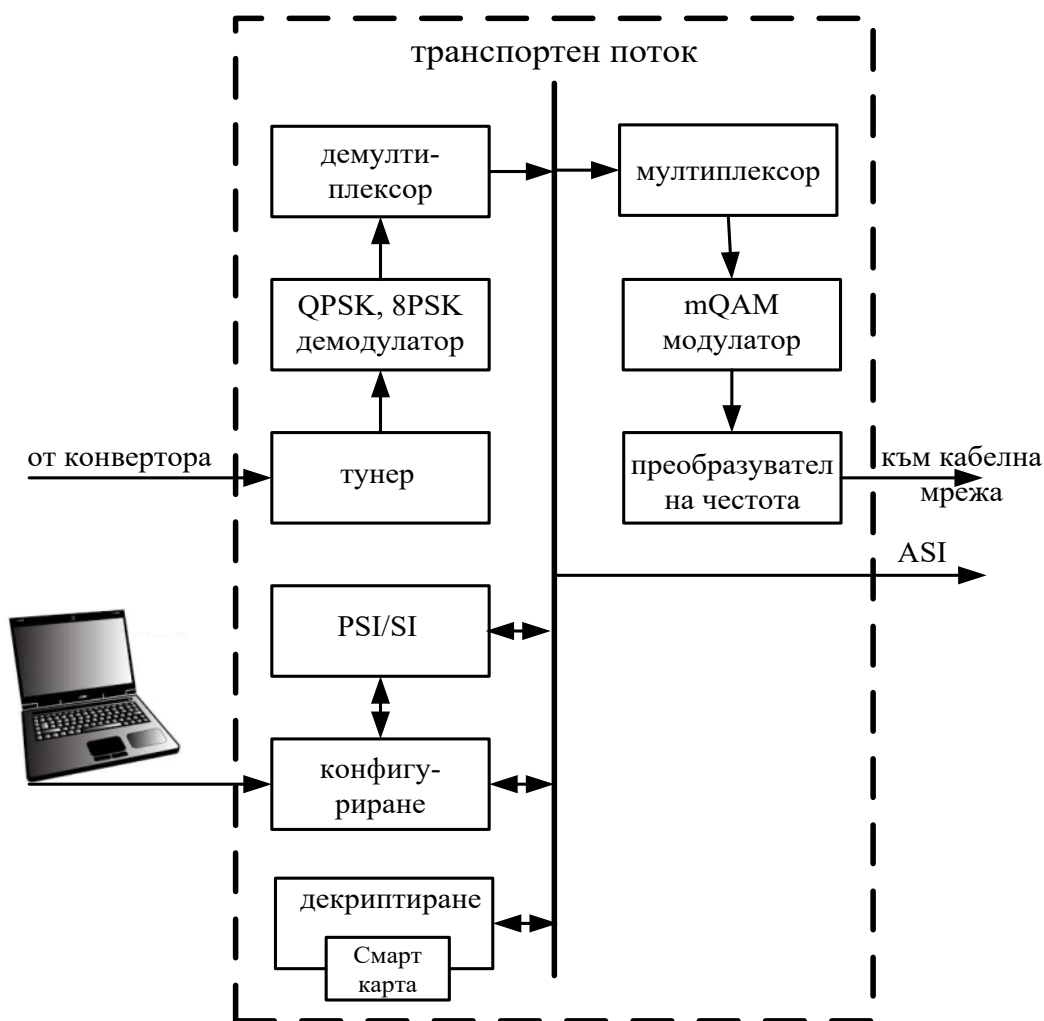
- телевизионният канал се използва за пренасяне на по-малък брой телевизионни програми от капацитета на телевизионния канал.

Обикновено трансмодулаторите с възможност за редактиране на PSI/SI таблиците имат възможност за включване на смарт-карта (чрез SI) и по този начин да се декодират заключените програми (фиг. 4.39). За ново кодиране на програмите в трансмодулатора трябва да е предвиден съответен блок. По-често блокът за кодиране е оформен като отделен възел и към него се подава транспортният поток в ASI интерфейс. Модулирането с QAM модулация се осъществява след блока за кодиране.



Фиг. 4.40. Трансмодулатор с възможност за декодиране и кодиране на телевизионните програми

Броят на необходимите трансмодулатори се определя от броя на транспондерите, които трябва да се предават в кабелните мрежи – т.е. броят на трансмодулаторите е равен на броя на използваните телевизионни канали.



Фиг. 4.41. Трансмуплексор – от телевизионните програми на един или от няколко (например от шест) входни транспортни потока се формира един изходен транспортен поток

4.10.3. Трансмуплексори и ремуплексори

Използването на трансмуплексори позволява от един или от няколко транспортни потока да се конфигурира нов транспортен поток (фиг. 4.41). Трансмуплексорите имат един или няколко спътникови тунера (обикновено броят им не надхвърля 6) същия брой демодулатори и демуплексори. Програмното осигуряване на трансмуплексорите позволява от приетите транспортни потоци да се образува нов транспортен поток, който да се предава в един телевизионен канал от кабелната мрежа. Когато трансмуплексорът има само един тунер, то в изходния транспортен поток се включват програмните потоци само на избраните телевизионни програми. При повече от един входни транспортни потока (т.е. при наличие на повече от един тунер) в изходния транспортен поток може да се включват избрани програмни потоци от отделните входни транспортни потоци и по този начин да се формира нов пакет от телевизионни програми. Управлението на трансмуплексора става чрез блока „Конфигуриране“ от външен компютър.

Като опция към трансмуплексорите е включването на QAM модулатор.

Предимството на трансмуплексорите е:

- възможност за формиране на пакет програми от по-голям брой спътникови транспондера;

- възможност за декриптиране на програмите и възможност за редактиране на PSI/SI таблиците.

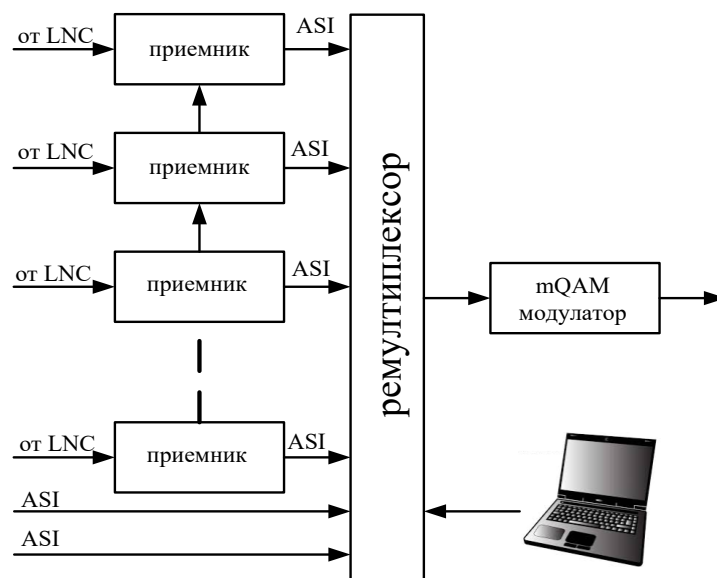
Недостатъкът на трансмултиплексорите е:

- по-високата цена
- невъзможност за включване на други програми или видео по поръчка.

Броят на трансмултиплексорите е равен на броя на пакетите (на телевизионните канали), които трябва да се формират.

Понастоящем се произвеждат трансмултиплексори, които могат от 4 до 24 транспондера да формират от 1 до 12 телевизионни канала (в различните варианти). Тези трансмултиплексори преобразуват DVB-S (QPSK) или DVB-S2 (8PSK) в DVB-C (QAM).

Най-гъвкавият метод за формиране на нов транспортен поток от няколко транспортни потоци е използването на ремултиплексори и приемни устройства (демоулатори) за всяка една програма, или за пакет програми – фиг. 6. Приемниците трябва да са с ASI изход. Броят на ремултиплексорите е равен на броя на телевизионните канали (на броя на пакетите, които ще се формират). Броят на приемниците е равен на броят на отделните програми или на пакетите от програми, от които ще се формира новия пакет.



Фиг. 4.42. Използването на ремултиплексор позволява да се формира изходен транспортен поток от еднопрограмен или многопрограмен входни транспортни потоци

Предимствата на схема с приемници и ремултиплексор са:

- гъвкавост при формиране на пакета от телевизионни и радиопрограми;
- възможност за включване на допълнителни програми.

Броят на входовете на ремултиплексорите обикновено е 8 или 10.

4.10.4. Програмируеми главни станции за кабелна телевизия

Производството на платки трансмултиплексори позволява да се изградят главни станции с много големи възможности, при които чрез програмиране може да се избира вида на входния и на изходния сигнал. Към тези главни станции могат да се включат до 10000 абоната. Подходящи са за използване в хотели, сгради със съществуващи колективни антенни системи, жилищни квартали и средни по големина селища.

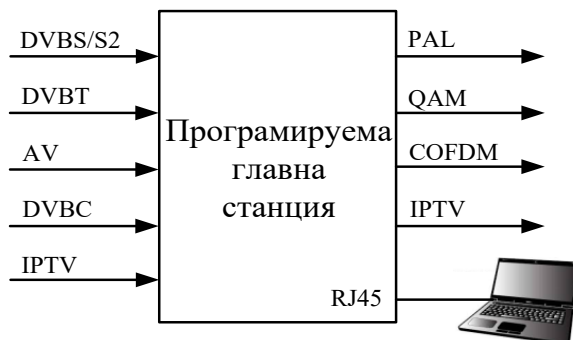
Входните сигнали могат да се избират в един от следния вид: DVB-S/S2 (QPSK, 8PSK), DVB-T (COFDM), аналогов вход звук-видео, DVB-C (QAM) или интернет. В зависимост от вида на входните сигнали се включват съответните платки. Входният сигнал може да се декриптира.

Изходният сигнал може да се избира от следните варианти:

- аналогов PAL сигнал модулиран в до 72 телевизионни канали в обхвата 47 – 862 MHz;
- цифров сигнал по стандарта DVB-T QPSK, 16QAM, 64QAM в 51 телевизионни канала със средна честота в обхвата от 50,5 - 858 MHz;
- IPTV оптичен сигнал със скорост на цифровия поток 1 Gbit/s.

Изходният сигнал може да се криптира. Предвидено е редактиране на таблиците на служебната информация.

Програмирането се осъществява чрез компютър, включен чрез RJ45 интерфейс (фиг. 4.43).



Фиг. 4.43. Използването на платки с трансмултиплексори позволява да се изградят главни станции, в които входните и изходните сигнали могат да се избират

4.11. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали чрез наземни мрежи – DVB-T

Наземното телевизионно разпръскване DVB-T на цифрови телевизионни програми поставя следните изисквания:

- цифровата TV система да е съвместима със съществуващата наземна система за телевизионни програми с честотна лента на един канал съгласно стандартите от 6 MHz, 7 MHz и 8 MHz;
- да е съвместима с DVB-S и DVB-C системите, което позволява оптимизиране на използваната приемна техника;
- цифровите сигнали да се приемат със съществуващите стационарни и мобилни системи;
- да е съобразено с ограничения брой канали за излъчване на телевизионните програми.

За реализиране на посочените условия се използва многоканална разпръсквателна наземна система (MMDS), която работи в честотните обхвати от 2,5 GHz до 2,7 GHz, от 10,9 GHz до 11,7 GHz, от 20 GHz до 22,5 GHz и от 40 GHz до 42,5 GHz .

MMDS системите излъчват телевизионни програми приети от DVB-S системите от формирани на място студийни програми.

Кодирането на източник и кодирането на канала при DVB-T системите съвпада с кодирането при DVB-S разпространението на цифровите програми.

За отстраняване на появата на грешки при многолъчевото разпространение на сигналите при DVB-T се използва COFDM модулация, което подобрява използването на честотната лента за пренос. За модулиране на отделните подносещи честоти при COFDM модулацията се използват следните видове цифрови модуляции – QPSK, 16 QAM, 64 QAM.

DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial* - Цифрово видео радиоразпръскване - наземно) е стандарт, дефиниран от европейския консорциум DVB. Той определя изискванията за наземно цифрово излъчване на телевизионни програми. Първата версия на стандарта е публикувана през 1997 г., а първото излъчване по този стандарт е осъществено във Великобритания през 1998 г. Основната същност на DVB-T стандарта е, че няколко

телевизионни програми се разпространяват едновременно в един комплексен цифров информационно-програмен пакет – мултиплекс.

Стандартът DVB-T е сертифициран и публикуван от Европейския институт по стандартизация в далекосъобщенията (ETSI) под номер EN 300 744. Допълнително в техническата спецификация ETSI TS 101 154 относно използването на видео и аудио кодирането в радиоразпръскването са публикувани детайлните технически параметри на двете методики за кодиране на транспортния поток: по-старата MPEG-2 и съвременната H.264/MPEG-4 AVC.

Технологията DVB-T позволява многократно увеличаване на броя на излъчваните програми, както и приемането на HDTV картина. Наземното цифрово телевизионно радиоразпръскване осигурява телевизионни програми с по-високо качество на картината и звука. Освен това дава възможност и за допълнителни услуги, включително аудио описание, аудио субтитри, специализирани субтитри и жестомимичен език за хората с увреждания. Стандартът DVB-T се използва се в различни Европейски, Азиатски и Африкански страни, също и в Австралия, като стандарт за наземно цифрово телевизионно радиоразпръскване.

4.11.1. Стандарт DVB-T2

След успешното внедряване на стандарта **DVB-S2** актуално стана и подготовката на нов стандарт за наземно разпръскване на цифрови телевизионни програми, който да заимства предимствата на **DVB-S2**. Новият **DVB-T2** стандарт е приет през 2008 г. Началото на използването му започва през 2010 г.

Изискванията, поставени при изработването на новия стандарт са: да повиши пропускащата способност на канала спрямо **DVB-T** при еднакви условия на предаване, да се подобри работата в едночестотни мрежи, да има възможност в един канал да се предават услуги с различна степен на защита от грешки и преди всичко да се запазят основните принципи на предаване както при **DVB-T**, за да се гарантира максималната съвместимост и използване на същите преносни и предавателни съоръжения.

В стандарта **DVB-T2** основните новости са заимствани от **DVB-S2** – формирането на пакетите с цифрова информация като Base Band пакети и използване на комбинация от BCH и LDPC кодове за защита от грешки. Повечето от новите решения са насочени към увеличаване на скоростта на предавания цифров поток – това са новите режими на работа с по – голям брой подносещи сигнали, новите стойности на защитния интервал и подреждането на пилотните сигнали. Основните разлики между **DVB-T** и **DVB-T2** са посочени в табл. 4.13.

Таблица 4.13. Основни разлики между параметрите на стандартите DVB-T и DVB-T2

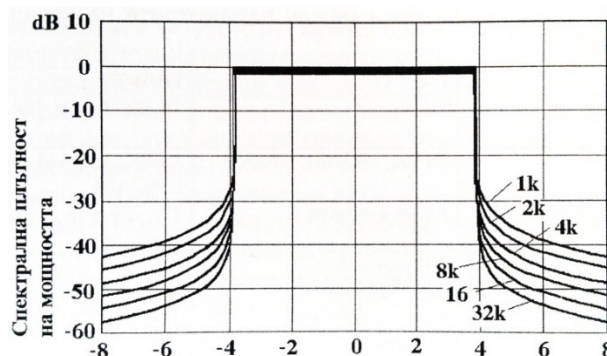
Параметър	DVB-T	DVB-T2
Режим (брой подносещи)	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Модулация	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Постоянен пилот	8% от символа	1%, 2%, 4%, 8% от символа
Плаващ пилот	2,6% от символа	0,35% от символа
Защита от грешки, степен на кода	Рис Соломон + конвулюционно кодиране, 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	BCH + LDPC 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Защитен интервал	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128

В стандарта **DVB-T2** се използва също **OFDM** модулация, но броят на подносещите сигнали е разрешен – добавени са режими 1k, 4k, 16k и 32k. Новите режими 16k и 32k имат много по – голям брой подносещи сигнали (табл. 4.14).

Таблица 4.14. OFDM параметри

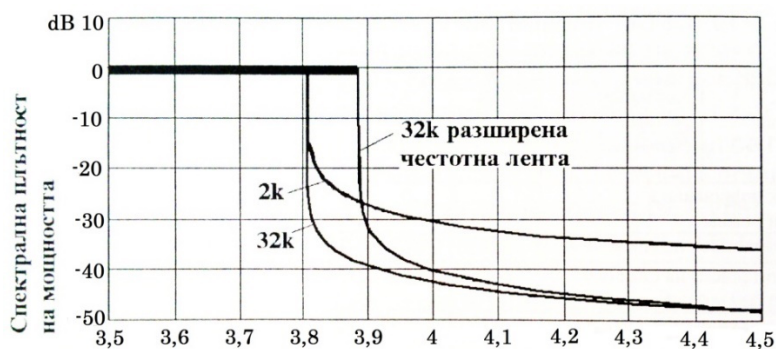
Параметър		1k	2k	4k	8k	16k	32k
Брой подносещи	Нормален режим	853	1 705	3 409	6 817	13 633	27 265
	Разширен режим	—	—	—	6 913	13 921	27 841
Добавени подносещи в разширен режим		0	0	0	48	144	288
Продължителност на символа T_U		1024T	2048T	4086T	8192T	16384T	32768T
Продължителност на символа T_U , ms		112	224	448	896	1 792	3 584
Отстояние между носещите Δf_T , kHz		8 929	4 464	2 232	1 116	558	279
Заста честотна лента ΔF , MHz	Нормален режим	7,612	7,612	7,612	7,612	7,612	7,612
	Разширен режим	—	—	—	7,71	7,77	7,77

Спадът на спектралните съставки извън честотната лента в тези режими е много по стръмен (фиг. 4.44).



фиг. 4.44. Теоретична форма на спектъра на DVB-T2 сигнала в 8 MHz телевизионен канал при защитен интервал $\Delta = 1/8$

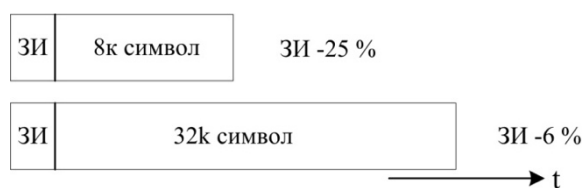
Това дава възможност в режимите 8k, 16k и 32k да се разшири заемащата честотна лента в рамките на телевизионния канал. Например при телевизионен канал със широчина от 8MHz заетата честотна лента от модулирания **DVB-T** сигнал е 7,612 MHz. Новият стандарт позволява заетата честотна лента да се разшири до 7,77MHz, като в режим 32k се добавят 288 подносещи. Това позволява с 2 % да се повиши скоростта на предавания цифров поток. На фиг. 4.45 е показан теоретичния спектър в режим 32k при нормална и разширена честотна лента.



фиг. 4.45. Теоретична форма на спектъра на DVB-T2 сигнала в режим 32k в 8 MHz телевизионен канал при защитен интервал $\Delta = 1/8$

Повишаването броя на подносещите сигнали увеличава и продължителността на символа. Благоприятният резултат от продължителния символ е това, че при запазване

продължителността на защитния интервал се намалява относителния му дял от общия обем на символа (фиг. 4.46). В резултат се повишава обема на полезната информация.



Фиг. 4.46

В стандарта **DVB-T2** са предвидени следните стойности на защитния интервал: 1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4 (табл. 4.15).

Таблица 4.15. Защитен интервал в DVB-T2 и допустимо разстояние между предавателите

Режим		Защитен интервал						
		1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
32к	ms	28	112	224	266	448	532	—
	km	8,6	33,6	67,2	79,8	134,4	159,6	—
16к	ms	14	56	112	133	224	266	448
	km	4,2	16,8	33,6	39,9	67,2	79,8	134,4
8к	ms	7	28	56	66,5	112	133	224
	km	2,1	8,4	16,8	19,95	33,4	39,9	67,2
4к	ms	—	14	28	—	56	—	112
	km	—	4,2	8,4	—	16,8	—	33,4
2к	ms	—	7	14	—	28	—	56
	km	—	2,1	4,2	—	8,4	—	16,8
1к	ms	—	—	7	—	14	—	28
	km	—	—	2,1	—	4,2	—	8,4

По – големият брой стойности на защитния интервал позволява да се подбере най – оптимална стойност в зависимост от големината на едночестотната мрежа. От друга страна режимите 16к и 32к дават възможност да се избере такъв защитен интервал, който да позволи изграждането на едночестотни мрежи върху големи площи. Например в режим 32к и защитен интервал 19/128 разстоянието между предавателите в едночестотната мрежа може да е до 160 км.

При **DVB-T2** поднасящите сигнали се модулират също с **QPSK**, **16QAM** и **64QAM**, но е добавена и модулация **256QAM**, при която всеки символ предава 8 бита информация и съответно скоростта на цифровия поток се повишава с 30 % (спрямо 64QAM).

В стандарта **DVB-T2** се използва също двустепенна система за защита от грешки – външна и вътрешна. Както и при **DVB-S2** за външна защита се използва BCH кодиране, а като вътрешна защита – **LDPC** кодиране. Тази комбинация позволява с 3 dB да се подобри отношението сигнал/шум при еднакъв брой битове на защита от грешки, в сравнение с **DVB-T** и съответно да се повиши пропускащата способност на канала с около 30 %.

Степента на **LDPC** кода **R** може да приема следните стойности: 1/4, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6. Стойностите 1/4 се използва само при рамки с дължина 16200 бита.

Стандартът **DVB-T2** предвижда възможността за различна степен на защита от грешки от отделните телевизионни програми. За да се осъществи тази възможност цифровият поток на всяка програма (услуга) се предава в отделен блок.

Цифровият поток в **DVB-T2**, също както и при **DVB-S2**, се предава в рамки, наричани **BB** рамки (от *Base Band* – **BBFRAME**). Всяка **BB** рамка има заглавие с от 80 бита (10 байта), от които един байт е синхронизация и един за защита от грешки. В заглавието се предава

информация за режима на използване на канала, за типа на цифровия поток, за режима на кодиране и модулация. Наличието на собствена защита от грешки гарантира надеждното приемане на заглавието и синхронизиране на режима на приемното устройство.

След **VB** рамката се добавят **BCH** – битовете за защита от грешки (**BCHFEC**) и **LDPC** – битовете за защита от грешки (**LDPCFEC**). Стандартът предвижда два вида рамки – нормална рамка с продължителност 64000 бита и съкратена рамка с продължителност 16200 бита. В табл. 4.16 са дадени параметрите на нормалната рамка, а в табл.4.17 – на съкратената рамка. От таблиците се вижда, че **BCH** кодът позволява в една рамка да коригират до 12 грешни бита. Допълнително добавените битове за **LDPC** кода са много на брой и се определят от степента на **LDPC** кода.

Таблица 4.16. Параметри на DVB-T2 рамката с дължина 64 800 бита

LDPC код	BCH некодирани блок K_{bch}	BCH кодиран блок N_{bch} LDPS некодирани блок K_{ldpc}	BCH коригирани грешки t	$N_{bch} - K_{bch}$	LDPS кодиран блок n_{ldpc}
1/2	32208	32400	12	192	64800
3/5	38688	38880	12	192	64800
2/3	43040	43200	10	160	64800
3/4	48408	48600	12	192	64800
4/5	51648	51640	12	192	64800
5/6	53840	5400	10	160	64800

Таблица 4.17. Параметри на DVB-T2 рамката с дължина 16 200 бита

LDPC код	BCH некодирани блок	BCH кодиран блок N_{bch} LDPS некодирани блок K_{ldpc}	BCH коригирани грешки t	$N_{bch} - K_{bch}$	LDPS кодиран блок n_{ldpc}
1/4	3072	3240	12	168	16200
1/2	7032	7200	12	168	16200
3/5	9552	9720	10	168	16200
2/3	10632	10800	12	168	16200
3/4	11712	11880	12	168	16200
4/5	12432	12600	12	168	16200
5/6	13152	13320	12	168	16200

В **DVB-T2** се използват три вида разместване на информацията:

- разместване на битовете в състава на рамката;
- преразпределяне на данните по символи в състава на кадъра;
- честотно разместване в състава на **OFDM** символа за намаляване на ефекта от селективното честотно затихване.

Първите две размествания се осъществяват по аналогичен начин, както и при **DVB-S2**.

При **DVB-T** разпределението на пилотните сигнали е едно и също при всички режими. Например плаващите пилотни сигнали, които са 8 % от общия обем данни, са оразмерени за сигнали при защитен интервал 1/4 и при по – малки стойности на защитния интервал са в излишък. Затова при **DVB-T2** се използват осем различни варианти за разпределение на пилотните сигнали. Това позволява динамично избиране разпределението на пилотните сигнали в зависимост от състоянието на канала и съответно се оптимизира количеството на предаваната полезна информация.

Стандартът **DVB-T2** предвижда средства за намаляване на отношението на пиковата към средната мощност на предавателя, което довежда до около 20 % намаляване на консумацията на електроенергия от предавателя. Това се постига чрез отклоняване на

крайните ***IQ*** точки на вектор диаграмата от центъра, т.е. чрез въвеждане на предкорекция във вектор диаграмата.

В табл. 4.18. е дадено сравнение на две типични приложения на стандартите ***DVB-T*** и ***DVB-T2*** при еднакви условия на приемане. Вижда се, че при ***DVB-T*** скоростта на цифровия поток е около 24 Mbit/s, а при ***DVB-T2*** е почти 36 Mbit/s, което е с над 30 % в повече.

Таблица 4.18. Сравнение на параметрите на DVB-T и DVB-T2

	DVB-T	DVB-T2
Модулация	64QAM	256QAM
Режим	8k	32k
Защитен интервал	1/32	1/128
Защита от грешки	2/3 CC + RS (8%)	3/5 LDPC + BCH (0.3%)
Плаващи пилотни сигнали	8%	1%
Разпределени пилотни сигнали	2,60%	0,35%
Заглавие	1%	0,70%
Честотна лента	Нормална -7,612 MHz	Разширена – 7,77 MHz
Цифров поток	24,13 Mbit/s	35,9 Mbit/s

Основните характеристики на цифровите телевизионни сигнал при различните системи DVB-S, DVB-C и DVB-T са додени в Таблица 4.19.

В таблицата са отразени точните параметри при кодиране на източника, кодиране на канала, вида на използваната модулация и ширината на честотната лента на канала.

Таблица 4.19

Параметър	Кабелна телевизия (DVB-C)	Сателитна телевизия (DVB-C)	Наземна телевизия (DVB-T)
Видове кодиране	MPEG-2 (MP@ML)		
Кодиране на звука	MPEG-1 (слой II)		
Шифроване	DVB-CSA (Common Scrambling Algorithm)		
Транспортен пакет	188 байта (преди FEC)		
PRBS-полином	$1+X^{14}+X^{15}$		
Външно кодиране	Reed-Solomon (204, 188, T=8)		
Преподреждане	Forney, дълбочина 12		
Вътрешно кодиране	Липсва	$R_c=1/2, 2/3, 3/4, 5/6$ или $7/8$	
Roll-Off коефициент	15 %	35 %	-
Модулация	QAM 16 до 64	QPSK	OFDM 2K/8K
Ширина на канала	8 MHz (възможно и 7 MHz)	26 MHz до 36MHz	8 MHz или 7 MHz

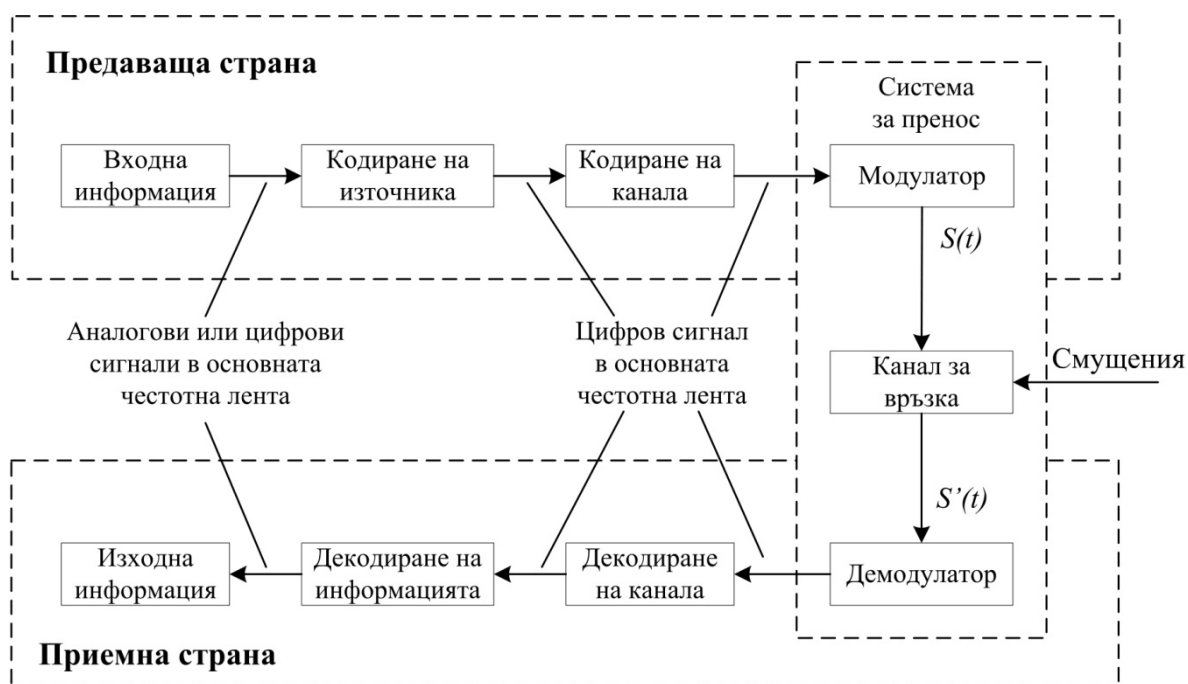
Глава 5

ОБРАБОТКА И ПРЕНАСЯНЕ НА ЦИФРОВ ТЕЛЕВИЗИОНЕН СИГНАЛ И МЕТОДИ ЗА IP РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

5.1. Пренасяне на цифров телевизионен сигнал

5.1.1. Обобщена схема за цифрово пренасяне на информация

Обобщената схема (фиг. 1.1) обхваща три основни процеса на цифрово пренасяне на информация в канал за връзка: кодиране и декодиране на източника, *кодиране и декодиране на канала* и *модулация и демодулация*. В предавателната страна обработката на сигнала обхваща кодиране на източника, кодиране на канала и модулация и има за цел така да преобразува сигнала на входната информация, че да се постигне най – оптималното му предаване в канала за връзка. Това означава пренасянето в канала за връзка с зададени параметри (широчина на честотната лента, шумови характеристики и др.) на максимален обем цифрова информация с възможно минимални грешки. Кодирането на канала и модулацията се избират по подходящ начин за всеки конкретен канал за връзка.



Фиг. 5.1. Обобщена схема на цифрово предаване на информация

Кодирането на източника зависи от вида и целите на предаваната информация. При правото и обратно кодиране на източника загубата на информация трябва да е незабележима. В приемната страна се изпълняват обратните операции – демодулация, декодиране на канала и декодиране на информацията на източника. При декодирането на информацията на източника трябва да се възстанови входната информация с минимални изкривявания. Изкривяването на информацията може да настъпи като резултат на:

- не идеалните процеси на правото и обратното преобразуване;
- не идеалните характеристики на канала за пренос;
- под въздействието на смущения.

При кодирането на източника най – напред аналоговата информация се преобразува в цифрова. Основната цел на кодирането на източника е съкращаване на обема на предаваната информация, като по този начин се намаляват изискванията към системата за

обработка и предаване на информацията – обемът на необходимата памет за обработка и съхраняване, времето за обработване и предаване на честотната лента на канала за връзка.

Целта на кодирането на канала е безпогрешното предаване на информацията в канала за връзка. Телевизионното разпръскване е не интерактивна система от типа „точка – много точки” и при него се използва само права корекция на грешките с помощта на специални коригиращи кодове. Алгоритмите за откриване и коригиране на грешките изискват добавянето на специални служебни символи, които увеличават общия обем на пренасяната в канала за връзка информация. При силно зашумени канали за постигането на практически безпогрешно предаване на общият обем на пренасяната информация даже може да се удвои.

При модулацията двоичните цифрови сигнали от изходната (основната) честотна лента се преобразуват в радиосигнали в честотната лента на канала за връзка. Всъщност при модулацията сигналът на двоичния цифров код се преобразува в радиосигнал, което позволява цифровата информация да се предаде в конкретния физически канала за връзка. Ефективната цифрова модулация позволява по – плътното предаване на данните в честотната лента на канала, т.е. дава възможност да се предаде повече информация в канала за връзка и съответно по – оптимално да се използва дадената честотна лента. Оптималният метод за модулация се избира в зависимост от следните два критерия:

- постигането на висока *спектрална ефективност*, т.е. предаването с висока скорост на цифровия поток в тясна честотна лента;
- постигането на висока *енергетическа ефективност*, т.е. предаване при ниско отношение носещ сигнал/шум при максимално заемане на цялата честотна лента на канала за връзка.

За постигане на първия критерий се използват по – ефективни методи за модулация, позволяващи пренасянето на по – голям брой битове в 1Hz честотна лента на канала за връзка. Вторият критерий се постига с прилагането на по – ниско ефективни методи на модулация, но с използването на по – ефективни коригиращи кодове, въвеждащи по – голям излишък. Във всеки реален случай, в зависимост от честотната лента на канала за пренос и неговите шумови параметри, се прави съответен компромис между тези два критерия.

Оптималният избор на методите на кодиране на източника, за кодиране на канала и за модулация на сигнала определя ефективността на системата за предаване на цифровата информация, т.е. на степента на използване на пропускащата способност на канала за връзка.

В съвременните системи за предаване на цифрова информация методите и съответните блокове за кодиране на източника и за кодиране на канала и модулаторът се разработват съвместно, с цел възможно най – оптимално използване на канала за връзка. В добре проектираната система за цифрово предаване на информация рядко възникват грешки.

5.1.2. Кодиране на източника

За да могат да се използват съществуващите телевизионни канали за пренасяне на цифрови телевизионни сигнали трябва да от една страна да се съкрати (редуцира) цифровия поток, а от друга страна да се използват оптимални методи за модулация.

Редуцирането скоростта на цифровия поток на телевизионния сигнал се осъществява с отстраняване на **излишната** (повтаряща се) информация (Redundance) и **неуместната** (нямаща значение, ненужната) информация (Irrelevance).

Съкращаването на скоростта на цифровия поток (data reduction) с отстраняване на излишната и имаща малко значение информация в сигнала се нарича с общото название „**кодиране на източника**” (source coding). Използването на оптимални методи за модулация позволява пренасянето на по – голям брой битове в дадена честотна лента. Съкращаването на информацията в телевизионния сигнал (redundancy reduction) се базира на:

➤ отстраняване на времевите интервали на кадровите и редовите гасящи и синхронизиращи импулси, в които не се предава видеоинформация, чиято обща продължителност е 26,75 %;

➤ силната корелационна връзка на сигнала в съседни елементи и редове от развивката;

➤ използването на факта, че при кадрова развивка 25 Hz разликата между два съседни кадър е минимална. Това позволява значително да се съкрати информацията, като в канала за връзка се предава само разликата между съседните кадри в изображението;

➤ прогнозирането на движението на обектите в кадър на изображението.

Съкращаването на излишната информация може да се осъществи по следните четири начина:

➤ **Съкращаване на видеоинформацията във времевата област** (*Temporal redundancy*). Известно е, че разликата между съдържанието на изображението на съседни кадри практически е малка, и е достатъчно да се предаде изцяло информацията за един кадър, а след това да се предава само разликата на между отделните кадри. В приемната страна тази разлика позволява да се възстанови изходното съдържание на всеки кадър. Този вид съкращаване на видеоинформацията се нарича „**междукадрова компресия**”

➤ **Съкращаване на видеоинформацията в пространствената област** (*Spatial redundancy*). Базира се на това, че в изображенията има части с еднаква яркост и цветност. Съкращаването на информацията в пространствената област е „**вътрешнокадрова компресия**”.

➤ **Статистическо съкращаване на видеоинформацията** (*Statistical redundancy*). Разликата между съдържанието на следващите кадри на изображението, поради силната корелационна връзка, подлежи на предсказване (Prediction) с определена степен на достоверност за това, коя информация ще се съдържа в следващия кадър.

➤ **Психооптично съкращаване на видеоинформацията** (*Psycho-visual redundancy*). Базира се на ограничената пропускателна способност на зрението като система за предаване и обработка на информация.

Свойствата на човешкото зрение са се имали предвид при определяне на параметрите на телевизионната развивка и при избора на честота на дискретизация на сигнала за яркост и на сигналите за цветност при преобразуването им в цифров вид.

5.1.2.1. Основни методи за съкращаване на информационния излишък

➤ **диференциалноимпулсно кодова модулация** (*Differential pulscode modulation – DPCP*)

➤ **дискретна косинусова трансформация** (*Discrete cosine Transformation – DCT*)

Най – често се използва комбинация от DPCM и DCT в така наречения Hibrid-DCT-Coder с използването на „**компенсация на движението**”.

При съкращаване на информационния излишък (Redundancy reduction) не се губи видеоинформация. За този вид редуция на цифровата информация се казва „**кодиране без загуба**”.

Втория път за съкращаване на информацията е изключването на безполезните (Irrelevance) съставки от информацията – използва се свойството на окото (при видеосигнала) и на ухото (при звуковия сигнал) да не възприемат еднакво всички елементи на информацията. При изключване на безполезните съставки в сигнала се отстранява информацията, която не е основна при възприемането на изображението и звука от човешкото око и ухо. В този случай се говори за „**кодиране с частична загуба**”.

Следователно, при кодиране на източника се извършва намаляване на скоростта на цифровия поток от източника на сигнала (студиото) с цел редуцираният цифров поток да предаде в канала за връзка (фиг 5.2).

При кодиране на източника практически се отстранява излишната и безполезната информация във входния сигнал. Разликата между скоростта на входния и изходния цифров

поток при кодиране на източника се нарича „степен на редукция”. Степента на редукция (съкращаването на информацията) може да достигне до 95% и повече. Кодирането на източника се осъществява в *цифровото телевизионно кодиращо устройство (TV Coder)*.



Фиг. 5.2. Схема за съкращаване на количеството цифрова информация

5.1.3. Кодиране на канала

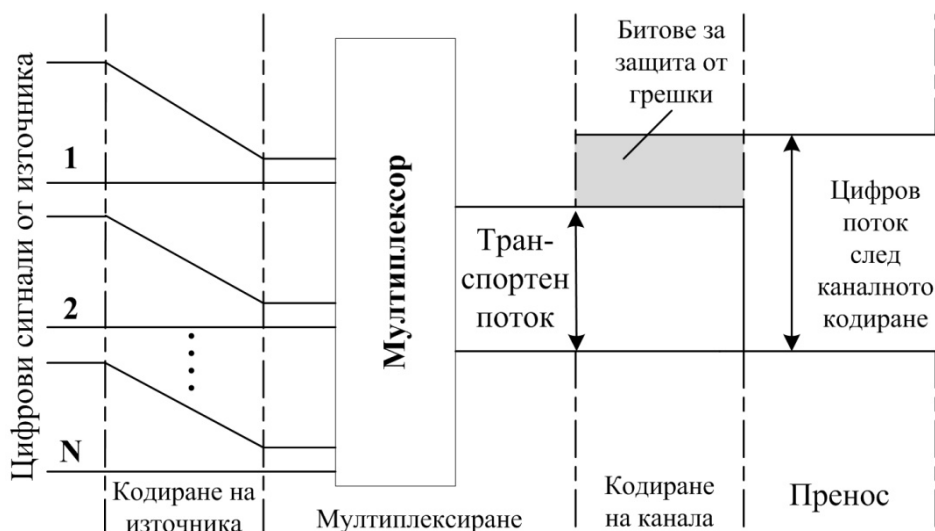
Целта на **кодирането на канала** (*Channel Coding*) е да се осигури „квазибезпогрешно приемане” на цифровата информация, което означава не повече от една грешка в течение на един час приемане. Тази задача се решава с избор на съответни средства за защита от грешки. При кодирането на канала се формира цифрова поредица, която се подава на модулатора и е съгласувана с параметрите на канала за пренос – наземна, спътникова или кабелна разпределителна мрежа, за да се пренесе цифровия сигнал с максимална възможна скорост при минимален брой грешки.

Процесът на каналното кодиране се състои от много стъпки:

- равномерно разпределяне на енергията на спектъра на сигнала;
- външно кодиране;
- разместване на битовите в рамката;
- вътрешно кодиране;
- формиране на основната лента на сигнала.

В трите вида цифрови телевизионни системи – спътникова, кабелна и наземна, кодирането на източника е еднакво. Разликата е в каналното кодиране.

Кодирането на канала се предхожда от формирането на мултиплексния сигнал (фиг. 5.3).



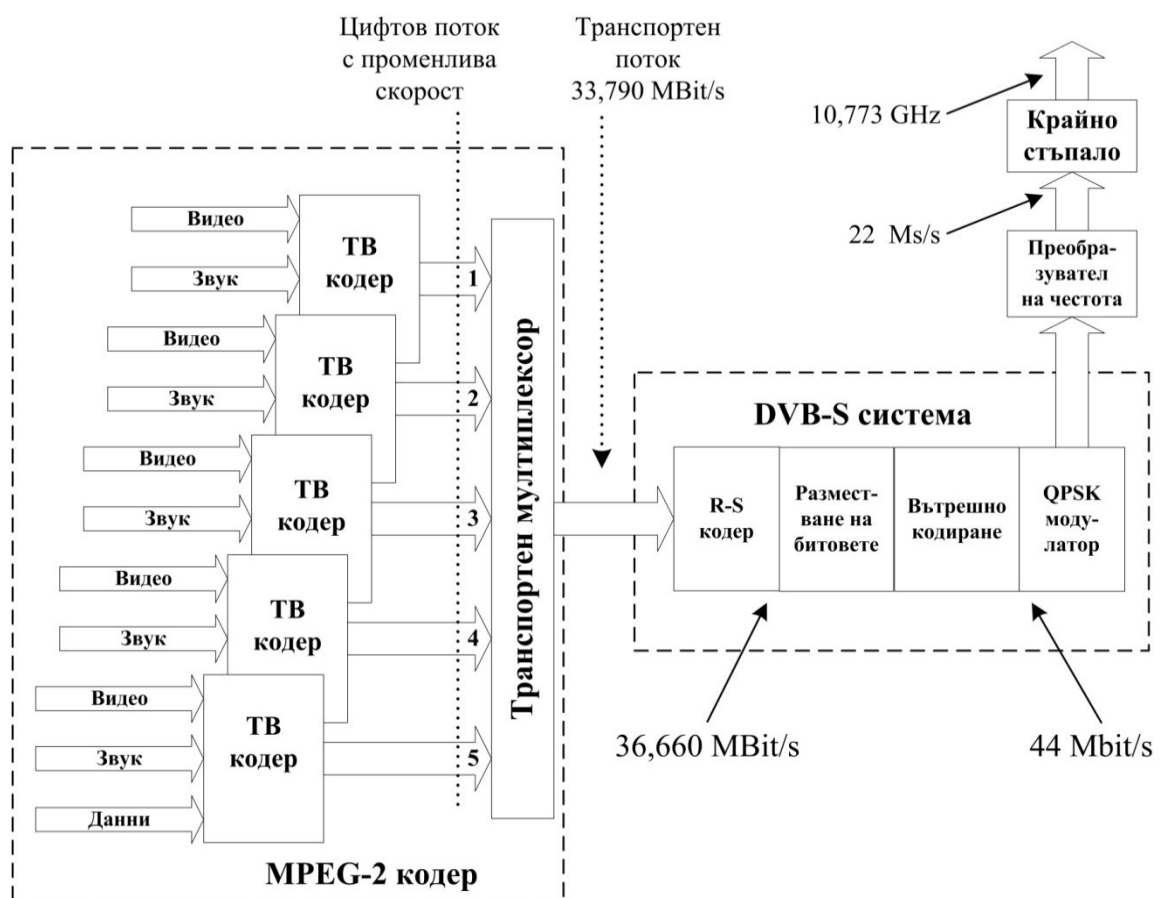
фиг. 5.3. Формиране на мултиплексния сигнал и кодиране на канала

Цифровият сигнал на всяка една телевизионна програма след кодирането на източника се подава на **мултиплексор**. Задачата на **мултиплексора** (означава се с *MUX*) е да се комбинират (да се съберат) цифровите потоци на няколко цифрови телевизионни програми. След кодирането на източника цифровият поток на телевизионните програми така се редуцира, че става възможно в съществуващите телевизионни канали едновременно да се предават по няколко програми.

След мултиплексора скоростта на цифровия поток става равна на сумата от скоростите на цифровите потоци на отделните телевизионни програми. Формираната след мултиплексора цифрова поредица (нарича се **транспортен поток**) трябва да гарантира правилното отделянето в **демултиплексора** (*DEMUX*) в приемната страна на цифровите потоци на отделните програми.

Цифровата информация в транспортния поток е образувана от байтове по 8 бита и е организирана в **рамки** (*Frame*). Рамката започва с четири байта за **синхронизация**, наричани **флаг** или **заглавие** (*Header*) и следвани от **информационно поле**, което съдържа допълнителна информация, необходима за работа на приемното устройство. Битовите във флага (заглавието) се наричат още **служебни битове** (*overhead bits*). Те служат за управление на комуникационния процес и не достигат до крайния потребител.

Основната функция на кодирането на канала е добавянето на допълнителна информация за защита от грешки. В резултат на това скоростта на цифровия поток след кодирането на канала се увеличава. Това е показано на фиг. 5.4 с примера за предаването на пет телевизионни програми в спътников телевизионен канал с ширина на честотната лента 27 MHz.



фиг. 5.4. Функционална схема за формиране на цифровия сигнал за предаване на няколко телевизионни програми в спътников канал

В таблица 5.1 е дадено примерно запълване на цифровия поток в един спътников телевизионен канал, в който се предават пет телевизионни програми със стереофоничен звуков съпровод, кодирани по стандарта *MPEG2*, една радиопрограма и една телевизионна програма с висока разделителна способност кодирани по стандарта *MPEG4*. Полезна информация за тези програми е 31,309 Mbit/s. С добавянето на служебна информация скоростта на цифровия поток става 33,79 Mbit/s. След външното кодиране на канала (в Рид – Соломон кодиращото устройство) се добавят битове за защита от грешки и скоростта на цифровия поток нараства на 36,66 Mbit/s – фиг.5.4. След блока за вътрешно кодиране скоростта на цифровия поток се повишава на 44 Mbit/s. В изхода на *QPSK* модулатора цифровият поток е със скорост 22 Ms/s. Скоростта на цифровия поток след модулатора се измерва в „мега символа за секунда”.

Таблица 5.1. Примерно запълване на един спътников телевизионен канал с програми

N	Програма	Скорост на цифровия поток, Mbit/s
1	Цифрова телевизионна програма (MPEG2) със стереофоничен звуков съпровод	3,880 0,258
2	Цифрова телевизионна програма (MPEG2) със стереофоничен звуков съпровод	4,070 0,452
3	Цифрова телевизионна програма (MPEG2) със стереофоничен звуков съпровод	3,750 0,257
4	Цифрова телевизионна програма (MPEG2) със стереофоничен звуков съпровод	4,680 0,257
5	Цифрова телевизионна програма (MPEG2) със стереофоничен звуков съпровод	3,710 0,193
6	Радиопрограма	– 0,202
7	Цифрова телевизионна програма с висока разделителна способност (MPEG4) със стереофоничен звуков съпровод	9,140 0,460
8	Данни	–
	Полезна информация общо	31,309
	Служебна информация	2,481
	Информация общо	33,790

5.2. Кодиране на телевизионните данни

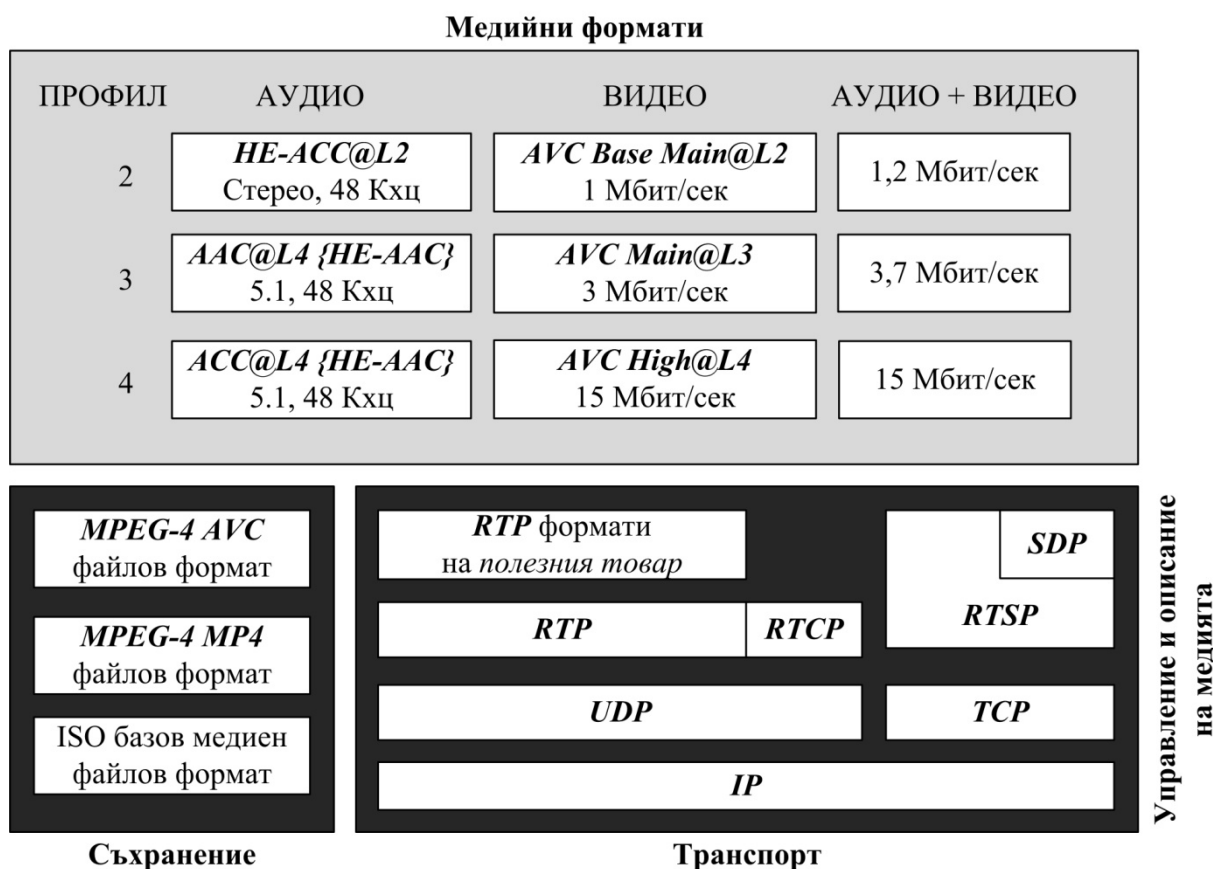
5.2.1. IP ТВ медийни формати

За реализирането на *IP* телевизионни услуги с професионално *broadcast* качество, Internet *Streaming Media Alliance (ISMA)* препоръчва да бъдат използвани следните авангардни формати за кодиране на данните:

- За видеоизображение със стандартна разделителна способност – **AVC Main Profile @ Level 3** съгласно със стандарт *MPEG-4 ISO/IEC 14496 –10:2003: „Information technology – Coding of audio – visual objects – Part 10: Advanced Video Coding” (ITU-T рекомендация H.264)* с максимална скорост на потока от данни от 3 Мбит/сек;
- За видеоизображение с висока разделителна способност – **AVC High Profile @ Level 4** съгласно със същия стандарт с максимална скорост на потока от данни от 15 Мбит/сек;
- За аудиоинформация, която съпровожда тези два видео формата – **AAC Profile @ Level 4** (при необходимост **HE-AAC**) съгласно със стандарт *MPEG-4 ISO/IEC 14496 –*

3:2001 / Amd1:2003 с максимална честота на дискретизация 48 kHz и брой на аудио каналите;

Фиг. 5.5 илюстрира на препоръчаните от **ISMA** аудио/видео формати за **IP** ТВ услуги с архитектурата на системите за **IP** транспорт и съхранение на данни.



Фиг. 5.5. Място на аудио/видео форматите за **IP** ТВ услуги в архитектурата на системите за **IP** транспорт и съхранение

Аудио/видео от посочения на фигурата *профил 2* не са предмет на коментар, тъй като осигурените от тях характеристики – не повече от 2 аудиоканала, ограничена (*CIF*) видеоразделителна способност (352x288) и др., са подходящи за специфичен кръг клиентски услуги.

Механизмите на кодиране и адаптация на данните в представените видео и аудио формати ще бъдат обстойно разгледани в следващите точки на настоящия раздел.

Както ще бъде по – нататък детайлно изяснено, **MPEG-4 AVC** кодираните видеоданни се въвеждат в **RTP** *полезния товар* в съответствие със спецификация RFC 3984 „*RTP Payload Format for H.264 Video*” при следните ограничителни условия :

- Режимът на разместване (*packetization-mode=2*) не се използва и параметрите в **SDP**, определящи този режим съответно не присъстват в реда за формат „*a=fmtp*”;
- В **SDP**, в реда за формат „*a=fmtp*” не присъстват параметрите „*max-mbps*”, „*max-fs*”, „*max-dpb*”, „*max-br*”;
- В **SDP**, в реда за формат „*a=fmtp*” се въвеждат параметрите: *sprop-parameters-sets*, *profile-level-id*;
- В **RTP** пакетите няма транспортни единици (**NALUs**) на слоя за мрежова адаптация, които съдържат комплекти от параметри за един видеокадър или за поредица от видеокадри (т.е. тези комплекти от параметри се предават извън лентово посредством **SDP** сигнализиране).

MPEG AAC кодираните аудиоданни се въвеждат в **RTP полезния товар** в съответствие със спецификация RFC 3640 „*RTP Payload Format for Transport of MPEG-4 Elementary Streams*”. Когато върху **RTP** се предават потоци от аудиоданни от вида на тези, специфицирани в профили 2 и 3 ма фиг. 1.5, се използва режимът **High Bit-rate AAC** (обозначаван като „*mode=AAC-hbr*” в ред „*a=fmtp*” на **SDP** съобщенията).

Доколкото **RTP** не разполага с инструментариум за надеждно доставяне на данните, в приложения, където вероятността от грешки е относително по-голяма, предаването на т. нар. данни с критично значение се осъществява в съответствие с препоръчаните в спецификация RFC 2354 механизми от вида **Interleaving**, **FEC** (*Forward Error Correction*) и др.

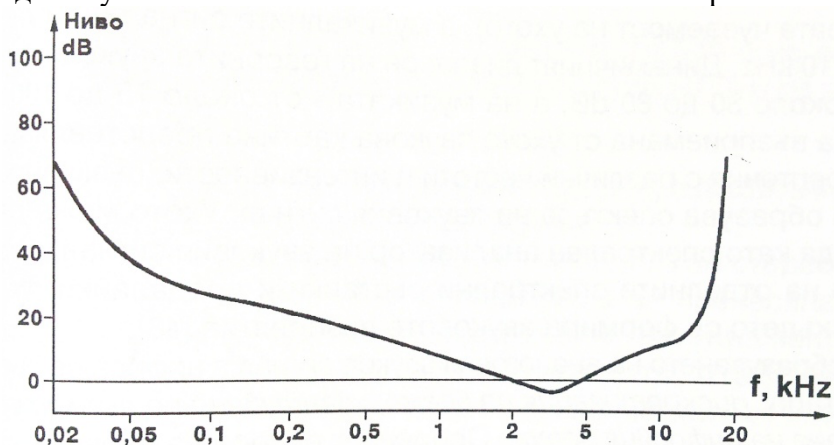
RFC 3640 представя възможности за използване на **Interleaving** (разбъркано предаване) на аудиофреймовете.

Прилагането на **FEC** (корекция на грешките в базата на предварително заложен излишък) при опаковането на медийни данни в **RTP полезния товар** е специфицирано в RFC 2733.

5.2.2. Кодиране на звуковия сигнал

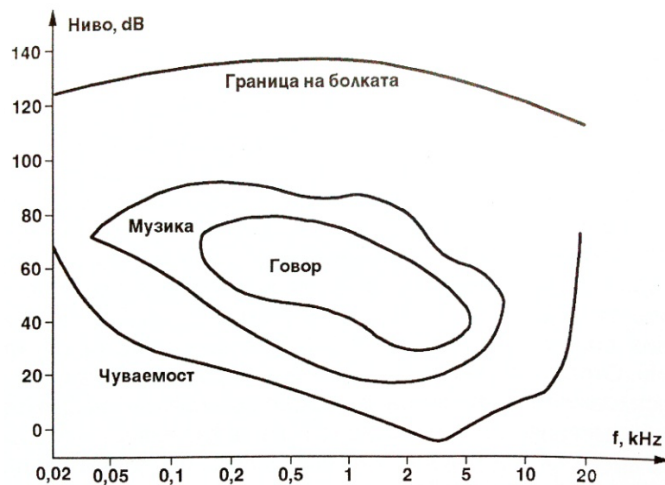
5.2.2.1. Принципи на кодирането на звука

Основната задача на системата за кодиране на звукови сигнали е да се отдели от входния сигнал тази част от информацията, която ясно се възприема от човешкото ухо и съответно да се отстранят всички компоненти, които не се забелязват от средностатистическия слушател. Известно е, че човешкото ухо и свързаните с него центрове от главния мозък са способни да възприемат само около 10 % от информацията, съдържаща се в звуковия сигнал. Останалите 90 % могат да се отстранят като излишни. Отстраняването на излишната информация става на базата на психоакустичен модел на човешкото възприемане на звуковото ни обкръжение. От тази гледна точка е важна известната в акустиката крива на прага чуваемост, определяща най – малката интензивност на звука при определена честота, която може да се чуе от човек при пълна тишина (фиг. 5.6). От кривата се вижда разликата при възприемане на звуковите сигнали с различна честота. Долната граница на възприемане на звуковите трептения от човешкото ухо е 16 – 20 Hz, а горната граница – 16 – 20 kHz. Най – висока е чувствителността на ухото в границите от 1 до около 7 kHz. Този факт се използва при кодиране на звукови сигнали – в честотните области, в които ухото е по – чувствително, сигналът се кодира с по голям брой битове, а там където чувствителността е намалена – с по – малък брой битове.



фиг. 5.6. Крива на прага на чуваемост на човешкото ухо

На фиг. 5.7. в диаграмата за чувствителност на ухото е посочена честотната и динамичната средностатистическа област на говора и музиката, както и границата на болезненото възприемане на звуковите сигнали от ухото.



фиг. 5.7. Крива на прага на чуваемост на човешкото ухо с границата на болезненото възприемане и със зоните на говора и музиката

Границата за болезненото възприемане също е различна за различните честоти и е в рамките от около 110 до 140 dB, като се понижава за ниските и за високите честоти. Говорните сигнали са от около 150 Hz до 5 kHz (т.е. в границите на най – добрата чуваемост на ухото), а музикалните сигнали – от около 20 Hz до 10kHz. Динамичният диапазон на говорните звукови сигнали е от около 30 до 80 dB, а на музиката – от около 15 до 100 dB.

Всяка възприемана от ухото звукова картина представлява набор от трептения с различни честоти и интензивности, съвкупността от които образува спектъра на звуковия сигнал. Ухото може да се разглежда като спектрален анализатор на звуковия сигнал, разлагайки го на отделните спектрални съставки и предавайки ги към мозъка, където се формира звуковото възприятие.

Преобразуване на аналоговия звуков сигнал в цифров се състои от три етапа: дискретизация по време, квантуване по амплитуда и формиране на цифровия поток. Основният въпрос на първия етап е изборът на честотата на дискретизиране. Тази честота не трябва да е много висока, защото съответно се увеличава сложността на кодиращото и декодиращото устройства, а от друга страна колкото е по висока, то толкова по – точно цифровият сигнал съответства на аналоговия сигнал. Съгласно теоремата на Найкуист и Котелников честотата на дискретизиране трябва да е най – малко два пъти по – висока от максималната честота в аналоговия сигнал. Тъй като реалният звуков сигнал има честотна лента от 0 до 20 kHz, то честотата на дискретизация трябва да е най – малко 40 kHz. Понастоящем най – разпространени са честоти на дискретизиране на 32 kHz (в NICAM), 44,1 kHz (в CD и DVB) и 48 kHz (в DAT системите).

От броя на нивата на квантуване зависи също от точното представяне на цифровия сигнал. При недостатъчен брой на нивата на квантуване грешката от квантуване довежда до неприятни за слуха изкривявания, изразяващи се в появата на гранулиран шум. Гранулираният шум е силно корелиран с дискретизирания аналогов сигнал и е най – забележим в по – високочестотната част от спектъра и при тихите сигнали. Нивото на гранулирания шум се намалява с увеличаване броя на нивата на квантуване.

Пълно изчезване на шумовете от квантуване се получава при 16 – разрядно квантуване, при което звуковият сигнал може да приема едно от $2^{16} = 65536$ нива. При честота на дискретизиране 44.1 kHz за скоростта на цифровия поток на дискретизирания и квантуван звуков сигнал се получава:

$$44.1 \times 16 = 705.6 \text{ kbit/s} \text{ – за монофоничен сигнал и}$$

$$44.1 \times 16 \times 2 = 1411.26 \text{ kbit/s} \text{ – за стереофоничен сигнал.}$$

Теоретичната стойност на отношението сигнал/шум S_A/N_Q се определя от зависимостта:

$$S_A/N_Q = (6.02 \times b) + 1.76$$

Тук числата са 6.02 и 1.76 са константи, а b е броят на разрядите на квантуване. При $b = 16$ за отношението сигнал/шум се получава:

$$S_A/N_Q = (6.02 \times 16) = 1.76 = 98.08 \text{ dB}.$$

Получената стойност на отношението S_A/N_Q е достатъчно високо и удовлетворява съвременните изисквания.

Скоростта на цифровия поток от 1.41 Mbit/s за стереофоничен звуков сигнал е висока и не е подходяща за пренасяне както в каналите за връзка, така и за записване на магнитна лента или на компакт дискове. За съкращаване на скоростта на цифровия поток на звуковите сигнали съществуват редица методи, от които само няколко са се утвърдили в системите за пренос на цифрови телевизионни програми.

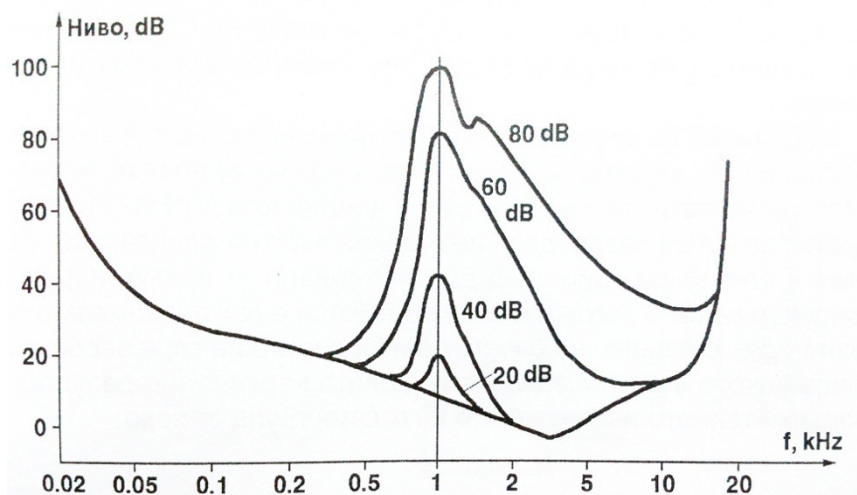
През 1992 г. фирма Philips съвместно с *Matsushita* предложи системата **DCC** (*Digital Compact Cassette* – цифрова компакт касета). В тази система се използва метода за кодиране **PASC** (*Precision Adaptive Subband Coding* – точно адаптивно лентово кодиране), при който входният звуков сигнал по време се разпределя на кадри, а спектърът на всеки кадър – на 32 честотни ленти във всяко от които се определят критични и маскиращи компоненти. Практически едновременно **MPEG** (*Motion Pictures Experts Group* – група експерти за кодиране на подвижни изображения) приема стандарта **Audio MPEG-1**, в който се описва методиката за съкращаване скоростта на цифровия поток на звукови сигнали. В стандарта **Audio MPEG-1** се дават три основни алгоритъма за кодиране, означени с *Huво 1*, 2 и 3 (*Layers 1, 2, 3*). Нивата се различават между себе си по сложността на използваните средства за обработка на звуковия сигнал и по постигнатата степен на съкращаване на скоростта на цифровия поток. И двата показателя нарастват с повишаване на номера на нивото. *Huво 1* практически повтаря алгоритъма **PACS** с разширения за редица частни случаи. На базата на *Huво 2* е разработен алгоритъмът **MUSICAM** (*Masking Pattern Universal Subband Integrated Coding and Multiplexing* – универсално интегрално кодиране и мултиплексиране на базата на маскиране на честотни подленти), който се използва за звуково радио и телевизионно разпръскване. В *Huво 3* се използва модифицирана дискретна косинусова трансформация (**MDCT**), чрез която се анализират съседните честотни ленти и се подобряват разпознаването на маскиращите тонове. Това ниво понастоящем е най – разпространено за записване на звук на CD и е известно с названието MP3.

Основен параметър, по който се сравняват отделните методи за компресия на цифровия звуков сигнал, е скоростта на изходния цифров звуков поток (**Bitrate**). При съкращаване скоростта на цифровия поток на звуковия сигнал се отчитат следните свойства на човешкия слух:

- ухото притежава честотно зависима характеристика на чуваемостта към звуковите сигнали. Максималната чуваемост е около 4 kHz. Това означава, че квантуването на звуковия сигнал може да е различно за различните честоти и по този начин значително да се съкрати скоростта на цифровия поток;
- с повишаване силата на звука чувствителността на ухото намалява и съответно прецизността на квантуване трябва да се определя от нивото на сигнала;
- лявото и дясното ухо има еднакво възприемане на звуковите сигнали, което означава, че стереофоничното и многоканалното предаване на програмите притежава значителен излишък;
- звукове с еднаква звукова мощност, но с различна честота се възприемат с различна сила от човешкото ухо – високочестотните звукове се възприемат като по – тихи. Това означава, че шумовете във високочестотната област също ще се възприемат по – слабо;
- силните тонове приглушават тихите тонове. Това е толкова по – силно изразено, колкото по – близко са разположени тоновете по честота. Заглушените тонове носят ненужна информация и не е необходимо предаването им. Грубо квантуваните шумове също се заглушават от силната музика;

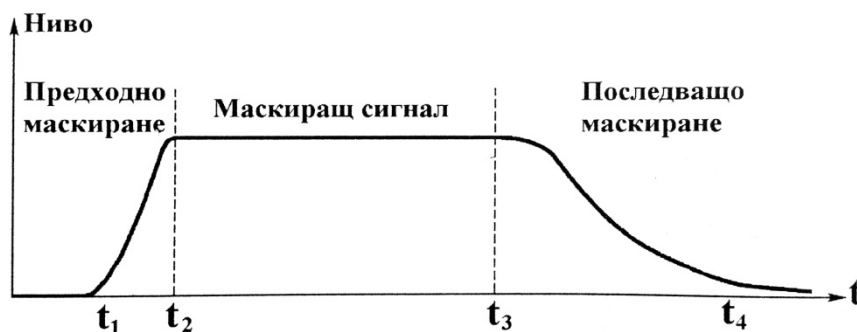
- разрешаващата способност на ухото по честота и амплитуда за звуковия сигнал е достатъчна висока, но прагът на чуваемост има адаптивен характер;
- ниските честотни обхвати клирфакторът предизвиква смущения, докато на високите честоти влиянието на клирфактора е по – малко;
- ухото е некритично към фазата на отделните честотни съставки – за правилното възприемане на тембъра на сигнала е важна неговата честота и интензивност.

Приглушаването на тихите тонове от силни тонове се нарича *маскиране*. Съществува *маскиране по честота* и *маскиране по време*. Фиг. 5.8. демонстрира ефекта маскиране по честота – показано е изменението на кривата на чуваемост на ухото под въздействие на едночестотен смущаващ сигнал на честота 1kHz с различно ниво.



В резултат на маскиращото действие на смущаващия сигнал праговете на чуваемост са повдигнати, като повдигането е по – голямо за честотите, намиращи се близко до честотата на смущаващия сигнал. Маскиращото действие се увеличава с увеличаване на нивото на смущаващия сигнал, като по-силният едночестотен сигнал по-значително повдига прага на чуваемост на съседните честоти. При ниво на смущаващия сигнал 80 dB практически нечуваем е целия честотен обхват от около 700 Hz до 10 kHz. Това означава, че е ненужно да се предава информация в този диапазон по времето на въздействие на силния сигнал.

При времевото маскиране (фиг. 5.9.) малко време преди (около 10 – 20 ms), по време на въздействието на маскиращия звуков сигнал с висока амплитуда и известно време след това (около 100 -120 ms), ухото не възприема други сигнали.



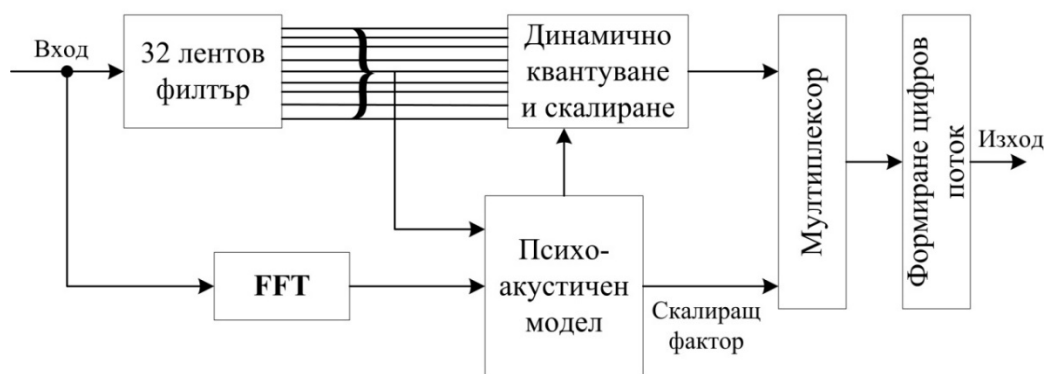
Следователно, ако силният звуков сигнал въздейства от момента t_2 до момента t_3 , то от момента t_1 до момента t_4 може да не се предава информация за останалите звукове.

За да може да се използват ефектите на честотното и временното маскиране, както и на различната чувствителност на ухото за различни честоти, при алгоритмите на стандарта **MPEG-1**, входният звуков сигнал се разделя на отделни честотни ленти и се обработва в следващи един след друг интервали от време, наричани блокове (рамки). В алгоритъма за обработка е важен психоакустичния модел, създаден на базата на изброените по – горе особености на човешкото възприемане на звуковата картина и е резултат от продължителното изследване на голяма група от хора.

5.2.2.2. Кодиране на звука

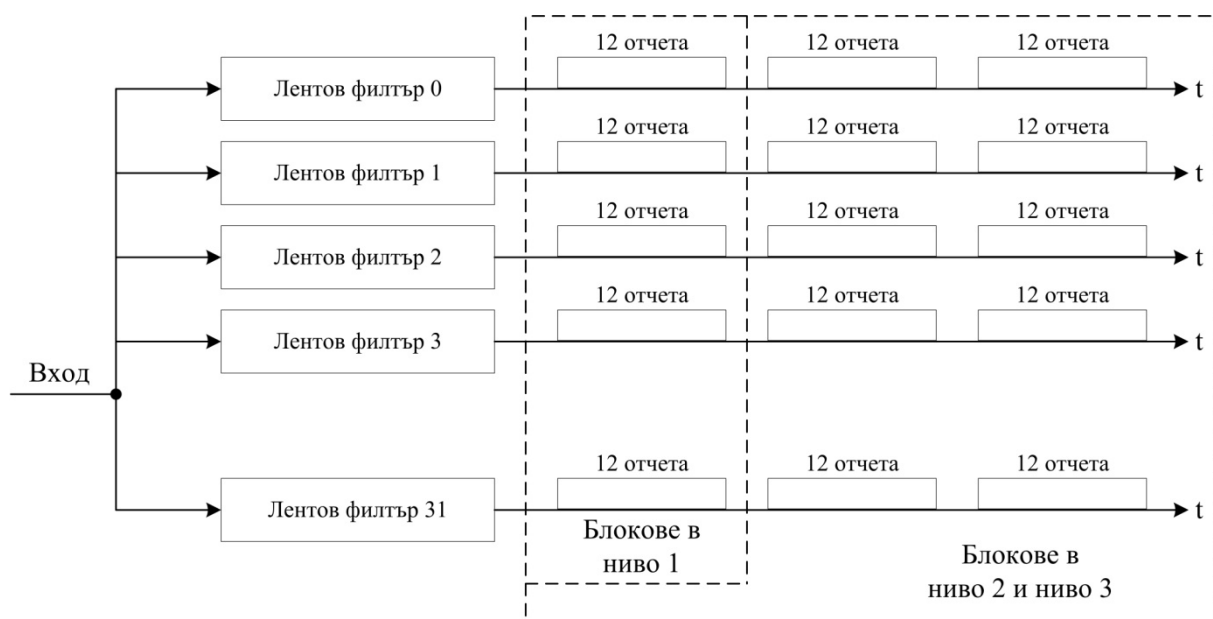
Основата на принципа на кодиране на източника на звуковите сигнали в стандарта MPEG, е в разделянето на звуковата честотна лента на 32 подленти с еднаква ширина, и обработване на сигнала във всяка подлента на базата на психоакустичния модел. Разделянето на звуковия сигнал на подленти става с помощта на блок от 32 филтъра. Широчината на честотните ленти зависи от честотата на дискретизация на входния звуков сигнал. При честота на дискретизация 44,1 всяка подлента има широчина 690Hz.

Психоакустичният модел отчита различната чувствителността слуха при различни честоти и маскирането на едни звукови сигнали от други с по – висока интензивност. За целта в блока „Психоакустичен модел“ (фиг. 5.10.) се анализира спектъра на звуковия сигнал преди разделянето му на честотни ленти. Преди блока за психоакустична обработка сигналят се преобразува от временната област в честотната област с помощта на бързо преобразуване на Фурие (*FFT – Fast Fourier Transformation*). Преобразуването се извършва за 512 отчета при *Ниво 1* и за 1024 отчета при *Ниво 2* и *Ниво 3*, след което се изчислява спектъра на мощността на звуковия сигнал и нивото на сигнала във всяка честотна лента. Тези операции позволяват отстраняването в отделните подленти на сигнали, чиято амплитуда е под прага на възприемане и определя прецизността на квантуване за всяка подлента, така че шумът от квантуване да е под прага на чуваемост за тази подлента (т.е. броят на битовете на отчет се намаляват в подлентите, които са по – малко забележими от слушателя или са маскирани). Освен това психоакустичният модел отчита честотното и временното маскиране и съответно отстранява ненужните, в резултат на маскирането, сигнали. Психоакустичният модел участва и при формирането на *скалиращия фактор* (фиг. 5.10).



Фиг. 5.10. Обща функционална схема на цифрово кодиращо устройство за звукови сигнали по стандарта MPEG-1, ниво 1 и ниво 2

Обработването на сигнала в процеса на кодиране става в блокове – фиг. 5.11.



Фиг. 5.11. Принцип на разделяне на звуковия сигнал на 32 подленти и обработването му на блокове в стандарта MPEG-1, ниво 1, ниво 2 и ниво 3

В стандарта **MPEG 1 Layer 1 (Ниво 1)** всеки блок се състои от 12 отчета в 32 – те честотни ленти. Следователно всеки блок зависи от честотата на дискретизиране. При 32 kHz честота на дискретизиране продължителността на блока е:

$$12.32/32 = 12 \text{ ms.}$$

При честота на дискретизиране 48 kHz продължителността на блока е :

$$12.32/48 = 8 \text{ ms.}$$

В стандарта **MPEG-1 Layer 2 (Ниво 2)** и **Layer 3 (Ниво 3)** всеки блок се състои от 36 отчета и съответно продължителността на блока е три пъти по – голяма – 36 ms при честота на дискретизиране 48 kHz. Всеки блок се състои от $36 \times 32 = 1152$ отчета.

В кодиращото устройство за всеки блок се определя максималната амплитуда на сигнала и се изчислява *скалиращ (мащабен) фактор*. Скалиращият фактор (*scalefactor*) се кодира със 6 бита. Със своите 64 стъпки по 2 dB на всяка стъпка скалиращият фактор покрива 128 dB. Със стойността на скалиращия фактор се разделят отчетите в блока и съответно се съкращава скоростта на цифровия поток. Скалиращият фактор се предава с кодирания сигнал, за да може в приемното устройство да се възстанови първоначалната стойност на отчетите. Събирането на информацията за скалиращия фактор и за кодирания цифров поток става в мултиплексор (фиг. 5.10). След мултиплексора се формира цифровият поток на звуковата последователност (*Audio Sequence*). Звуковата последователност се състои от произволен брой кадри и няма собствено заглавие. Всеки кадър започва със заглавие, което съдържа 12 бита за синхронизация, информация за системата – **MPEG-1** и **MPEG-2**, за нивото – Ниво 1, 2 или 3, честотата за дискретизиране на звуковите сигнали, скоростта на предаване на двоичните символи и друга информация.

Кодиращото устройство задържа в изхода си входния сигнал, тъй като от една страна за обработка на сигнала е необходимо в паметта да се съхраняват определен брой отчети, чийто брой се увеличава с повишаване на нивото, а от друга страна самата обработка на сигнала изисква време. Минималното задържане на сигнала при Ниво 1 е 50 ms, при Ниво 2 – 100 ms и при Ниво 3 – 150 ms.

В стандарта **MPEG-1** са предвидени три нива на кодиране – *Ниво 1*, *Ниво 2* и *Ниво 3* (*layer 1, 2, 3*). Отделните нива се характеризират със различна степен на съкращаване на скоростта на цифровия поток при предварително зададено качество на цифровия поток и имат различни алгоритми за обработване на звуковия сигнал.

➤ **Ниво 1 (Layer 1)** – това е най – опростеният модел за кодиране (табл. 5.2). Кодиращите и декодиращите устройства са сравнително прости. За кодиране се използва

алгоритъма *PASC* и психоакустичен модел, известен под названието *модел 1*. Скоростта на цифровия поток на кодирания сигнал може да приема 14 различни стойности от 32 kbit/s до 448 kbit/s. За постигане на $H_i - F_i$ качество необходимата скорост на цифровия поток е 192 kbit/s за монофоничен канал и 386 kbit/s за стереофоничен канал.

Скалирацията се определя в зависимост от максималното ниво на сигнал за всяка подлента в кадъра, т.е. за всеки 12 отчета.

Таблица. 5.2. параметри на стандарта MPEG-1, ниво 1 и ниво 2 за цифрово кодиране на звуковите сигнали

Параметър	MPEG-1 Layer 1	MPEG-1 Layer 2
Брой честотни ленти	32	32
Дължина на блока	12 отчета	36 отчета
Честота на дискретизиране, kHz	32, 44,1, 48	32, 44,1, 48
Времетраене на блока	$32 \times 12/48000 = 8 \text{ ms}$ (при 48kHz честота на дискретизиране)	$32 \times 36/48000 = 24 \text{ ms}$ (при 48kHz честота на дискретизиране)
Мащабиращ фактор	Максимална стойност от 12 отчета	Максимална стойност от 36 отчета
Брой бита на мащабиращия фактор	6	6
Брой бита на отчет	от 2 до 15	от 2 до 15

Ниво 2 (Layer 2) – използва се като метод за кодиране в цифровото телевизионно разпръскване (DVB) и цифровото радиоразпръскване (DAB). Характеризира се с по – висока степен на съкращаване на цифровия поток – същото качество, като при Ниво 1, се постига с около 30% по – малка скорост на цифровия поток. Скоростта на цифровия поток може да приема стойности от 32 до 192 kbit/s. За пренасянето на монофоничен канал е необходима скорост на цифровия поток от 128 kbit/s, а за стереофоничен канал – 256 kbit/s.

В ниво 2 се използва същия психоакустичен модел, както и в Ниво 1, но блокът с данни е три пъти по – продължителен (табл. 5.2, фиг. 5.11). Алгоритъмът за кодиране е *MUSICAM*.

Скалирацията също се определя в зависимост от максималното ниво на сигнала за всяка подлента, но се изчислява за групите от 12 отчета за всяка подлента. По този начин за всяка подлента в кадъра има три скалиращи фактора. Скалирацията фактор може да е общ за две или три групи от по 12 отчета.

➤ **Ниво 3 (Layer 3)** – характеризира се с най – висока степен на съкращаване на скоростта на цифровия поток (табл. 5.3). Това се постига със съответно усложняване на кодиращото и декодиращото устройства в сравнение с Ниво 1 и Ниво 2. За обработване на звуковия сигнал се използва модифицирано дискретно косинусово преобразуване. Съкращаването на скоростта на цифровия поток е почти два пъти в сравнение с Ниво 2. За предаване на монофоничен звуков сигнал е необходима скорост на потока данни от 64 kbit/s, а за стереофоничен сигнал – 128 kbit/s.

Таблица 5.3. Скорост на цифровия поток при различно качество на звука в стандарта MPEG-1, ниво 3

Качество на звука	Режим	Скорост	Компресия
Телефон	Монофоничен	8 kbit/s	96:1
КВ радио	Монофоничен	16 kbit/s	48:1
СВ радио	Монофоничен	32 kbit/s	24:1
УКВ радио	Стереофоничен	64 kbit/s	24:1
Почти CD	Стереофоничен	96 kbit/s	16:1
CD качество	Стереофоничен	128 kbit/s	12:1

Ниво 3 се използва за запис и възпроизвеждане на звук. Вариант на Ниво 3 е MP3, който се използва за записване на звук на компакт дискове. Трите нива на стандарта MPEG-1 са съвместими по възходящ ред. Това означава, че декодер от Ниво 3 модел да декодира цифрови потоци от *Ниво 2* и *Ниво 1*, а декодер от *Ниво 2* – цифровите потоци от *Ниво 2* и *Ниво 1*.

Основните функции, които се изпълняват в кодиращото устройство в трите нива на стандарта **MPEG**, са:

- преобразуване на входния звуков сигнал от времевата област в честотната област чрез бързо преобразуване на Фурие (*FFT – Fast Fourier Transformation*);
- разделяне на общия честотен обхват на 32 подленти с еднаква ширина;
- квантуването на сигнали във всяка подлента се управлява от психоакустичен модел и е в границите от 2 до 15 бита. По този начин се постига най – значително съкращаване на скоростта на цифровия поток;
- използването на психоакустичен модел, който отчита честотното и времевото маскиране и позволява да се отстранят маскираните сигнали във всяка подлента;
- обработването на звуковите сигнали става в блокове, като за всеки блок се формира скалиращ (мащабен) фактор, който съответства на максималната стойност на сигнала в блока. Скалиращият фактор управлява квантуването на сигнала в зависимост от динамиката му.

Стандартът **MPEG-1** *Ниво 1* и *2* предвижда четири основни режима при предаването на звуков съпровод към телевизионните програми:

- *мофоничен режим* – предава се само един звуков сигнал;
- *стереофоничен режим* – предават се два звукови сигнала, в които независимо са кодирани левият и десният канали;
- *свързан стереофоничен режим* (*join stereo*) – за намаляване на скоростта на цифровия поток се използва факта, че левият и десният канали предават близка една до друга информация;
- *двуканален звук* – предават се два канала с различни звукови сигнали – например звуков съпровод на различни езици.

Стандартът MPEG-2 предвижда кодирането до пет звукови канала: ляв – L, десен – R, централен – C, лява заден – LS, десен заден – RS.

5.2.3. MPEG AAC

5.2.3.1. Въведение

С развитието на високоефективни средства за видеокомпресиращо кодиране, като тези, базирани на стандарта **MPEG-4 AVC/H.264**, се откриха реални възможности за реализирането на по широк кръг от **IP TV** услуги в условията на теснолентова мрежова среда. Обемът на предаваните видеоданни стана фактически съизмерим с обема на многоканалните аудиоданни, кодирани съгласно традиционния **MPEG** стандарт. Това от своя страна доведе до естествен стремеж към развитие на още по – ефективни механизми за аудиокомпресия. Резултатът на този стремеж е съвместното разработване от *Fraunhofer Institute, Dolby Laboratories, AT&T, Nokia, Sony* и други водещи в тази област компании на стандарт **AAC** за аудиокомпресиращо кодиране, който би следвало да се разглежда като правопреемник на утвърдения през последните години стандарт **MPEG-1 Layer 3**, популярен с наименованието **MP3**.

AAC е специфициран като част на **MPEG-2**, **MPEG-4** и *Apple's QuickTime 6*. Стандартът ISO/IEC 133818 – 7 дефинира три профила за **MPEG-2 AAC** (*Main, Low Complexity* и *Scaleable Sampling Rate*), а стандартът ISO/IEC 14496 – 3 – осем обектно – базирани профила за **MPEG-4 AAC**, дефинирани още като обектни типове (*Speech Audio, Synthetic Audio, Scalable Audio Profile, Main Audio, High Quality Audio, Low Delay Audio, Natural Audio Profile* и *Mobile Audio Internet Working*), които на практика доразвиват и разширяват комплектациите от **MPEG-2 AAC** качествени и количествено параметри. Както

бе отбелязано в т. 5.1, *Internet Streaming Media Alliance (ISMA)* препоръчва за внедряване в аудио ТВ приложенията с broadcast качество варианта *ACC Profile @ Level 4*, който осигурява максимална честота на дискретизация 48 kHz и брой на аудиоканалите. Като потенциална възможност, т.е. като опция за определен клас приложения, *ISMA* препоръчва да бъде също така използван новият, усъвършенстван *AAC* вариант с перцептуално беззагубна компресия *MPEG-4 High Efficiency AAC (AAC+)*, в който базовата *MPEG AAC* технология се предхожда от механизъм *SBR (Spectral Band Replication)* за разширяване на аудио честотната лента.

В сравнение с *MP3*, *AAC* осигурява по – висока ефективност на кодиране в няколко аспекта:

- При едно и също качество на аудиоизображението **позволява да се намали обемът и респ. скоростта на предаване** на данните средно с около 30%.

- Предлага по – високо в концептуален аспект **качеството на аудиоинформацията при нискоскоростно предаване** на данните.

- Разполага с по – голяма оперативна възможност и гъвкавост за избор на механизми за кодиране и съответно на предпочитани стойности за основните технически параметри, като скорост на предаване, честота на дискретизация, размер на фрейма и др.

- Може да поддържа памет за съхранение на метаданни (т.нар. *MP4 контейнер*), което му осигурява **възможности за вторична обработка на кодираните аудиоданни**, като например прослушване, ранжиране, етиктиране и пр.

Цената на тези преимущества е ангажираното на по – мощни ресурси за обработка и съхранение на данните, което в сравнение с предходния формат *MP3* води до известно схемотехническо усложняване на *AAC* кодера. На настоящия етап на развитие възникват също така понякога проблеми със съвместимостта в права посока, т.е. от нископрофилни, най – често *AAC_MP2* кодеци към определени високо профилни *AAC_MP4* кодеци, както и при използването на някои фирмено патентовани специфични реализации.

5.2.3.2. Специфични характеристики на *MPEG AAC* кодирането

В алгоритъма на *AAC* аудио кодирането са онаследени добре познати базови функционални принципи и методи на *MP3* кодирането: подлентово кодиране и маскиране на основата на психоакустичен модел и пространствено – честотна трансформация; предсказващо кодиране; усилване и квантуване; изчисление на параметри, като *коефициент на мащабиране, стъпка на квантуване, праг на възприемане* и пр., чрез итеративни процедури на анализ и синтез на база на обратни връзки; кодиране на Хъфман и т.н. Така че, *AAC* фактически е създаден на базата на усъвършенстване и разширяване на използваните в тези методи функционални механизми. По този начин, чрез тяхното съвместно прилагане, което е специфично за различните *AAC* профили, се осъществява едно по – ефективно аудиокомпресиращо кодиране.

Блоковата схема на фиг. 5.12 илюстрира характерните за един *AAC* аудиокодер съставни елементи и връзки на гореизброените базови функционални модули.

Функционалните механизми, които в най – голяма степен допринасят за повишаване на ефективността на кодиране са следните:

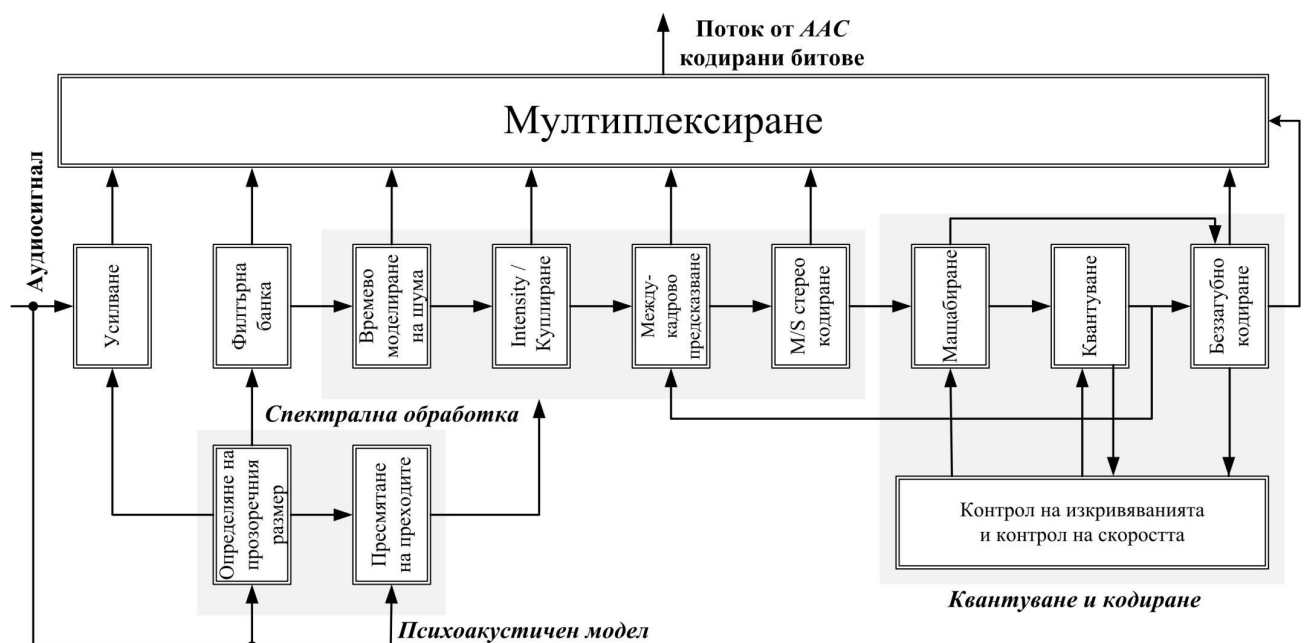
- Хибридна филтърна банка на *MP3* е заменена с превключваема *MDCT (Modified Discrete Cosine Transform)* базирана филтърна банка;

- В сравнение с *MP3* размерът на дългите прозорци е почти двойно по – голям, а този на късите прозорци е по – малък, което осигурява съответно по – висока честотна разделителна способност и по – прецизна обработка на преходите, както и по – слабо изразени артефакти от типа „*pre – echo*”;

- По – гъвкава и ефективна работа със стерео режими *Middle/Side u Intensity*, които може да бъдат купирани на подлентова основа и да се използват едновременно за различни честотни обхвати.

Към категорията на използваните от **AAC** допълнителни механизми може да бъдат отнесени:

- *Времево моделиране на шума TNS (Temporal Noise Shaping)*, чрез което се определя времевото местоположение на шума и квантуване;
- *Обратно адаптивно линейно предсказване (Backward Adaptive Linear Prediction)*, посредством което се увеличава степента на компресия на данните от стационарни сигнали;
- *Перцептуално заместване на шума PNS (Perceptual Noise Substitution)*, което позволява на **MPEG-4 AAC** декодера да симулира шумоподобни сигнали, вместо да се предават данни за коефициенти на такъв род сигнали;
- *Дългосрочно предсказване LTP (Long Term Prediction)*, което спестява на **MPEG-4 AAC** кодека необходимостта да се изпълняват трудоемките изчислителни операции, съпътстващи характерно за **MPEG-2 AAC** междулентово предсказване.
- *Ентропийно кодиране от вида BSAC (Bit Sliced Arithmetic Coding)*, което осигурява допълнително беззагубно редуциране на потока на данни на изхода на **MPEG-4 AAC** аудиокодера.



Фиг. 5.12

5.2.4. MPEG стандарти за компресиране на видео информация

➤ MPEG-1 – използва се за кодиране на източника със скорост на цифровия поток до 1,5 Mbit/s (1,15 Mb/s, за видеосигнала и 350kb/s за сигнала за звуковия съпровод и допълнителна информация). Предназначен е основно за приложение в мултимедията и за записване на видеосигнали и на звуков съпровод на компакт дискове.

➤ MPEG-2 – е с по-широко приложение и е предназначен за кодиране на източника със скорост на цифровия поток от 2 Mbit/s до 15 Mbit/s. Използва се за кодиране и пренасяне на изображения за целите на телевизионното разпръскване. MPEG-2 кодирането се базира на принципите, заложили в JPEG кодирането с добавяне на компенсация на движението.

➤ MPEG-3 – предназначен е за кодиране на източника на телевизия с висока разделителна способност (HDTV-High Definition Television). Методът за кодиране е същият както при MPEG-2, но скоростта на цифровия поток е по-висока – от 16 до 40 Mbit/s.

➤ MPEG-4 – разработката на този стандарт е започната в първата половина на 90-те години на миналия век и е завършена през 1998 г. От 1999 г. е утвърден като

международен стандарт. Първоначално е бил замислен като метод за предаване на поточни мултимедийни данни (например видео) с малък размер (176x144 пиксела (*QCIF*) при 10 кадъра в секунда) в нискоскоростни среди (трансфер между 4800 и 64000 Bits/s). Днес в практически приложения *MPEG-4* може да се използва както за ниска разделителна способност (88x72 пиксела - *SQCIF*), така и за висока - *HDTV*, а поддържаните скорости са от 5 Kbit/s до 10 Mbit/s. За разлика от *MPEG-1* и *MPEG-2*, в които за кодиране се използва линеен подход, *MPEG-4* е обектно ориентиран. Тази технология разглежда всеки аудио-визуален обект (*Audio-Visual Objects* - *AVO*) от изображението като независим от останалите, което позволява постигането на по-добро компресиране.

➤ *MPEG-7* – стандарт, допълващ *MPEG-4* и предназначен за търсене, избор и филтриране на видеоинформация. Нарича се още „*Интерфейс за описване на мултимедийното съдържание*”

➤ *MPEG-21* – предназначен е за създаване на оптимални условия за използване на мултимедийната информация, за обработването, архивирането и предаването и.

5.3. Методи за IP пренос на телевизионни данни и сравнение с останалите технологии за цифрово разпространение на видео сигнал (DVB)

Класическите *DVB* системи (*DVB-T, DVB-S, DVB-C*), които вече бяха разгледани, по първоначален замисъл са създадени за нуждите на масовото телевизионно разпръскване, известно като *TV Broadcasting*. Както е известно, един от общите технологични принципи на тези системи е, че данните на телевизионните програмни продукти (видео-, аудио- и др. данни), структурирани в пакети с постоянна дължина и комплектувани с данни за синхронизация, се мултиплексират и предават във вид на сериен структуриран *MPEG-2 TS* поток от битове - фиг. 5.13.

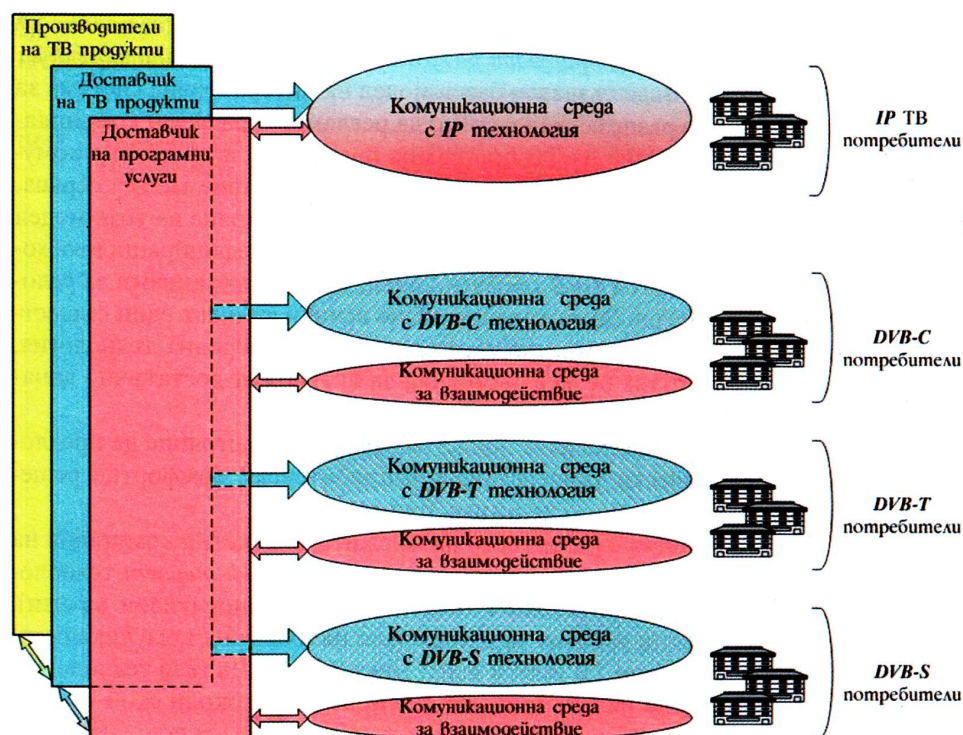
С оглед разширяване на потребителските възможности на тези системи в посока към осъществяването на интерактивни услуги от вида *Доставяне на ТВ програмни канали и на ТВ продукти по групов или индивидуална заявка на клиенти*, се наложи да бъде създаден базов модел на интерактивна система за цифрово телевизионно разпръскване, който да регламентира освен комуникационната среда за доставяне на ТВ програмна продукция, и съответна комуникационна среда за двупосочно оперативно взаимодействие между сервизния доставчик и потребителите. За практическото реализиране на този модел бяха стандартизирани различни технически решения, специфициращи необходимия за целта теснолентов *DVB* обратен канал, както и механизми за условен потребителски достъп. За съжаление обаче, всички те имат един съществен общ недостатък, а именно - не се основават на еднородна технология. Освен това повечето от тях не са в състояние да предложат достатъчно динамична и гъвкава интерактивност.

Основните предимствата на *IP* ТВ технологията в сравнение с останалите може да се обобщи в следните точки:

1. Предлага възможности за технологически еднородна двупосочна комуникация;
2. Осигурява по-ефективно използване на мрежово-комуникационните ресурси в резултат на:
 - динамично преразпределяне на телевизионните програмно-информационни потоци в съответствие с реалното им потребление;
 - оползотворяване на преносния капацитет чрез едновременно предоставяне на потребителя на различни по вид *IP* услуги;
3. Позволява комуникация през хетерогенна мрежова среда, която може да съдържа различни по вид и инфраструктура взаимосвързани мрежи;
4. Осигурява както поточно предаване, така и файлов трансфер на данните;
5. Освен класическия режим *broadcast*, тя предоставя още два режима на поточно предаване на данните - *multicast* и *unicast*;

6. Осигурява поточно предаване на данни както до ТВ приемници, така и до персонални компютри;

7. Може да ползва целия инструментариум (протоколи, интерфейси и други механизми) на повсеместно прилаганата *Интернет* технология, който е:



Фиг. 5.13. Базови технологии за ТВ услуги

- добре развит и изпитан по отношение на ефективност и функционална надеждност;

- общодостъпен;
- изгоден като инвестиция;
- лесен за инсталиране;
- много добре документиран.

По-големите сервисно-функционални възможности на *IP* ТВ технологията, в сравнение с класическите *DVB* технологии, видоизменят в определена степен задачите и инфраструктурата на класическата интерактивна система за цифрово телевизионно разпръскване, което води до качествена промяна в традиционни представи за телевизията като средство за масова информация.

Потребителят на телевизионна информация се превръща от пасивен зрител, какъвто е бил на практика досега, в активен клиент, който разполага с много по-големи възможности за индивидуално самообслужване. Нещо повече, в перспектива се разкриват и други възможности, а именно - подобно на някои *Интернет* услуги, самият той да бъде в състояние да въвежда телевизионни обекти, които доставчиците на програмни услуги и на ТВ продукти евентуално да предоставят на останалите клиенти за ползване при определени условия.

Би следвало да се има предвид обаче, че разгръщането и практическото реализиране на една пълноценна *IP* ТВ платформа на настоящия етап е твърде сложна задача, тъй като е свързано с внедряването и системното интегриране на технологии от три разнородни професионални области: **компютърно-информационна**, **телекомуникационна** и **телевизионно-медийна**, всяка от които е в процес на динамично развитие.

Силните страни на **IP** ТВ системите се проявяват преди всичко в осъществяването на интерактивни услуги. По своя начален замисъл Интернет технологията е създадена със задачата да осигурява двупосочен обмен на данни в режим точка към точка между която и да е двойка мрежови устройства. В класическия случай този обмен се осъществява, както е известно, под формата на асинхронен файлов трансфер. Впоследствие технологията за обмен на данни в режим точка към точка бе разширена чрез комуникационния метод **Unicasting** с възможността за последователно и ритмично предаване на данни във вид на поток от дейтаграми.

Поточното предаване на видео-, аудио- и други мултимедийни данни по технология **Unicasting** създаде условия за реализирането на първите **IP** базирани интерактивни телевизионни услуги. Тази технология несъмнено има своето място и значение за приложения, в които услугата е адресирана към определен индивидуален **IP** потребител. Нейното прилагане обаче, за услуги, обслужващи множество потребители, води до неефективно използване на мрежово-комуникационните ресурси.

Ето защо, за да бъде разширено полето на приложение и в посока към едновременно обслужване на големи множества от потребители, се налага да бъде развита технологичната възможност за поточно предаване на ТВ продукти и в режим *точка към много точки*, т.е. за изпращане на един и същ поток от дейтаграми към група **IP** клиенти, които използват за целта еднакъв **IP** адрес. За реализирането на тази технологична възможност, известна под името **Multicasting**, са създадени подходящи за целта *multicast* протоколи и други помощни средства, които допълват и доразвиват инструментариума на съществуващата *Интернет* технология така, че да се подобри нейната ефективност и за нуждите на този тип приложения.

Важните параметри и характеристики, които са свързани с осигуряване на необходимото качество на транспортните и сервизните услуги (QoS) при **IPTV** са: *загуба на пакети (Packet Loss)*, *времезакъснение (Delay)*, *флуктуация на времезакъснението (Jitter)*, както и *достатъчна честотна лента на преносния канал за осигуряване на необходимия трафик и пропускателна способност на канала за пренос във времето, свързана с гарантираните скорости на данните*. В настоящия етап би могло да се твърди, че няма еднозначно решение за начина на комплектуване и използване на тези средства в иначе широката палитра от **IP** ТВ реализирани системни конфигурации, което прави изследванията свързани с тях, актуални и необходими.

Преносът на данни за осъществяването на различните **IP** ТВ услуги в най-общия случай се основава или на самостоятелното, или на комбинираното използване на двете базови комуникационни технологии: *асинхронен файлов трансфер* и *поточно предаване*. Понастоящем намират практическо приложение следните производни **IP** ТВ комуникационни методи:

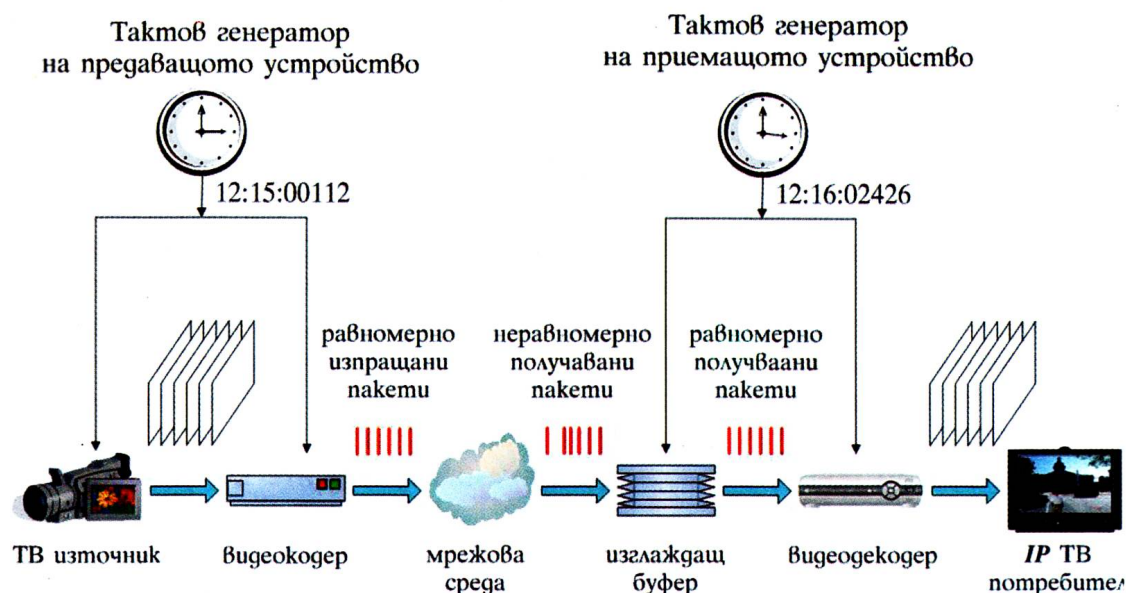
- *файлов трансфер;*
- *псевдопоточно предаване;*
- *поточно предаване.*

Поточното предаване е основният комуникационен метод за осъществяване на **IP** ТВ услуги. Той е предмет на обстойно разглеждане и се характеризира с това, че данните на цифровия ТВ продукт се предават последователно със същата скорост и ритъм, с които приемащото устройство се налага да ги обработва, за да осигури възпроизвеждане на телевизионната информация в нормалните за потребителя ѝ динамика и параметри.

Необходимо е преди да бъдат изпратени, данните в предаващата страна да се разпределят и групират в пакети, така че фактически през мрежата се транспортира поток от пакети. Тъй като маршрутът на отделните пакети в общия случай не е един и същ, закъснението на пакетите от един и същ поток не е еднакво и неговата стойност варира в определени граници. Тази вариация, известна с името *Jitter*, е един от основните фактори за нарушаване на желанния режим на изохронност, т.е. на последователно, ритмично и равномерно предаване на пакетите от данни. Ето защо, в приемната страна данните постъпват най-напред в изглаждащ буфер, с помощта на който на цената на допълнително

закъснение се възстановява режимът на изохронност. Следователно, при поточното предаване на данни приемното устройство трябва да разполага с достатъчно голям скоростен ресурс за декодиране и с достатъчно голям буферен капацитет, които да му позволяват да се справя с пределната скорост на предаване на пакетите, както и с наличната пакетна времева флуктуация от типа *Jitter*.

Представената на фиг. 5.14 последователност илюстрира в опростен вид технологията на поточното предаване от един ТВ източник към един ТВ приемник.



Фиг. 5.14. Технология на поточно предаване

5.3.1. Анализ на видовете поточно предаване

Методът на поточното предаване има множество технологични разновидности, които са съответно подходящи за различни приложения. Те са дефинирани на базата на разнородни критерии и може да бъдат в общия случай класифицирани, както следва:

- Според типа на комуникационната архитектура (точка към точка, точка към много точки или комбинация на двете топологии) **поточното предаване може да бъде от вида: Unicasting, Multicasting или Unicasting & Multicasting**

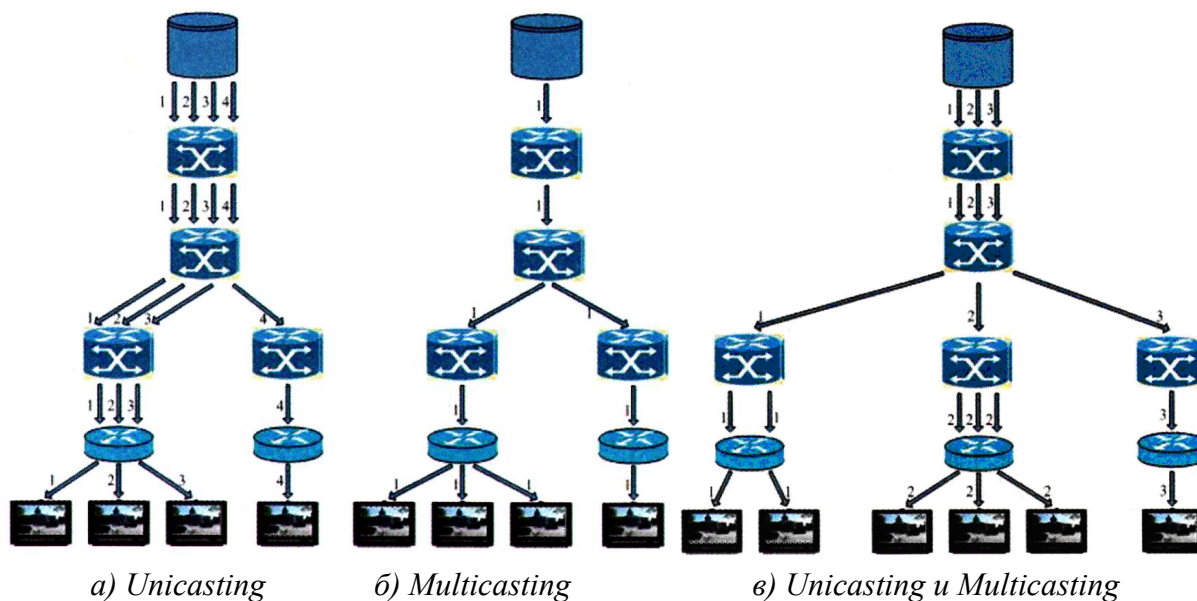
Unicasting е метод за комуникация, при който от източника към получателя, или поточно, към конкретно дефиниран IP адрес и порт на получателя се предава индивидуален поток от данни. Ето защо този метод е подходящ преди всичко за индивидуални услуги от типа на *Доставяне по видеопродукти по заявка (VoD)*, *Мрежово базиран персонален видеорекодер (nPVR)*, *Взаимодействие на клиента със съставни обекти на ТВ продукта*, *Видеоигри по заявка*, *Pay per View* и пр., които обикновено се характеризират с изявено интерактивен характер. За тази цел се експлоатират възможностите на транспортен протокол *TCP*, осигуряващ двупосочна връзка и гарантиращ надеждно предаване на пакетите от данни. Внедряването на *Unicasting* обаче, за приложения, при които един и същ поток от данни е необходим за едновременно ползване от множество получатели, води до неефективно използване на мрежовите комуникационни ресурси, тъй като източникът на информация трябва да предава до всеки от потребителите й самостоятелно копие на потока от данни (фиг. 5.14 а).

Така че, за подобни приложения е подходящ методът за комуникация *Multicasting*, който експлоатира преди всичко възможностите на транспортен протокол *UDP* за предаване на данни в реално време. При този метод източникът предава едно и също копие на потока от данни за едновременно ползване от множество получатели. За целта първо следва да се формира на основата на IP адрес от клас *D* съответна *multicast* група, към която да се присъединяват клиентите, проявяващи желание да ползват този поток от данни. Както е показано на фиг. 5.14 б, потокът от данни, постъпил от източника в мрежовия маршрутизатор, се разклонява и препредава

към множество маршрутизатори, които от своя страна по аналогичен начин го разклоняват и препредават, докато той достигне до всички участници на така ситуираната *multicast* група. Този подход води до две съществени предимства в сравнение с предходния метод, а именно:

- значително по-ефективно използване на мрежовите комуникационни ресурси;
- разпространение на програмния поток по геометрична прогресия, което позволява неограничено разширяване на аудиторията до мащаби, които може да достигнат класическото масово ТВ разпръскване *Broadcasting*.

Unicasting & Multicasting е комбиниран метод за комуникация, при който в типичния случай потокът от данни се доставя до периферните мрежови възли от определен клас по технология **Unicasting**, след което той се предава до крайните му потребители по технология **Multicasting** (фиг. 5.14 в). По този начин се гарантира надеждно доставяне на потока от данни в по-голяма близост до потребителите му, без да се усложняват изискванията към елементите в мрежата за достъп и без да се променя възприятието за едновременното му приемане от определена група потребители.



а) Unicasting б) Multicasting в) Unicasting и Multicasting
Фиг. 5.15. Комуникационни архитектури на поточно предаване

- Според мястото на комплектуване на елементарните съставни потоци на телевизионния продукт (в предаващата или в приемащата страна) предаването на данните може да бъде: **еднопоточно** или **многopotочно**

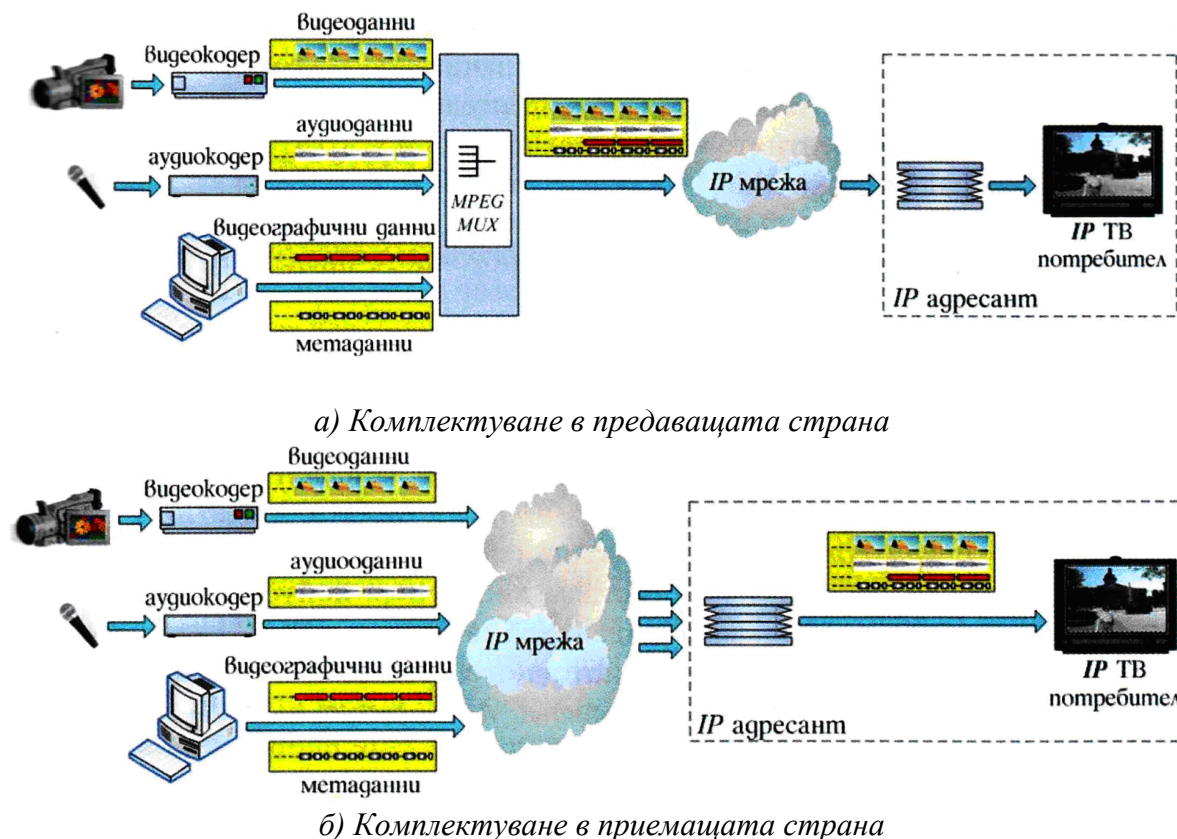
Както е известно, в *DVB* технологиите, синхронизирани елементарни (*PES*) потоци от видео-, аудио-, текстови-, графично-визуализиращи-, мета- и други спомагателни данни на един ТВ програмен продукт в нормалния случай се мултиплексират от неговия доставчик в общ еднoproграмен **MPEG-2** транспортен поток, обозначаван като **MPEG-2 SP TS**. От своя страна сервизният доставчик, с оглед на ефективното използване на общите преносни комуникационни ресурси, преди транспортирането им обединява еднoproграмните транспортни потоци чрез статистическо мултиплексиране в многопрограмен транспортен поток **MPEG-2 MP TS** с постоянна скорост.

В момента могат да се доставят **IP** ТВ услуги, чрез реализация на поточното предаване на един ТВ продукт по два различни начина:

А. Елементарните **PES** потоци от данни на ТВ продукта синхронизирано се мултиплексират в предаващата страна в съответствие с описаната **DVB** технология в *еднoproграмен транспортен MPEG-2 SP TS поток*, който се транспортира след предварително капсулиране на данните му като пакети за въвеждане в *полезния товар* на **UDP/IP** или на **RTP/UDP/IP** транспортните единици (фиг. 5.15 а);

Б. Данните на всеки елементарен **PES** поток на ТВ продукта предварително се капсулират като пакети за въвеждане в *полезния товар* на **RTP/UDP/IP** транспортните

единици, след което се предават като *самостоятелни мултимедийни пакетни потоци*, а синхронизирането на тези потоци се осъществява в приемащата страна на базата на информацията на **RTP** пакетните времеви маркери (фиг. 5.15 б).



Фиг. 5.15. Компектуване на елементарните съставни потоци на предавания ТВ продукт

5.4. Осигуряване на синхронизация при поточно предаване

За да бъде изпълнено основното условие за поточно предаване на данните на цифровия *ТВ* продукт, а именно - възпроизвеждането и изпращането на информация да се извършва с еднаква последователност, скорост и ритъм, работата на приемащото и предаващо устройства трябва да бъде синхронизирана. Това означава, че е необходимо:

- вътрешният часовник на приемника да има еднаква честота с вътрешния часовник (т.е. с тактовия генератор) на източника;
- капацитетът на изглаждащия буфер на приемното устройство да е оразмерен съобразно с наличния пакетен *Jitter* и допустимото пакетно закъснение така, че да се сведе до минимум вероятността от неговото препълване или изпразване.

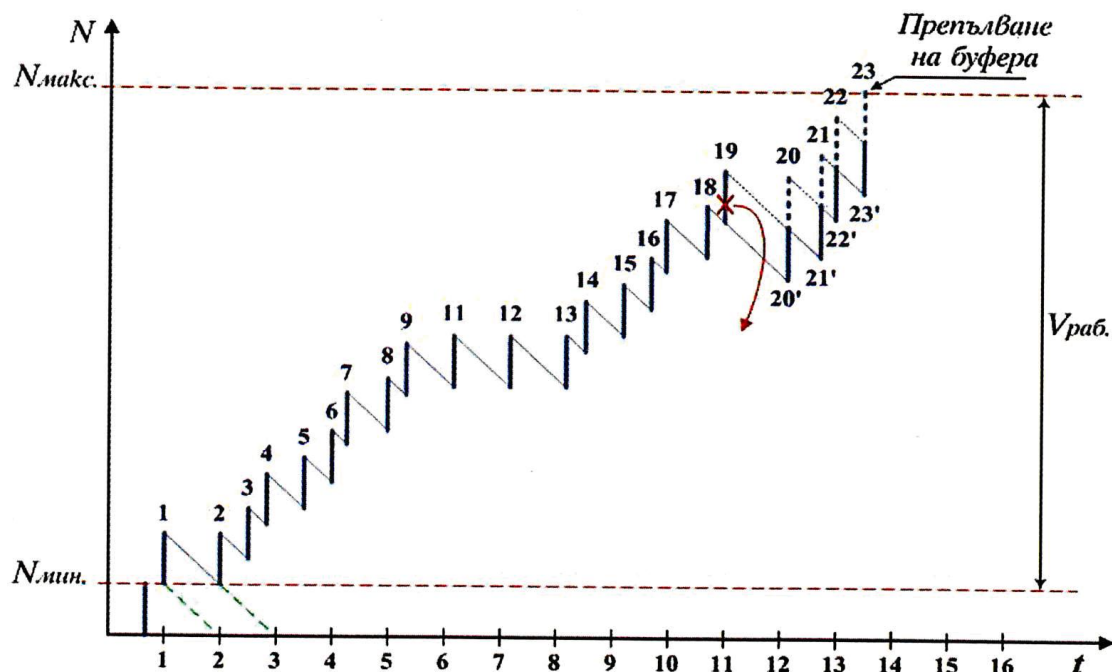
Изпълнението на тези изисквания е достатъчно условие за успешното използване в някои приложения на т.нар. *метод на неявна или косвена синхронизация*. При този метод скоростта на възпроизвеждане на информацията се поддържа постоянна чрез регулиране на пакетния поток от данни на база на отчетената стойност за обем на данните в изглаждащия буфер.

Съществуват различни подходи за регулиране на пакетния поток.

Най-опростеният подход, прилаган в случаи на препълване, се основава на принципа на избирателно отхвърляне на определен тип пакети от входния поток на буфера и на реконструиране на неговия изходен поток на основата на интерполационни изчислителни процедури.

В посочената на фиг. 5.16 примерна илюстрация, пакетите, пристигащи поради наличието на *Jitter* с различно закъснение на входа на изглаждащия буфер, превъзхождат по

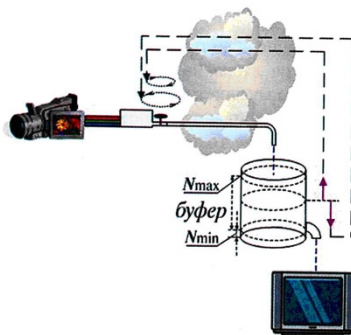
скорост ритмично изходящите му пакети. В резултат на това, за да се избегне препълване, се отхвърля избиращо пакетът с пореден номер 19.



Фиг. 5.16. Предпазване на буфера от препълване чрез избиращо отхвърляне на пакети

Един по-ефективен и респективно по-сложен подход е този, при който на базата на системно получавана обратна информация от приемащите устройства се регулира скоростта на пакетния поток на самия източник чрез *изменение на параметрите на кодиране* на неговите данни - фиг. 5.17. Този метод намира приложение главно в случаи, при които броят на участниците в съответната *multicast* група е ограничен.

При нарастване на броя на участниците комуникацията в реално време изисква по-прецизна времева синхронизация, при която трябва да се държи сметка за времето на изпращане и получаване на пакетите на различните участници. В случаите, в които групата на участниците е сравнително малка, би могла да се приложи *безусловна синхронизация* от типа *точка към точка*. При този метод вътрешният часовник на приемащото устройство се сфазира с произволно генерираната времева информация от вътрешния часовник на източника, който изпълнява по такъв начин функцията и на времеви сървър. Тази времева информация приемникът извлича от съответен времеви маркер, заложен в синтаксиса на изпращания пакетен поток от данни.



Фиг. 5.17. Поддържане на скоростта чрез изменение на параметрите на кодиране

5.5. Характерни елементи и системна платформа при IP технология за пренос на телевизионен сигнал

След представяне на основните принципи на IP технологията и нейните съставни елементи, е необходимо да се разгледат и онези елементи, които не са задължителни за всички приложения, но в общия случай са безусловно необходими за комплексното разгръщане на една IP телевизионна технологична платформа.

5.5.1. Мрежова технология за реализиране на Multicasting

В тази точка е необходимо да се изяснят някои основни и използвани понятия в дисертационния труд, като групово адресиране, протокол IGMP и групово маршрутизиране с протокол PIM-SMv2

5.5.1.1. Групово адресиране

Групово IPv4 адресиране – както е известно груповото адресиране на IPv4 ниво става на базата на адреси от Клас D, чиито стойности са в обхвата от 224.0.0.0 до 239.255.255.255. За да отговори точно на различните по обхват и характер приложения на Multicasting, вътрешната IPv4 адресна архитектура на Клас D е профилирана в три подкласа — D/1, D/2 и D/3. Клас D/1 включва стойностния обхват от 224.0.0.0 до 224.0.0.255, който е резервиран за специфични (т.нар. *well-known*) multicast адреси. Клас D/2 е предназначен за работа в глобален обхват и използва multicast адресите със стойност от 224.0.1.0 до 238.255.255.255. Клас D/3, който обхваща multicast адресните стойности от 239.0.0.0 до 239.255.255.255, е подходящ за администриране в локален по отношение на топология и/или организация обсег.

Групово IPv6 адресиране – при IPv6 адресът представлява 128 разрядно двоично число. Когато трябва да се осъществи групово адресиране, стойността на най-старшите 8 бита на това число се установява на 1. С други думи, шестнадесетичната стойност FF на най-старшия байт изпълнява функцията на идентификатор, който характеризира IPv6 адреса като групов.

5.5.1.2. Управление на груповото членство с протокол IGMP

Мрежовата реализация на широко използвания в IP ТВ технологията комуникационен метод Multicasting, се основава на два съставни, взаимно допълващи се функционални компонента:

- *Групово маршрутизиране;*
- *Управление на груповото членство.*

Преди да бъде дискутиран въпросът за координиране на работата по маршрутизиране на групови дейтаграми, е необходимо най-напред да бъде изяснен въпросът по какъв начин става формирането на групите от крайни потребители. Механизмът за решаването на тази задача в условията на IPv4 мрежова среда е заложен в протокола IGMP (*Internet Group Management Protocol*), а в условията на IPv6 мрежова среда — в протокола MLD (*Multicast Listener Discovery*), който е производен на IGMP.

Протоколът IGMP се използва от IPv4 мрежовите устройства, за да регистрират принадлежността им към една или друга multicast група пред съседен на тях multicast маршрутизатор, който изпълнява функцията на IGMP сървър. Последният контролира ползването на multicast групи от неговите IGMP клиенти. На тази база той определя актуалния за всички негови клиенти набор от multicast групи и изисква от отговорните за това маршрутизатори да подготвят и поддържат съответни маршрути, по които да му бъдат доставяни необходимите групови дейтаграми. IP multicast маршрутизаторът-сървър не е длъжен да контролира броя и индивидуалните IP адреси на неговите multicast клиенти. За да поддържа една multicast група за него е достатъчно да знае, че тя има поне един потребител. Когато установи, че тя няма повече потребители, той незабавно информира за това маршрутизаторите, които му доставят нейните дейтаграми. Тези задачи се изпълняват с помощта на IGMP съобщения, които multicast маршрутизаторът и неговите устройства-клиенти разменят помежду си. IGMP съобщенията се опаковат и пренасят като полезен товар на IP дейтаграмите.

Съществуват три съвместими по низходящ ред версии на протокола IGMP — v1, v2 и v3, които са специфицирани съответно в RFC-1112, 2236 и 3376, и две версии на протокола MLD — v1 и v2 (RFC 2710), от които MLDv1 е производна на IGMPv2, а MLDv2 — на IGMPv3.

Първата и най-опростена версия на протокола *IGMP* осигурява членуване на клиентските устройства в т.нар. *Any Source Multicast* групи, източникът на данни за които е без значение. За разлика от останалите две версии, тя не се използва в *IP* телевизионните технологии. Главната причина е, че поради отсъствието на специално съобщение за напускане на една *multicast* група, изключването на един участник става на база на периодична проверка на отговорния *multicast* маршрутизатор за текущото членство. Това води до непостоянно по стойност и неприемливо за подобни приложения времезакъснение.

Този недостатък е отстранен в следващата версия *IGMPv2*, в която наред с това са разширени и възможностите на *multicast* маршрутизатора. По-конкретно, неговото традиционно съобщение-запитване до всички *multicast* устройства в подмрежата е допълнено със съобщение-запитване „*Group-Specific Query*“, което може да се адресира само до членовете на точно определена *multicast* група.

В последната версия 3 на протокола *IGMP* гореописаните функционални възможности са разширени още повече. Така например, освен отделните клиентски заявки за изключване и за включване от и към дадена *multicast* група, *IGMPv3* предлага обединена заявка за превключване на клиента от една *multicast* група към друга. Благодарение на това се намалява още повече времето за превключване, което за приложения като тези, свързани с избиране на телевизионни канали, е от изключително актуално значение. *IGMPv3* позволява също така на клиентските устройства да членуват не само в *Any Source Multicast* групи с посочен *IP* адрес, но и в т.нар. *Source-Specific Multicast* групи, т.е. в *multicast* групи, източникът или източниците на които са специфицирани чрез техния индивидуален *unicast IP* адрес. Това дава възможност да бъде блокиран достъпът към групата за проникване на данни от нежелани източници.

Съгласно със спецификация *RFC-3376 IGMPv3* работи с два вида съобщения — *Membership Query* (Запитване за членство) и *Membership Report* (Известие за членство), които имат различна пакетна структура.

Както е показано на фиг. 5.18, за да бъде осигурена съвместимост с предходната Версия 2 на протокола, пакетната структура на съобщенията от вида *Membership Query* фактически представлява едно разширение на пакетната структура или по-конкретно, най-горните четири полета имат аналогични наименования и предназначения, при което полето „*Tun*“ носи също шестнадесетичната стойност *0x11*.

(8) Тип		(8) Макс. време за отговор		(16) IGMP контролна сума	
(32) Адрес на групата					
(4) Резервно	(1) S	(3) QRV	(8) QQIC	(16) Брой N на източниците	
(32) Адрес на източник I					

Адрес на източник N					

Фиг. 5.18. Пакетна структура на *IGMPv3* съобщенията от вида *Membership Query*

IGMPv3 съобщението представлява запитване, което се изпълнява в един от следните три варианта: *General Query*, *Group-Specific Query* и *Group-and-Source-Specific Query*.

Значението му в първите два варианта е еднакво с това на неговите едноименни варианти на *IGMPv2*.

В третия вариант съобщението съдържа въпрос за изясняване на това, дали *Source-Specific Multicast* групата, специфицирана в *IGMPv3* пакетната структура чрез нейния *IP*

адрес и чрез индивидуалните *unicast IP* адреси на нейните източници, има в момента потребители. В този вариант съобщението се адресира към посочената в него *multicast* група. За предходните варианти на съобщението в полетата „Брой *N* на източниците“ и „Адрес на източник (от 1 до *N*)“ се въвежда съответно нулева стойност.

Останалите 4 пакетни полета, показани на фиг. 1.12, имат следното предназначение:

Полето „Резервно“ засега не се използва, поради което в него се въвежда стойност 0. Флагът „*S*“ служи за индикация към приемащите *multicast* маршрутизатори да спрат нормалното актуализиране на таймера, докато прослушват запитването. Полето „*QRV*“ съдържа т.нар. „променлива на подателя за устойчивост“ (*Querier's Robustness Variable*) към очакваните пакетни загуби в мрежата, а полето „*QQIC*“ - код *Querier's Query Interval Code*, който специфицира времеинтервала между изпращаните от подателя запитвания от типа *General Query*.

IGMPv3 съобщенията от вида *Membership Report* се генерират от всяко *multicast* устройство-клиент в отговор на запитвания от вида *Membership Query* или по негова инициатива, за да обяви, че се изключва от и/или се свързва към една или повече *multicast* групи. Поради това, тези съобщения имат многофункционална обща пакетна структура, която е различна от тази на едноименния вид *IGMPv2* съобщения. С оглед на нейното разграничаване, в първото поле „*Tun*“ на структурата се въвежда шестнадесетичното число *0x22*. Както е показано на фиг. 5.19, пакетната структура съдържа от 1 до *M* едноименни полета, във всяко от които е записана информация, касаеща отделна *multicast* група, както и предхождащо ги поле с информация за броя на тези *multicast* групи. Вътрешната структура на полето „Групов запис“ е изобразена на фиг. 5.20. Значението на нейните съставни полета „Адрес на групата“, „Брой *N* на източниците“ и „Адрес на източник (от 1 до *N*)“ е аналогично с това на едноименните полета от фиг. 1.12.

IGMPv3 съобщенията от вида *Membership Report* се изпращат от устройството-подател до свързаните с него *multicast* маршрутизатори на стандартизирания за тази цел *multicast* адрес *224.0.0.22*.

С оглед осигуряване на неговата обратна съвместимост *IGMPv3* поддържа също така съобщенията *Membership Report* от типа *0x12* на *Версия 1* и типа *0x16* на *Версия 2*, както и съобщението „*Leave Group*“ от типа *0x17* на *Версия 2*.

(8) Тип	(8) Резервно	(16) Контролна сума
(16) Резервно		(16) Брой <i>M</i> на груповите записи
(32) Групов запис <i>I</i>		

Групов запис <i>M</i>		

Фиг. 5.19. Пакетна структура на *IGMPv3* съобщенията от вида *Membership Report*

(8) Тип на груповия запис	(8) Обем на спомаг. данни	(16) Брой <i>N</i> на източниците
(32) Адрес на групата		
(32) Адрес на източник <i>I</i>		

Адрес на източник <i>N</i>		
Спомагателни данни		

Фиг. 5.20. Вътрешна структура на полето „Групов запис“

5.5.1.3. Групово маршрутизиране с протокол PIM-SMv2

Протоколът PIM-SM е специфициран в две версии. PIM-SMv2 е най-ефективният протокол за групово маршрутизиране в мрежова среда с глобален обхват и с разпръснато разположение в топологически аспект на *multicast* потребителите. Той е предмет на самостоятелно разглеждане, тъй като именно в дефинираната по-горе среда става, както ще бъде изяснено в следващия раздел, разгръщането на една типична IP ТВ технологична платформа.

PIM-SM е протокол, който контролира и поддържа информация за маршрутното състояние на всяка *multicast* група в съответната област. Маршрутизаторите в една PIM-SM мрежа следят състоянието на редица други маршрутизатори и на дърветата за разпространение до всички групови потребители.

Като изявен представител на протоколно независимата фамилия PIM, PIM-SMv2 използва за ситуйране на неговата таблица за *multicast* маршрутизиране MRIB (*Multicast Routing Information Base*) информацията в наличните таблици за *unicast* маршрутизация, независимо от *unicast* протокола, по който са създадени. Задачата на MRIB е да определи следващия маршрутизатор, към който следва да бъде изпратена една заявка „Join/Prune“ за присъединяване/отрязване, като по този начин маркира обратния път на трасето за предаване RPF (*Reverse Path Forwarding*) на пакетите с *multicast* данни към техните потребители. За разлика от другия представител PIM-DM на протоколно независимата фамилия PIM обаче, който може да конструира дървото си за разпространение единствено на базата на модел *Source specific tree* и на технологията Push на предлагане на *multicast* данни на потребителите, PIM-SMv2 е в състояние да използва за тази цел също така модел *Shared tree* и техниката Pull на изтегляне на разклонения от дървото по инициатива на потребителите. Така, благодарение на широкия спектър от механизми, с които работи, той е в състояние гъвкаво да преконфигурира конструираното от него дърво с оглед на адаптирането му към промените в мрежовата среда.

Алгоритъмът на PIM-SMv2 конструира дървото за разпространение на два етапа:

- I. Етап на начално конфигуриране;
- II. Етап на оптимизиране.

I. Етап на начално конфигуриране

В етапа на начално конфигуриране се конструира дърво за разпространение по модел *Center-specific tree*. Опорните маршрутизатори на PIM-SM споделят дървото, които в зависимост от мащабите на мрежата могат да бъдат от един до няколко на брой, са известни с наименованието *Rendezvous Points (RP)*, т.е. *сборни пунктове*. От тук и дървото, на което те са корен, носи името *Rendezvous Point tree (RTP)*. Всяка *multicast* група има свой собствен RP. Той представлява общ изходен пункт за доставяне до нейните членове на изпращаната от източника информация. Ето защо, първата стъпка в конструирането на едно дърво за разпространение от типа „*Rendezvous Point tree*“ е да бъдат конфигурирани *сборните пунктове*. За решаването на тази задача съществуват няколко алтернативни подхода, най-популярни от които са:

1. RP, арбитрирани от Auto-RP комплектуващ агент;
2. RP, арбитрирани от BSR;
3. *anycast* статични RP;
4. *anycast* RP, арбитрирани от Auto-RP комплектуващ агент.

Работата по първия подход се основава на първоначално конфигуриране на един от маршрутизаторите в качеството му на RP комплектуващ агент „Auto-RP“, интерфейсите на който му позволяват той да функционира както в режим на компактно, така и в режим на разпръснато топологическо разположение. Част от маршрутизаторите в същата област са конфигурирани като кандидати за работа в качеството им на RP. На RP кандидатите се присвояват регламентирани IP групови адреси „224.0.1.39“ и „224.0.1.40“. RP кандидатите изпращат на RP комплектуващия агент Auto-RP съобщения, чрез които обявяват своята функционална готовност. Изпълнявайки ролята на арбитър, който предотвратява възникването на конфликти, Auto-RP в крайна сметка разпраща до всички маршрутизатори съобщения с информация за *сборния пункт RP*, към който е комплектувана всяка една *multicast* група. За да бъде елиминирана вероятността от евентуална поява на неочакван и

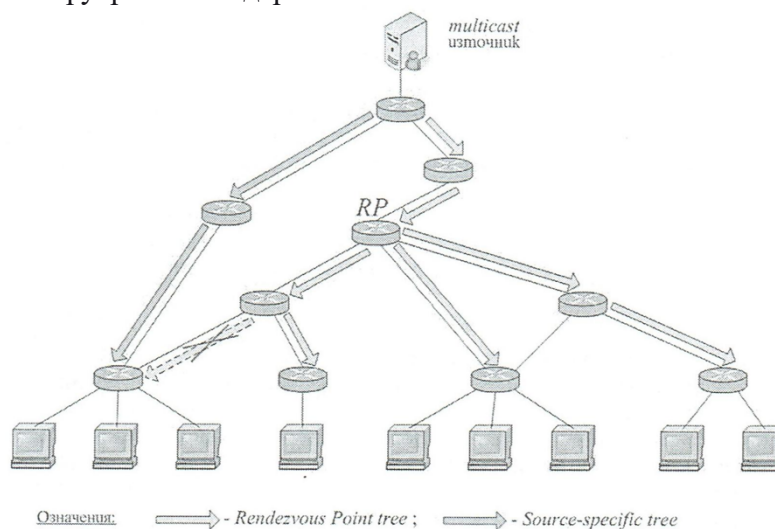
непознат за сборните пунктове източник, всеки *PIM-SM* маршрутизатор се конфигурира като потенциален *RP* резерв (*sink RP*) на възможните *multicast* групи, които би могъл да бъде активиран в случай на нужда. Едно от по-съществени предимства на разглеждания подход е способността му чрез въвеждане на различни стойности в полето „*TTL*“ на *Auto-RP* съобщенията да бъде мащабиран *RP* адресът в рамките на областта.

Вторият подход се отличава от първия по това, че арбитражната функция при комплектуването на *RP* сборните пунктове се изпълнява от маршрутизатор за начално зареждане *BSR* (*Bootstrap Router*). Той се избира на приоритетен принцип от група маршрутизатори, които са конфигурирани като кандидати за работа в качеството на *BSR*. В повечето случаи това са същите маршрутизатори, които се конфигурират и като кандидати за работа в качеството на *RP*. В случай, че действащият *BSR* излезе от строя, по същата процедура се избира друг *BSR*. *BSR* удостоверява своята функционална готовност чрез периодично разпращане на съобщения за това до всички маршрутизатори в контролираната от него област. Той разпространява до тях на регламентирания *IP* групов адрес *224.0.0.13* и съобщения с информация за *RP* сборния пункт, към който е комплектувана всяка една *multicast* група. За разлика от *Auto-RP* обаче, *BSR* разпространява този вид съобщения с *TTL* стойност, равна на 1, т.е. *възел по възел*, което не позволява да бъде осъществявано мащабиране на *RP* адреса.

Общ недостатък на двата разгледани подхода е, че те не са в състояние да осигурят баланс на трафикното натоварване и времето за преконфигуриране при промени в *RP* е от порядъка на 3 минути.

II. Етап на оптимизиране

Когато един краен маршрутизатор, получаващ *multicast* данни за своите потребители от група *G* по така конструираното *RP* дърво, открие в поддържаната от него *unicast* таблица за експедиране по-кратък маршрут до източника *S*, той изпраща към него съобщение „*Join*“. Това позволява на крайния маршрутизатор на източника *S* да конструира до подателя дърво за разпространение по най-краткия път от модел *Source specific tree*. Ако това се случи, крайният маршрутизатор на потребителите изпраща до *RP* съобщение от вида *Join/Prune* със заявка за напускане, което води до „отрязване“ на *RPT* разклонението към него. В резултат на това *multicast* данните ще достигат до него по най-краткия път, който би могъл да се окаже най-кратък и за други крайни маршрутизатори на група *G*. За някои от крайните маршрутизатори на тази група обаче, както е илюстрирано с примера на фиг. 5.21, подобно решение може да не е рационално и те да продължат да получават данните си по първоначално конструираното *RP* дърво.



Фиг. 5.21. Преход от начално конфигуриране към оптимизиране на Дървото за разпространение

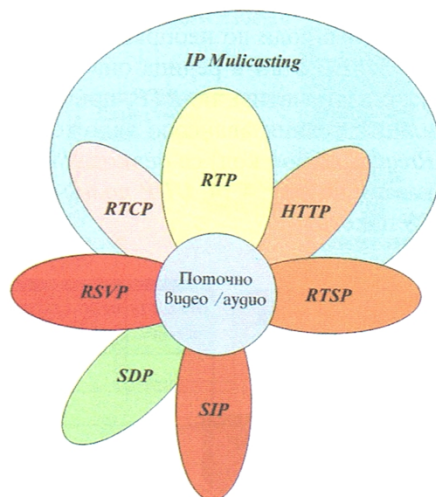
С други думи, решението за оптимизиране на дървото за разпространение не е еднозначно и окончателно. Динамиката в условията за реализиране на *Multicasting* налага да се поддържат пускови механизми за многократна смяна на модела за конструиране на дървото за разпространение. Има

също така и случаи на технологични платформи с относително неголеми *multicast* групи, за които се предлага да бъде прескочен разгледаният етап на начално конфигуриране и чрез прилагане на метод *PIM Source_Specific Mode (PIM-SSM)* да бъдат конструирани директно към всички дестинации дървета за разпространение по най-краткия път.

5.5.2. IP ТВ протоколна комплектация на приложния слой

5.5.2.1. Протоколи на Приложния слой за IP ТВ поточна комуникация

Добре известно е, че най-висшестоящият в йерархията на *Интернет стека* *приложен слой* включва многообразие от протоколи, което продължава да се разширява с появата на нови услуги и приложения. Ето защо обект на анализ и изследване са тези, които служат за реализиране на базовата технология за поточно предаване на ТВ мултимедийни данни. Това са протоколите: *RTP (Real Time Transport Protocol)*, *RTCP (Real-Time Control Protocol)*, *RSVP (Resource Reservation Protocol)*, *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)*, *RTSP (Real-Time Streaming Protocol)*, *SDP (Session Description Protocol)* и *SIP (Session Initiation Protocol)*. Тяхното значение за приложенията, в които се осъществява *Multicasting*, е илюстрирано на фиг. 5.22. С изключение на *SIP*, който е ориентиран основно към мултимедийни конферентни услуги, всеки един от тези протоколи ще бъде предмет на самостоятелно и детайлно обсъждане и изследване. Така че, задачата на изложението в тази точка е да бъде изградена най-обща представа за тяхното място и значение, която да улесни представянето на *IP ТВ* системната платформа в тази глава.

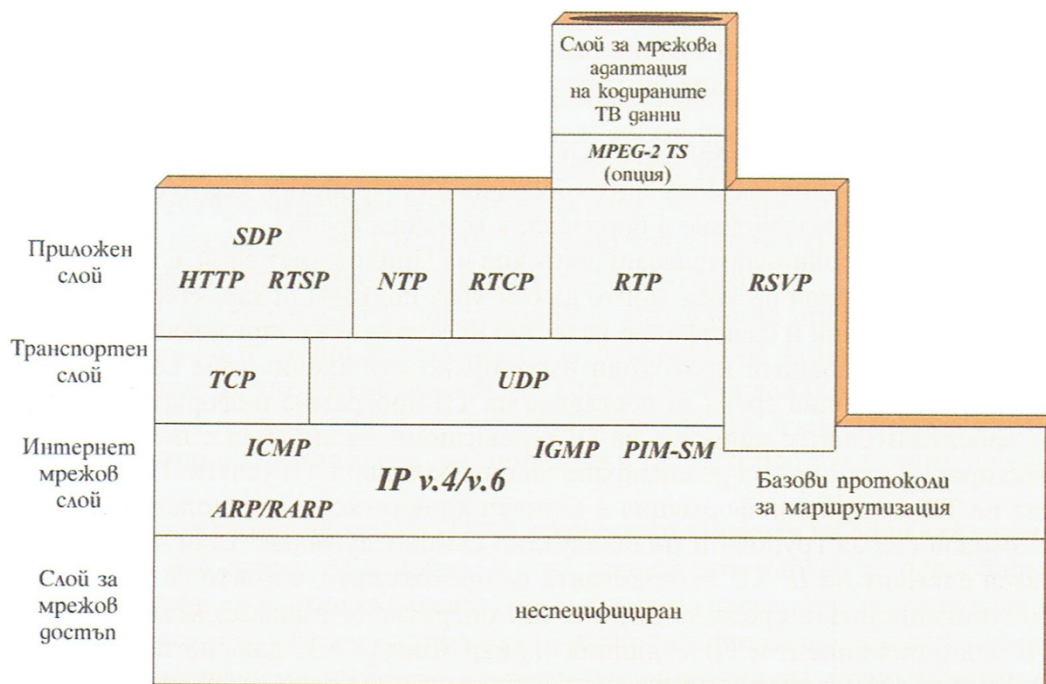


Фиг. 5.22. Протоколи от Приложния слой, с които се осъществява поточно предаване на мултимедийни данни

5.5.2.2. Комуникационна архитектура на IP ТВ протоколния стек

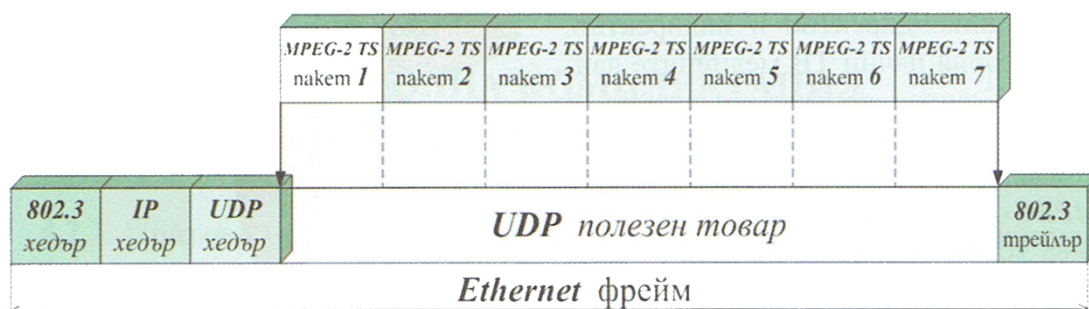
Протоколната конфигурация, изобразена на фиг. 5.23, илюстрира в контекста на общоизвестния четирислоен *Интернет* комуникационен модел чрез местоположението и взаимовръзката на основните протоколи, с помощта на които понастоящем се осъществява ТВ медийна поточна комуникация в *IP* мрежова среда.

RTP е протоколът от Приложния слой с ключова роля в този вид услуги. Както показва наименованието му, той е предназначен за предаване на данни в реално време отначало докрай. Тъй като закъснението на данните е от критично значение за решаването на тази задача, той използва преносния ресурс на подходящия за тази цел транспортен протокол *UDP*. Както ще бъде детайлно изяснено, *RTP* пакетите носят в заглавната си част времеви маркер, който служи за отстраняване на междупакетната времева флукутация (от вида *jitter*) и за междумедийна синхронизация. В техния *полезен товар* след съответно адаптиране се въвеждат кодираните ТВ медийни данни. Те могат да бъдат опаковани по два начина: директно и индиректно.



Фиг. 5.23. Протоколен стек за ТВ медийна поточна IP комуникация

При втория начин ТВ медийните данни най-напред се мултиплексират и въвеждат като *полезен товар* на използваните в DVB технологиите MPEG-2 транспортни единици, които след това се опаковат на групи в RTP пакетите. Като много от необходимите за приложението механизми в синтаксиса на RTP и на MPEG-2 TS, като например тези за времева синхронизация и за отстраняване на грешки се дублират в една или друга степен. Това води до неоправдано нарастване на транспортния овърхед. Ето защо MPEG-2 TS в редица унаследени системни решения се прилага по-скоро като алтернатива на RTP, при която неговите транспортни единици (евентуално с техния авансово заложен излишък за външно кодиране на база на Read-Solomon код) се опаковат направо като UDP *полезен товар*. Както е показано на фиг. 5.24, UDP *полезният товар* има капацитет да носи 7 MPEG-2 TS пакета.



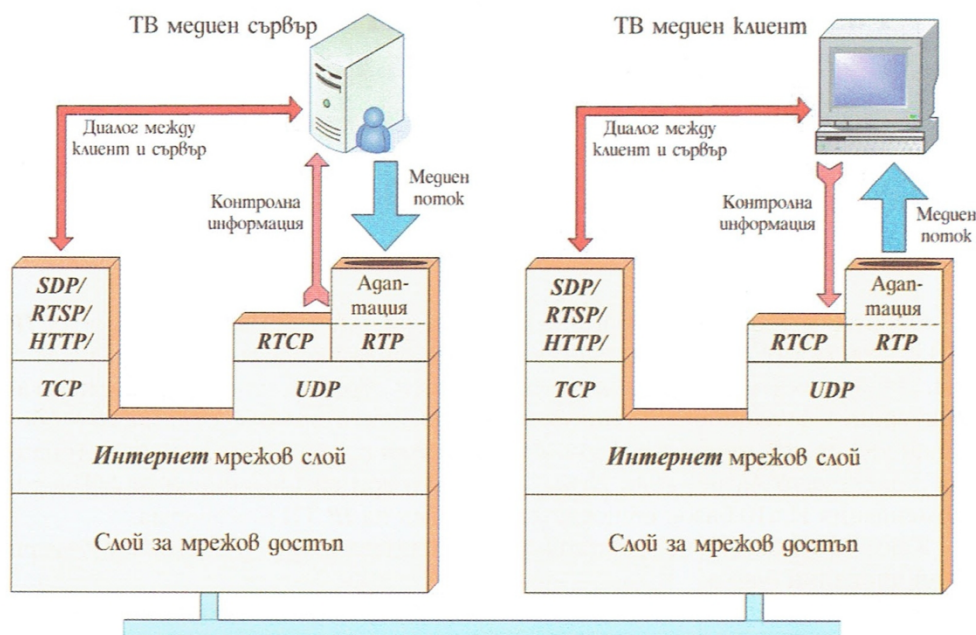
Фиг. 5.24. Алтернативно комплектуване на ТВ медийните данни в транспортната структура на UDP/IP протоколен стек

RTCP е контролно-управляващ протокол на Приложния слой, който допълва работата на RTP. Той е предназначен за събиране на статистическа информация за качеството на доставяните услуги, която служи за динамично регулиране и оптимизиране на параметрите на връзките в условията на наличната мрежова среда.

Протоколът NTP, разположен също така в Приложния слой, осигурява механизъм за глобална времева синхронизация на устройства, които се намират в процес на взаимодействие в произволна мрежова среда.

RSVP е контролно-управляващ протокол на Приложния слой. Служи за заявяване на мрежови ресурси, които да осигурят подходящи характеристики на потоците от данни и специфично качество на услугата за определени клиенти.

Така представените протоколи имат пряко отношение към създаването на комуникационна среда за доставяне на ТВ програмна информация. Едно от забележителните качества на *IP* телевизионната система е нейният голям потенциал за реализиране на интерактивни ТВ услуги. Потребителят на ТВ медийна информация е активен клиент, който разполага с богати възможности за групово и индивидуално самообслужване. Така че, другият базов елемент на *IP* ТВ технологията са протоколите, с които се реализира комуникационната среда за двупосочно оперативно взаимодействие между ТВ медийния клиент и ТВ медийния сървър. Фигура 5.25 дава нагледна представа за протоколната конфигурация, с помощта на която се осъществява това взаимодействие.



Фиг. 5.25. Протоколна конфигурация на взаимодействието между ТВ медияен сървър и ТВ медияен клиент

Ключова роля в това функционално направление има протоколът RTSP, подпомаган при изпълнение на задачите му от протоколите HTTP и UDP. RTSP и HTTP в типичния случай работят върху транспортен протокол TCP, който гарантира надеждно доставяне на данните, но не гарантира получаването им в реално време. SDP няма собствен транспортен механизъм и използва транспортните ресурси на първите два протокола.

RTSP е предназначен за дистанционно управление през мрежова среда на системи за поточно предаване на мултимедийни данни със софтуерна архитектура от типа клиент-сървър. Той обслужва заявки и в двете посоки — от клиент към сървър и от сървър към клиент, вземайки под внимание предходните команди и съблюдавайки цялостното състояние на една сесия.

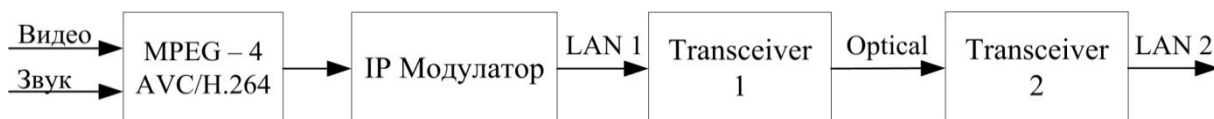
Добре познатият протокол HTTP, обслужващ заявките на един web клиент към един web сървър, се използва в това приложение главно за придобиване на метаданни за търсения медияен обект, т.е. като посредник за откриване на специализирания медияен сървър, както и за описание на предстояща сесия. SDP специфицира формата за текстово описание на поддържаните от RTSP и HTTP сесии.

Глава 6

ПРЕНАСЯНЕ НА ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ СИГНАЛИ ПО ОПТИЧНА И ЛОКАЛНА МРЕЖА

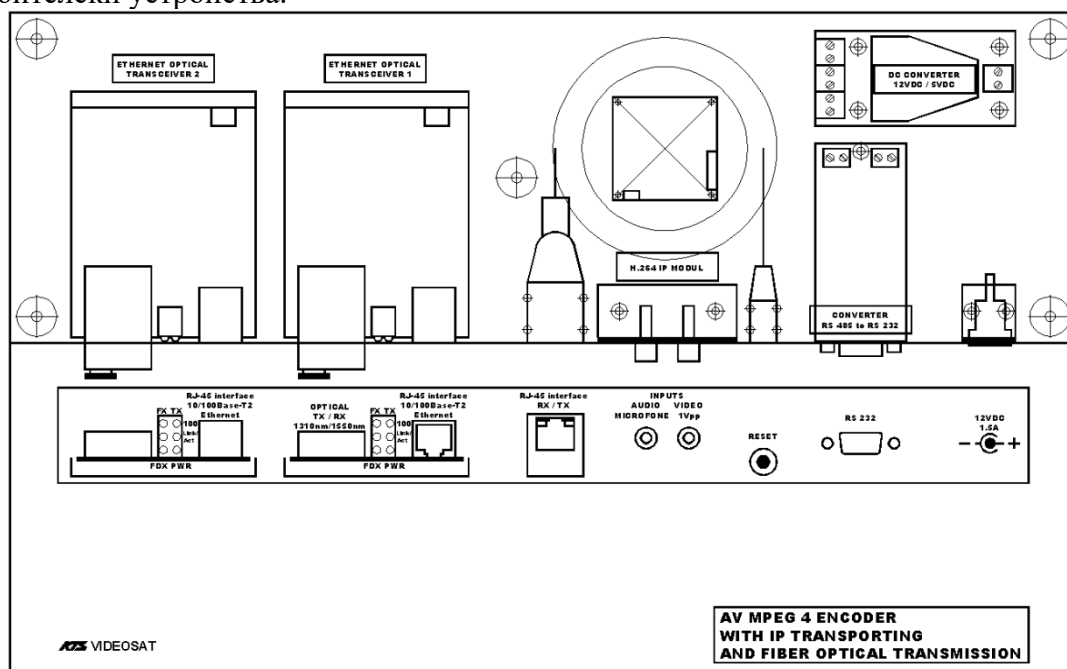
6.1. Блокова схема на стрийминг на аудио и видео

На фиг. 6.1. е представена блоковата схема на стенд за стрийминг на аудио и видео сигнали по оптична и локална мрежа



Фиг. 6.1. Блокова схема

На входа на устройството постъпват некомпресирани видео и аудио сигнали. Тези данни се компресират от MPEG-4 AVC/H.264 компресиращо устройство. След това тези сигнали се стриймват в локалната мрежа от „IP Модулятор”. Данните се предават по локална мрежа (LAN) до Transceiver 1, като дължината на LAN кабела може да бъде до 100м. Transceiver-а преобразува сигнала от електрически импулси в светлинни и ги прехвърля по оптичен кабел до Transceiver 2, а Transceiver 2 ги преобразува обратно от светлинни в електрически импулси, предавайки ги обратно по LAN мрежата до крайните потребителски устройства.



фиг. 6.2. Принципна схема на проекта за стриминг на аудио и видео

6.2. MPEG-4 AVC / H.264

6.2.1. Въведение

Натрупаният през последните две десетилетия опит от прилагането на стандартите за видеокомпресиращо кодиране от фамилията **MPEG** (**MPEG-1**, **MPEG-2**, **MPEG-4**) и от поредицата „**H.261** – **H.263++**” послужи като база за осмисляне, обобщаване и доразвиване на техните полезно практики. Така възниква инициативата за разработване на нов стандарт за видеокодиране, който при непроменено качество на възприемане на видеоизображението да осигури възможно най – висока степен на компресиране на данните.

С тази задача се зае *Joint Video Team (JVT)*, който със съдействието на *ISO/IEC* и *ITU-T* дефинира комплекс от синтактични норми и правила за компресиращо кодиране и декодиране на един поток видеоданни. На тази основа бе специфициран проект – стандарт с наименованието *AVC (Advanced Video Coding) /MPEG-4 part 10/* или *ITU-T* рекомендация *H.264* (Project name *H.264*). Той дефинира комплектации от функционални възможности и количествени параметри, които се йерархически структурирани във вид на три профила (*Baseline, Main и Exstended*) с общо четиринадесет нива.

MPEG-4 AVC/ H.264 кодирането превъзхожда досега прилаганите стандарти за видеокомпресия по следните приложно – технически характеристики:

- При едно и също качество **позволява да се намали обемът и респ. скоростта на предаване** на данните на видеозображението със стандартна и с висока разделителна способност **между 2,25 и 2,5 пъти.**

По – нагледна представа за възможностите на *H.264/MPEG-4 AVC* дават данните в таб. 6.1 от съпоставка на база на класическия стандарт *MPEG 2* по скоростни характеристики с два други авангардни стандарта за видеокомпресиращо кодиране – *MPEG-4 ASP* и *H.263 HPL*.

Таблица 6.1. Сравнение по скоростни характеристики на *MPEG-4 AVC* с други авангардни видеостандарти, прилагани за IP услуги

Кодер	MPEG-4 ASP	H.263 HPL	MPEG 2
MPEG-4 AVC/ H.264	38,62	48,8	64,46
MPEG-4 ASP	–	16,65	42,95
H.263 HPL	–	–	30,61

- Осигурява **еднакво добро качество на видеоинформацията при всички скорости на предаване** на данните, включително и при най – ниските.

- Гарантира **висока степен на адаптиране към ограниченията, произтичащи от закъснение**, което разширява диапазона на неговото приложение – от системи за съхранение и от сървърно базирани системи за поточно предаване на видеоданни до системи за видео комуникация в реално време от типа на видеоконферентни системи.

- Разполага с **по – богато и по – ефективен инструментариум от механизми за корекция на грешките**, част от които са характерни за мрежите с пакетна комуникация и за безжичните мрежи.

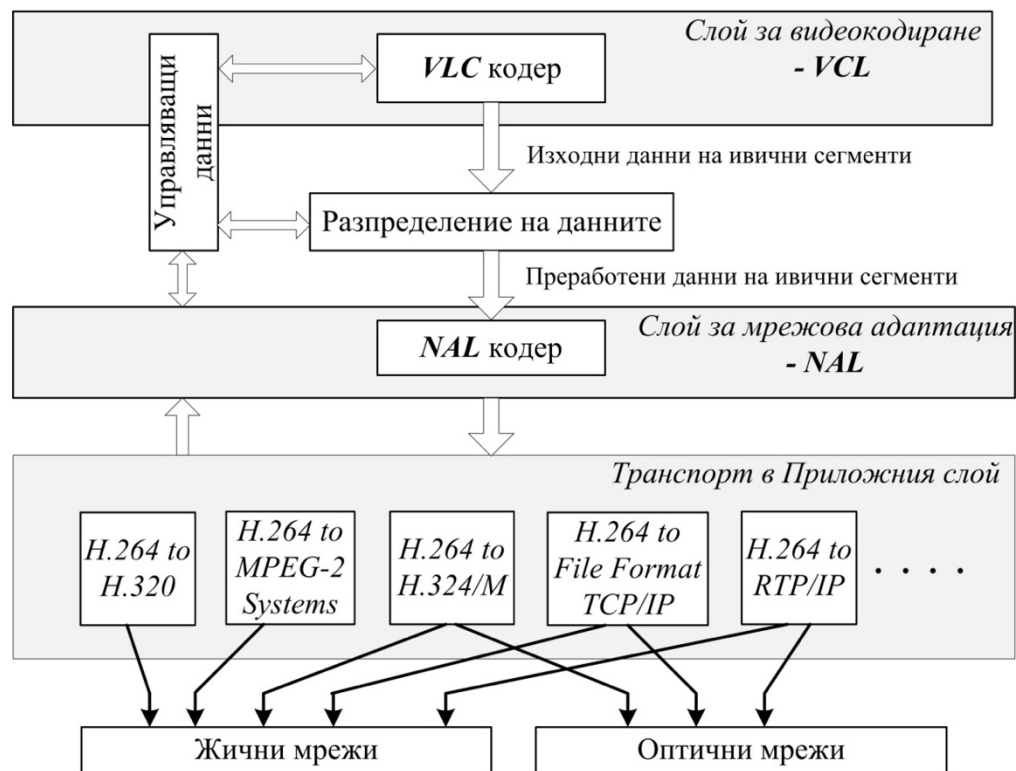
- Както в качествен, така и в количествен аспект **предлага по – висока степен на мащабируемост и респ. по – голяма оперативна гъвкавост** на основата на концептуално разграничаване на задачите за пренос на видеоданните от задачите за тяхното кодиране.

Цената на тези преимущества е ангажирано на по – мощни ресурси за обработка и съхранение на данните. В схемотехнически аспект това означава едно усложняване на кодера от порядъка на 4 – 5 пъти, а на декодера – от порядъка на 2 – 3 пъти. По – сложната обработка е свързана, естествено, с разход на повече време. Произтичащото от нея времезакъснение обаче е относително по – малко от транспортното закъснение и на практика и без значение за разглежданите от нас приложения.

6.2.2. Технологична платформа

В концептуален аспект технологичната платформа на *AVC/H.264* е изградена, както е показана фиг. 2.3. върху два слоя:

- Слой **Кодиране на видеоданните – VCL (Video Coding Layer)**
- Слой **Мрежова адаптация на данните – NAL (Network Abstraction Layer).**



Фиг.6.3. Технологична платформа на H.264

Задачата на VLC слоя е да редуцира по ефективен начин количеството на видеоданните, кодирани в цифров компонент формат 4:2:0 с прогресивна и/или презредова развивка, където двата полукадъра може да се кодират по – отделно като два полукадрови периода или заедно като един кадър.

Функционалната концепция на **VLC** слоя включва характерните за **MPEG** основни принципи и механизми на макроблоково базирано видеокодиране с междускадрово предсказване, компенсация на грешката от предсказване, трансформация и квантуване на данните на остатъчния сигнал, ентропийно кодиране, които в случая са допълнени с вътрешнокадрово предсказване и с блоково изравняващо филтриране. Основната сила на **H.264/MPEG-4 AVC** кодирането обаче произтича преди всичко от конкретния начин, по който са реализирани отделните функционални модули.

Въпреки функционалното разграничение на **VLC** слоя от задачите за преноса, неговия режим на работа би трябвало да кореспондира с възможностите на наличната комуникационна среда. За тази цел е необходимо той също да разполага с информация за определени параметри и ограничителни условия на използваната мрежа, каквито например са максималната размерност на транспортните единици **MTU (Maximum Transfer Unit)**, преобладаващата или очаквана степен на пакетните загуби, закъснение, джитер и др. Въз основа на тази информация **VCL** избира режим с подходящи за приложението характеристики, които осигуряват желаните качества, най – важно измежду които е устойчивостта на грешки. Към тази група от характеристики може да бъдат отнесени, както следва:

- размер на макроблока с данни от вътрешнокадрово кодиране;
- брой на макроблоковете в един ивичен сегмент, който може потенциално да включва от един до всички макроблокове на видеокадъра;
- избор на опорни елементи за вътрешнокадрово кодиране на данните на синтактични нива – *макроблок, ивичен сегмент, видеокадър*;
- местоположение на елементите за вътрешнокадрово предсказване на синтактични нива - *макроблок, ивичен сегмент, видеокадър*;

VCL кодърът изпраща порции от последователно генерирани данни, всяка от които съответства на един ивичен сегмент. **NAL** кодърът получава порции от данни, които също така съответстват на един ивичен сегмент. Между изходящите порции от данни на **VCL** кодера и входящите порции от данни на **NAL** кодера обаче, в общия случай липсва съответствие. Причината за това несъответствие е целенасоченото реорганизиране на данните (т.нар. **Data Partitioning**), което като функция е илюстрирано на фиг. 2.3 чрез **VCL** интерфейсен блок с наименованието „Разделяне на данните“, разположен между **VCL** кодера и **NAL** кодера. Това реорганизиране на данните се изразява в разделяне на символната информация на един ивичен сегмент според значимостта и за реконструиране на изображението в декодера на три отделни поредици от битове, съхранявани съответно в различни буфери и известни като:

- **Раздел А**, който носи хедърната информация на всички кодирани макроблокове, т.е. информация за вида на макроблоковете, за параметрите на квантуване, за векторите на движение.
- **Раздел В**, който носи данни за кодирани блокови структури и коефициенти от вътрешнокадрово предсказване.
- **Раздел С**, който носи данни за кодирани блокови структури и коефициенти от междукadroво предсказване и в повечето случаи е с най – голяма дължина.

Информацията в **раздел А** е с най – голяма значимост за процеса на декодиране, тъй като без нея изобщо е невъзможно да бъдат ползвани данните в останалите два раздела, докато при липсата на техните данни хедърната информация може да се използва за прикриване на грешки. Следващата по значимост е информацията в **раздел В**, тъй като тя, за разлика от информацията в **раздел С**, позволява осъществяването на повторна синхронизация и предотвратяването на артефакти от вида „дрейф“. Както ще бъде изяснено по – нататък, благодарение на описаното разпределяне на данните в специфични раздели се създават предпоставки за реализиране на различен по отношение надеждност приоритет на техния пренос.

Задачата на **NAL** слоя е да организира, комплектува и опакова генерираните от **VCL** слоя данни по начин, който кореспондира с комуникационната архитектура, с транспортната структура и със спецификацията на комуникационните слоеве на преносната мрежа, както и с характеристиките на средата за запис и съхранение.

NAL слоя осигурява адаптация на данните за транспорт върху жична и безжична комуникационна среда на база на най – популярните протоколни конфигурации, като обхватът на неговите задачи включва всички синтактични нива над нивото на ивичните сегменти.

По – конкретно **NAL** разполага с механизми за:

- представяне на метаданните, необходими за декодиране на индивидуалните ивични сегменти, които присъстват във видеокадровите и ивично – сегментни *хедъри* на досегашните видеокомпресиращи стандарти;
- транспорт на данните в различни режими – **пакетен**, подходящ за използване на пакетно – комутируеми мрежи, и **байтово** или **битово поточен**, подходящ за използване в мрежи с комутация на вериги;
- предотвратяване на емуляции (евентуални имитации) на стартовия код в поредицата от кодирани данни;
- поддържане на допълващо – разширяваща информация **SEI** (*Supplemental Enhancement Information*).

6.2.3. Специфични характеристики на **VCL** кодирането

Алгоритъмът на **MPEG-4 AVC/H.264** кодирането съдържа базовите функционални елементи (предсказване, трансформация, квантуване, обхождане, ентропийно кодиране) на широко използвания при broadcast телевизионните услуги **MPEG-2** кодек.

На фиг. 6.4. е дадена блоковата схема, която илюстрира в обобщен вид функционалните модули и връзки на един **MPEG-4 AVC/H.264** кодър.

H.264 работи с пет вида ивични сегменти – **I, P, B, SP** и **SI**. Един ивичен сегмент е от вида **I, P** или **B**, когато съдържа съответно само **I, P** или **B** кодирани съставни блокове. Ивичните сегменти от **SP** (*Switching P*) или **SI** (*Switching I*) носят синхронизирани потоци съответно само от **P** кодирани или само от **I** кодирани, открити за достъп блокове. Благодарение на това може да се извършва превключване между цифрови потоци, в които една и съща информация е кодирана с различна скорост. По този начин освен функционалната възможност за преминаване на един към друг режим на възпроизвеждане (*Play, Fast – Forward, Fast – reverse* и т.н.) на видеоинформационния поток, се осигурява още едно средство за неговото резервиране.

➤ **Усъвършенстван механизъм за междукadroво предсказване**

За подобряване на ефективността на кодиране, макроблокът и съставните му блокове се декомпозират на правоъгълни блокове, които може да бъдат с различна форма и размерност. **AVC/H.264** поддържа относително богата гарнитура от макроблокови и съответни блокови размерности: 16x16, 16x8, 8x16, 8x8, 8x4, 4x8, 4x4. Размерността на блока се избира в зависимост от съдържанието на предсказвания видеообект и от естеството на неговото движение. По този начин се разширяват оперативните възможности за маневриране при оценка на движението и се намалява грешката на предсказване, още повече, че стойността на **AVC/H.264** вектора на движение може да бъде изчислена с точност 1/4 от пиксела, за разлика от повечето предходни стандарти, където тази точност е 1/2 от пиксела. По този начин предаваната стойност за компенсация на движението става малка, което в крайна сметка води до по – икономично кодиране и по високо качество на декодираното видеоизображение.

Наред с това **MPEG-4 AVC** междукadroвото предсказване на съседни във видеокадъра макроблокове може да се осъществява, за разлика от **MPEG-2**, на базата на различни опорни кадри. Този подход увеличава ефективността на кодиране на определен тип често срещани динамични видеооткъси, като например такива, които съдържат:

- обекти с периодично повтарящи се движения;
- обекти с транслационно движение пред друг визуален план;
- периодична смяна на камери с различна позиция на наблюдение;
- периодично редуващи се сцени.

➤ **Наличие на механизъм за вътрешнокadroво предсказване с голям брой режими**

В редица случай, при които не е необходимо да се прави оценка на движението, какъвто е случаят с еднообразните задни планове на много изображения, се пристъпва към елиминиране на пространствените излишъци на базата на вътрешнокadroва оценка. Вътрешнокadroвата оценка служи за предсказване на стойността на дадени отчети в текущия блок посредством екстраполиране на стойността на пространствено – съседни отчети в кодирани преди това блокове. Като резултат се кодира разликата между предсказания блок и актуалния блок, като кривата на сканиране на коефициентите е различна от тази на междукadroвото предсказване. Поддържат се два класа на предсказване – **INTRA 4x4** и **INTRA 16x16**, в първия от които се предлагат 9 режима на пространствено ориентиране, а във втория, подходящ за зони с голям пространствен излишък, се прилага по – опростено предсказване от 4 режима на пространствено ориентиране.

➤ **Усъвършенствана DCT трансформация**

За разлика то **MPEG-2** и **MPEG-4 ASP**, които са базирани на една класическа **DCT** трансформация с размерност на блока 8x8, в **MPEG-4 AVC** се изпълнява **DCT** – подобна трансформация с цели числа на блокове, чиято размерност е 4x4. Така благодарение на по – малкия блоков размер се предотвратяват след обратната трансформация артефакти от вида на блокинг (т.е. *блоково препречване*) и от вида *ехоефект*. От друга страна, чрез използването на целочислени коефициенти се елиминират грешките от закръгляване, които

са присъщи за коефициентите с плаваща запетая при **MPEG-2** и **MPEG-4 ASP** и които водят до артефакти от вида *дрейф*.

Макар че в нормалния случай размерността на блоковете, които са обект на трансформация, е 4x4, **MPEG-4 AVC** отчита също така и факта, че в сигнали, които съдържат съществена корелация, е по – изгодно да бъдат използвани по дълги базисни функции. В такива случаи се разширява размерът на блоковете за ниско честотната яркостна и цветова информация съответно на 16x16 и 8x8.

➤ **Наличие на блоково изравняващ филтър**

Една от специфичните особености на **AVC/H.264** кодера е присъствието в обратния маршрут на неговата функционална схема на посочения на фиг. 6.4. Нелинеен блокоизравняващ филтър, който е адаптивен по отношение на съдържанието. Той работи в режим **макроблокове с размерност 16x16** и в режим **блокове с размерност 4x4**. В първия режим филтърът отстранява артефактите, които биха могли да възникнат в резултат на съседството на макроблока с макроблокове, предсказани на базата на различен вид (например *междукadroва* и *вътрешнокadroва*) оценка и/или квантувани не по една и съща скала. Във втория режим филтърът отстранява артефактите, които биха могли да възникнат в резултат на процеса трансформация и квантуване и поради разликите във вектора на движение на граничещи помежду си блокове. Режимът му на работа се управлява от значението на елементи на изображението на няколко синтактични нива – *ивичен сегмент*, *макроблок*, *блок*, *отчет*. По такъв начин с помощта на този филтър се подобрява както обективното, така и субективното качество на декодираното изображение.

➤ **Усъвършенстван механизъм за ентропийно кодиране**

Както е известно, ентропийното кодиране подобрява ефективността на кодиране чрез представяне на символите, чиято вероятност от поява е по – голяма, с по – малък брой битове. В алгоритъма **MPEG-4 AVC/H.264** се използва два алтернативни метода на ентропийно кодиране: **CABAC** (*Context Adaptive Binary Arithmetic Coding*) и **CAVLC** (*Context Adaptive Variable Length Coding*).

Прилагането на **CABAC** е едно от най – мощните средства на **AVC/H.264** кодера за без загубно редуциране на изходния поток от данни. Реализирането от метода *Context Adaptive Binary Arithmetic Coding* ентропийно кодиране е значително по – ефективно от това на прилагания в предходните стандарти метод **VLC** (*Variable Length Coding*).

Това превъзходство се дължи на обстоятелството, че се експлоатират три неоползотворени дотогава фактора, а именно:

- наличие на контекстно (зависимо от конкретното съдържание) вероятностно разпределение на символите;
- наличие на контекстна корелация между символите;
- наличие на корелация между битовете и битовите структури.

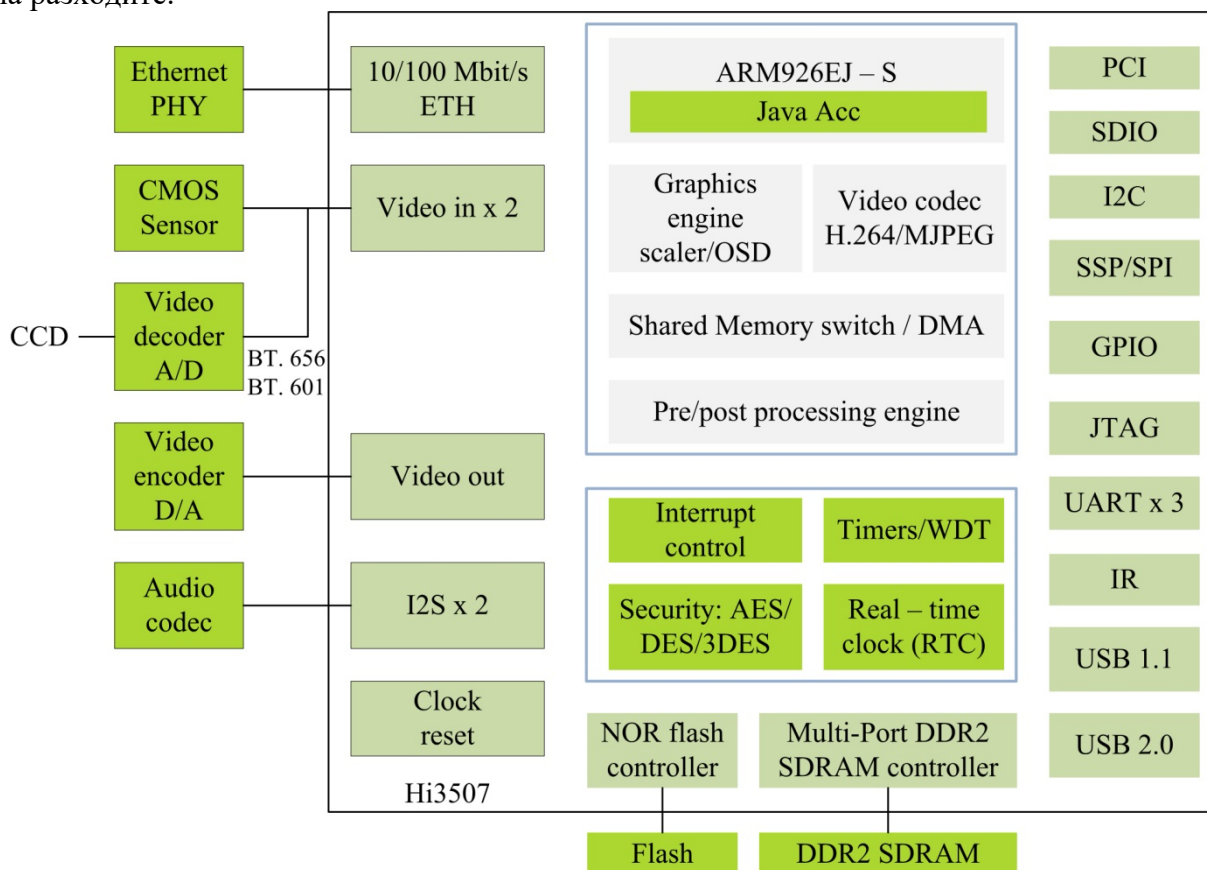
Корелация между битовете се оползотворява с помощта на механизма на аритметичното кодиране, което в крайна сметка води до още по – компактно кодиране на информацията.

Ентропийното кодиране от вида *Context Adaptive Variable Length Coding* (**CAVLC**) е усъвършенстван вариант на класическото **VLC** ентропийно кодиране. То е реализирано на базата на контекстно адаптивен вероятностен модел и на практика се отличава от **VLC** по това, че за различните синтактични елементи се превключват различни **VLC** таблици в зависимост от изпращаните преди това синтактични елементи. Съкращението на потока от кодирани данни, което то може да осигури, е с около 10 – 15 % по – малко от това на **CABAC**. За сметка на това обаче изчислителните ресурси, необходими за неговото прилагане, са значително по – скромни.

6.3. IP Модулятор

Ni3507 е високо производителен комуникационен процесор който има ARM ядро и видео ускорител. С характеристики на висока интеграция, програмируемост и

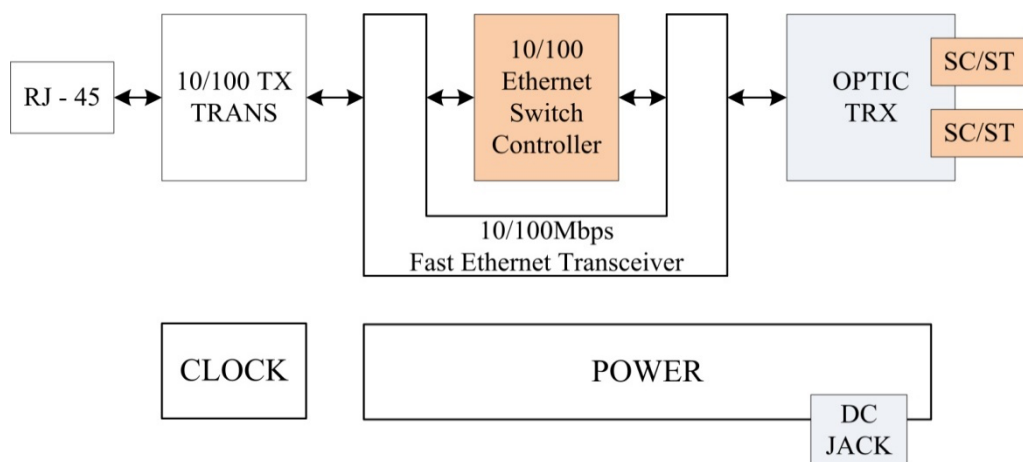
съвместимост с протоколи като H.264 и MJPEG, Hi3507 е приложим за бързи видео комуникации, цифрово наблюдение на изображението и IP камери. Блокът за обработка на видео поддържа H.264 / изходен профил, MJPEG, и JPEG кодиране в реално време, 720p @ 30 кадъра в секунда, и 3-мегапикселова JPEG снимка. H.264 кодиращият алгоритъм подобрява качеството на видео и поддържа кодиране от полето или рамка, която улеснява дисплея на различни терминали. Видео процесора също поддържа двойно поточно кодиране. Това значи, че MJPEG и H.264 потоци могат да бъдат кодирани едновременно. Графичният процесор подпомага de-interlace алгоритъма, детекция на движение, видео/изображения, мащабиране и OSD. В допълнение, Hi3507 предоставя разнообразни периферни интерфейси (среди), срещайки спецификационни изисквания, като намаляване на разходите.



Фиг. 6.5. Блокова схема на IP модулатор

6.4. Optical Media Converter

Призма мини медийният конвертор измерва по-малко от 3.5 инча дълбочина и 2 инча ширина, и има две връзки за данни от една и съща страна на устройството. Призма мини медийният конвертор позволява работа при екстремни температури, и предлага различни опции за хранване и монтаж. Призма мини медийният конвертор включва един оптичен порт, който винаги работи при 100 Mbps FDX и една усукана двойка портове която автоматично разпознава скоростта на свързаното устройство и дуплекс режима: 10 Mbps или 100 Mbps и HDX или FDX. Работната температура до 65°C го прави идеален за използване при екстремни температурни условия. Конверторът може да се захрани с помощта на влючените вкомплекта променливотоков адаптер за мощност, USB хранващ кабел, или постоянноотоковият хранващ блок с 4 терминали, който е с разширен обхват на напрежение (5 до 50 VDC). Блоковата схема на един Optical Media Converter представена на фиг. 6.6.



Фиг. 6.6. Блокова схема на Optical Media Converter

В допълнение, конверторът отговаря на стандарта IEEE 802.3af PoE. Технологията PoE позволява на Призма мини медийният конвертор да бъде захранващо устройство (ЗУ) и да черпи енергия, когато е свързан към оборудване за захранване на източници (ОЗИ), което също е съвместимо със стандарта IEEE 802.3af. Корпусът на призма мини медийният конвертор за външен монтаж дава на кабелния оператор възможността да усуква призма мини медийният конвертор при монтирането. Корпусът за външен монтаж е водо-устойчив и устойчив на електромагнитни импулси. До четири оптични снопа могат да се поставят в корпуса. Optical media converter служи за удължаване на разстоянието – до 20км.

Характеристики

- Ниска цена, висока гъвкавост – едно и също малко устройство свързва 10Mbps и 100Mbps медни към 100Mbps оптични;
- Температурно закалени за употреба при екстремни условия;
- Налични са няколко опции за захранване на различни приложения:
 - Включва постояннотоков захранващ блок с 4 терминала;
 - Поддържа стандарта IEEE 802.3af PoE; черпи мощност от оборудването за захранване на източници;
 - Включва специфичен за съответната държава, високо надежден променливотоков захранващ адаптер;
 - Конверторът може да се използва с USB захранващ кабел;
 - Използването на повече от една от тези опции;
 - Операция включи и използвай:
 - Приятна за потребителя 10/100 авто-съгласуваща технология;
 - Автокрос функция за свързване на усукани връзки на всички конвертори;
 - Алтернатива за спестяване на пространство
 - Самостоятелната единица има малък, здрав корпус с компактно външно захранване;
 - Включва DIN клипове за монтиране (успоредни или перпендикулярни) на DIN-шина;
 - Закален монтажен корпус за инсталиране при тежки условия.

Г л а в а 7

ЦИФРОВО ТЕЛЕВИЗИОННО СТУДИО

7.1. Видове студия телевизионни студия

Телевизионните студия се изграждат, в зависимост от нуждите. Големите телевизии имат съответно по-глеми, по-модерни и по-интересни студия. Регионалните телевизии, ползват съответно по-малки, които обслужват само дадено населено място. Телевизионните студия могат да се разделят в зависимост от нуждите на следните видове:

- Новинарско студио;
- Студио за предавания;
- Студио на открито.

7.1.1. Новинарско студио

Новинарското студио е разработено за 1 или 2-ма водещи. В случай с един водещ, необходимата техника обикновено е следната:

- минимум 1 камера на нивото на очите, като е препоръчително да са поне 2, за да не е един и същ кадъра през цялото време. Различните ракурси на придават динамика на видеото;
- 1 микрофон брошка (желателно е да има и втори за резерва);
- шумоизолация - за да се избегне проникването на шумове извън студиото и за да няма отражение на говора на водещия, защото всичко това ще се чуе на записа;
- контролен монитор за водещия;
- телепромтър (autocue) на него се чете текста, който е определен за видеото;
- зелен екран (по избор) или истински декор. Със зеленият екран се постига по-ниска цена и е възможно да бъде поставен виртуално всякакъв декор. Винаги за предпочитане е реалният декор. Възможно е да бъдат комбинирани и двата за да се постигне повече гъвкавост при монтаж;
- стативи – за камери, осветление, дифузиори, рефлектори и др.;
- окабеляване – желателно е използването на SDI кабели за камерите и мониторите. Възможно е използването на монитори и с HDMI както и такива с Display Port;
- кабелни канали – използването на кабелни канали улеснява и подрежда многото кабели в студиото. По този начин се избягва оплитането им и при необходимост се подменят много по-лесно;
- медиаконвертори – за камерите и мониторите без SDI изход/вход когато видео пултът е с SDI входове и изходи;
- осветление от минимум 6 осветителни тела, което включва:
 - * 2 за осветяване на фонът зад водещия;
 - * 1 зад водещият светеща в контражур;
 - * 1 срещу водещия;
 - * 2 в страни на линията на тази срещи водещия, светещи под 40-45° за да се изчистят всички останали сенки по лицето.

Възможна е комбинация с рефлектори за да се постигне по-дифузна светлина, която да придава по-естествен вид на видеото. Това е позициониране в общия случай, но за по-прецизно позициониране, се прави на място с добавяне или премахване на допълнителни осветителни тела, защото осветлението е едно от най-важните неща за получаване на добри кадри.

Размерите на студиото в случая е необходимо да бъдат около 12м дължина, 6м ширина и 3м височина, за да има достатъчно място за всички необходими елементи от изграждането му. Разстоянието на фона от водещия трябва да е поне 2-3 метра, за да не хвърля сянка върху него. Другото съображение, е че на фокус трябва да бъде само водещия,

а фона винаги трябва да е леко на дефокус. По този начин изображението изглежда много по-добре и вниманието на зрителите се фокусира върху избора от нас обект. Камерите е добре да бъдат максимално далеч, за да се минимизира ефекта от четене на телепромптера. Ако телепромптерът е прекалено близо, ще си личи, че водещият чете текста.

7.1.2. Студио за предавания

Студиото за предавания може да бъде отново с 1 или 2-ма водещи. То може да бъде използвано за спортни предавания, предавания с различни теми или дебати. Обикновено в него са необходими:

- 3 камери - като е възможно и повече в зависимост от възможностите и нуждите:
 - * една за общ план
 - * една за водещия
 - * една за гостите;
- 2 или повече микрофони - в зависимост от това колко гости има в студиото. Микрофоните могат да са тип брошка или на стойка. Препоръчително е да бъде брошка. Брошката е малка, не влияе на цялостната композиция на кадъра и е поблизо до източника на говор;
- монитори - минимум 2 (един за операторите и един за водещия и гостите);
- телепромптер (autocue) опционално за водещия;
- зелен екран или друг декор (по избор);
- стативи;
- окабеляване – желателно е използването на SDI кабели;
- медиаконвертори – за камерите и мониторите без SDI изход/вход;
- осветление – могат да бъдат използвани отново 6 или 7 осветителни тела:
 - * 2 за осветяване на фона
 - * 3 за основно осветяване на водещия и гостите
 - * 2 опционално за контражур .

Тук отново е изключително важно как ще бъде разположено осветлението, за да се получи по-добър и професионален материал, като могат да бъдат използвани същите размери от предното студио.

7.1.3. Студио на открито

Студиото на открито може да бъде реализирано също по най-различни начини. Разликата в него е, че трябва да бъде съобразено с атмосферните условия, позицията на слънцето, посока и сила на вятъра. Ниво на страничен шум в зависимост от това къде е реализирано. В общия случай необходимото за него е:

- 3 камери –
 - * 1 за водещия
 - * 1 за гостите
 - * 1 за общ план;
- рефлектори – за да се използва слънчевата светлина, чрез която да компенсират сенките по лицата на водещия и гостите или сенките върху даден обект в кадъра;
- дифузьори – за да се закрие и разсее директната слънчева светлина падаща върху обекта, който ще бъде сниман, с цел да не бъде заслепен от слънцето и за да не „прегаря“ обекта в кадъра;
- осветителни тела – ако е необходима допълнителна светлина (много често е необходима за постигане на по-добро качество на изображението, защото колкото повече светлина има върху матрицата на обектива, толкова по-добро изображение се постига);
- стативи - за осветителните тела, дифузьорите и рефлекторите, за всички камери
- микрофони – микрофоните трябва да бъдат добре подбрани според средата в, която се снима. За предпочитане когато се снима навън за предпочитане са насочените микрофони, за да се избегне хващането на страничен шум;

- аудио и видео смесители;
- компютър и енкодер, които да предават сигнала към главната станция, от която ще бъде разпространен;
- окабеляване;
- захранване, което може да бъде и от дизелови и бензинови генератори, от автомобилът, с който е пристигнал екипа, или от електрическата мрежа (ако има такава) на мястото, на което е разположено студиото.

Това е основното необходимо за да бъде заснето предаване на открито. За да бъде излъчвано на живо е необходимо да бъде осигурено и необходимото оборудване за целта. Излъчването на живо може да се осъществи по няколко начина: излъчване през 4/5G, излъчване през LAN, излъчване през Wi-Fi, излъчване през спътник.

Предаването може да се излъчва директно по телевизията или в интернет. Обикновено в телевизиите сигнала минава през апаратната, в сградата където е основното студио и тогава влиза в ефира на дадения телевизионен канал.

7.2. Необходими модули и елементи

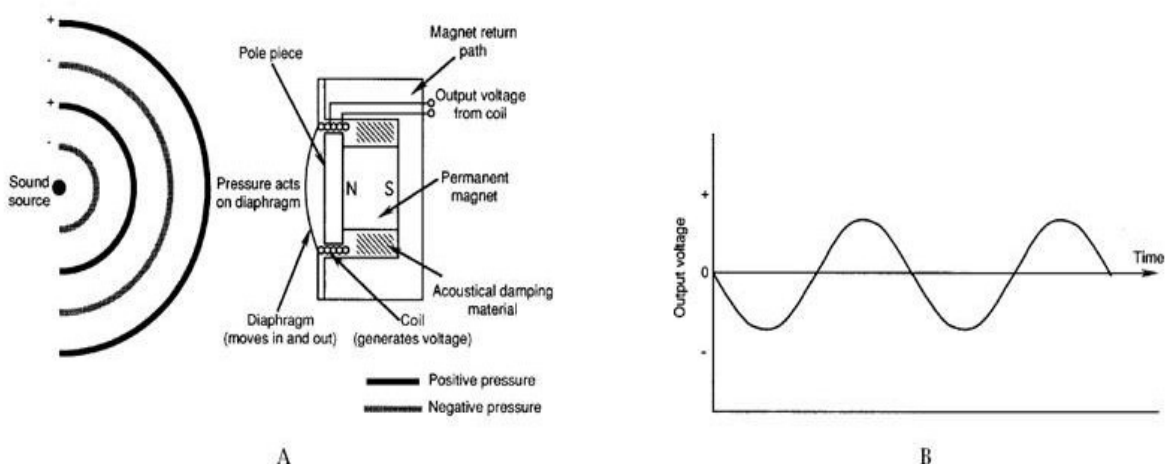
За изграждане на студио са необходими различни модули и елементи, работещи с конкретен софтуер. Оборудването може да бъде различно в зависимост от нуждите на конкретното студио. Основно се състои от микрофони, камери, осветление, шумоизолация, декор. Най-често е разделено на две части, които са студио и апаратна. В апаратната се намират всички видео и аудио смесители, монитори за наблюдение на всички камери, монтажни компютри, устройства за излъчване в ефир или към главна станция.

7.2.1. Видове микорфони

При микрофоните има два основни принципа на работа: динамичен и кондензаторен. За използване в студио са подходящи кардиоидни микрофони.

Динамични микрофони

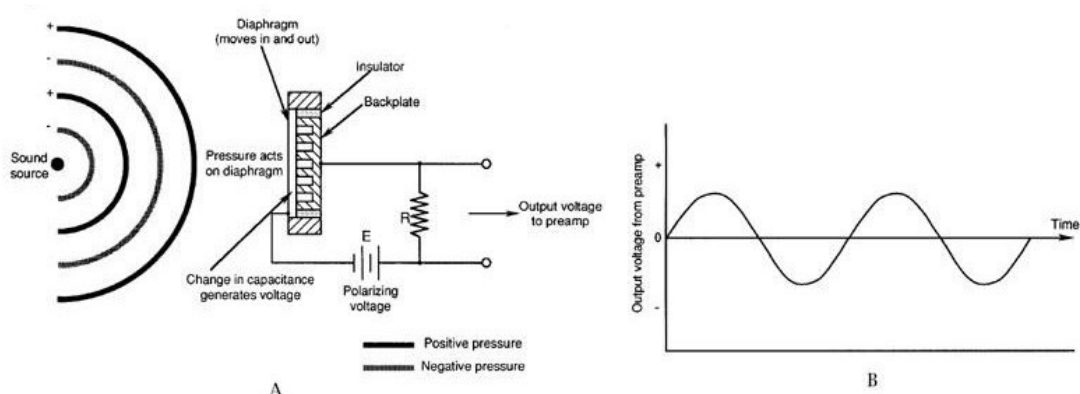
Състоят се от фина диафрагма, свързана с малка алуминиева намотка, която е поставена в силно магнитно поле. Когато звукът достигне до диафрагмата, той я раздвижва навътре и навън. Движението на намотката в постоянното магнитно поле образува напрежение в нея, което съответства на налягането, което е упражнено върху диафрагмата, както е показано на фиг. 7.1.



Фиг. 7.1. Звуковите вълни достигат мембраната (А) и произвеждат изходно напрежение (В)

Кондензаторни микрофони

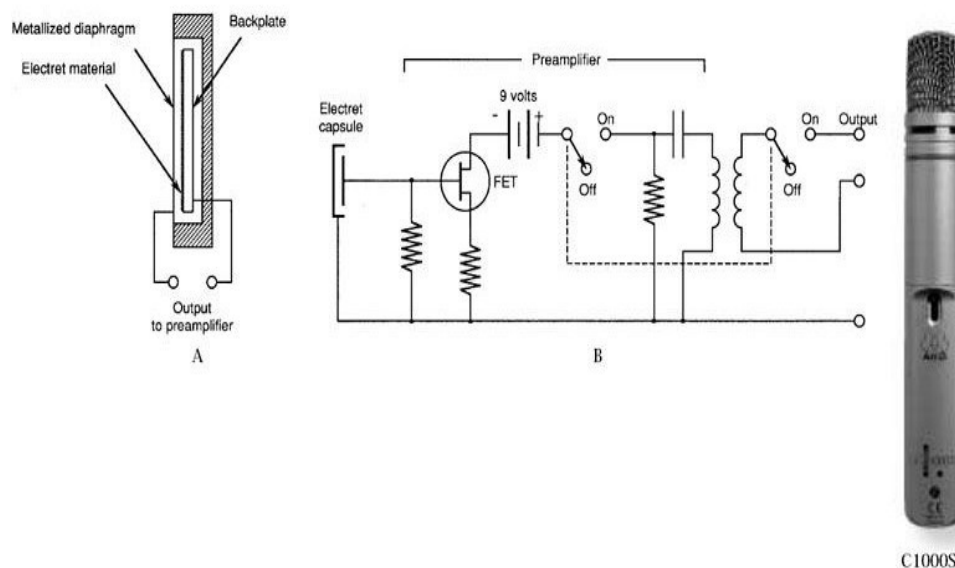
Микрофони, използващи принципа на кондензатора, обикновено се наричат кондензаторни. Такива микрофони се състоят от фиксирана задна пластина, в близост до мембраната, както е показано на фигура 7.2.



Фиг. 7.2. Кондензаторен микрофон

Между задната плоча и мембраната се образува постоянен електрически заряд. Когато мембраната се задвижи под влияние на звуковите вълни, напрежението между плочата и мембраната се изменя и създава електрически импулси, предаващи се нататък по веригата.

Днес, поляризиращия заряд, използван при повечето кондензаторни микрофони е "вграден" предварително в микрофона. Това става посредством електрет, постоянно наелектризиран слой върху плочата или на задната част на самата мембрана. Тези микрофони се наричат електретни микрофони. Външно поляризиране се използва при висококачествените студийни микрофони. На фигура 7.3. е показан схематичен изглед на предварително поляризиран кондензаторен микрофон, с електретен материал разположен върху задната плоча.



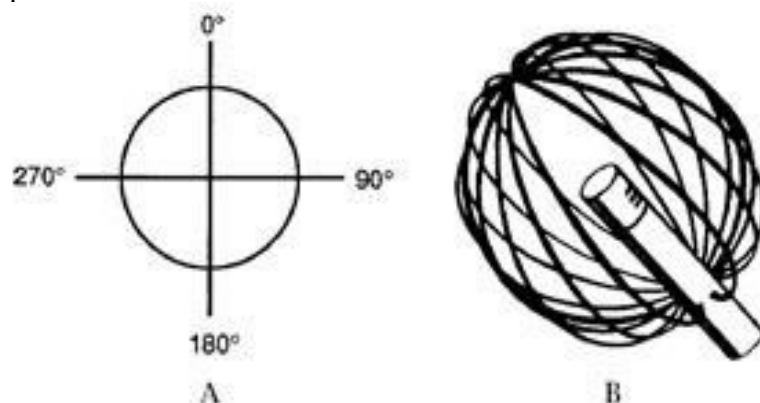
фиг 7.3. Схематичен изглед на предварително поляризиран кондензаторен микрофон, с електретен материал разположен върху задната плоча

Всички кондензаторни микрофони са снабдени с предусилвател, който е поставен непосредствено след мембраната. Неговата задача е да превръща твърде високия електрически импеданс на кондензаторния елемент до подходящи стойности, така че сигнала лесно да бъде предаден чрез стандартен микрофонов кабел без съществени загуби. Някои преполяризирани (електретни) кондензаторни микрофони са директно захранвани с вътрешна 9-волтова батерия, както този, показан на диаграмата. Другите кондензаторни микрофони се захранват с 48-волтов външен източник (т.нар. "фантомно захранване") от смесителния пулт или друго оборудване. Някои микрофони, като например AKG C1000S, са конструирани да работят и с 9-волтова батерия и с фантомно захранване

7.2.2 Насоченост на микрофоните

Най-основната характеристика за един микрофон е неговата триизмерна чувствителност. Около 90% от всички микрофони спадат към два основни вида чувствителност: омнидиректни (всеобхватни или ненасочени) и семейството на кардиоидните микрофони. Кардиоидите са насочени микрофони и имат три основни вариации - основният кардиоиден вид, хипер кардиоид и супер кардиоид. Съществуват и т.нар. микрофони "пушка", съставени от дълга интерферентна тръба, която позволява висока степен на насоченост при средните и високите честоти. Този тип микрофони не се използва много често, но е полезен, когато трябва да се достигне отдалечен източник на звук..

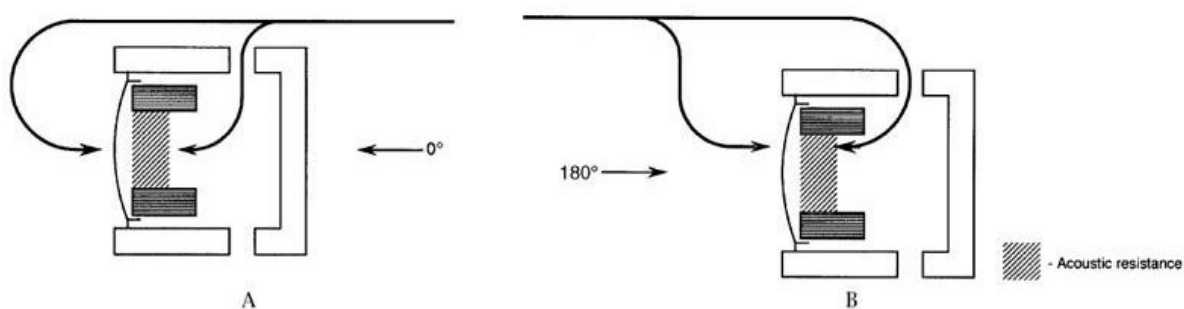
- Омнидиректни



фиг. 7.4. Омнидиректна характеристика в двуизмерна графика

Фигура 7.4. показва основната омнидиректна характеристика в двуизмерна графика, известна още като полярна диаграма (А), докато триизмерната схема е показана на (В). Омнидиректната чувствителност се постига чрез ограничаване на звука, влизащ в микрофона отпред, фронтално на мембраната. По този начин, микрофона реагира еднакво на звука, който идва от всички посоки. При много високите честоти, разбира се, ще има малко разминаване и микрофона ще покаже предпочитание към звука, който пристига фронтално, но за повечето приложения, това е незабележимо.

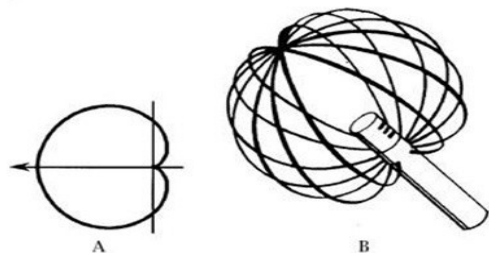
- Кардиоидни



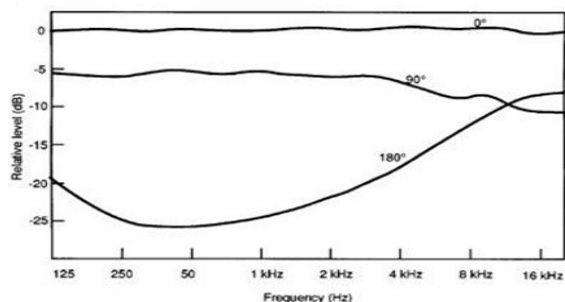
фиг. 7.5. Кардиоиден микрофон

Фиг. 7.5 показва детайлите на един кардиоиден микрофон. Забележете, че тук има два пътя към мембраната: единият е фронтално, а другия - през отворите от страни. За звукови източници, които са разположени по оста, или имат 0 градуса ъгъл на падане, показани на фиг. 7.5.А, звука, който пристига фронтално ще бъде винаги водещ или посилен от звука, който влиза през задния отвор. Това е така, защото той изминава по-кратко разстояние. За източник, който се намира отзад (180 градуса ъгъл на падане), двата звука, които пристигат до мембраната ще бъдат равни и противоположни и по този начин ще се

неутрализирант показано на Фиг. 7.5.В. Използвано е акустично съпротивление в конструкцията на микрофона, което да осигури еднакъв път на фронталните и на задните вълни, които пристигат от източника, който се намира на ъгъл 180 градуса.



фиг. 7.6. Полярната диаграма



фиг. 7.7. Измерване на кардиоиден микрофон

За средните позиции на ъгъла на падане характеристиката ще варира, както е показано на полярната диаграма фиг. 7.6 а). Триизмерната схема на кардиоидния вид е показана на фиг. 7.6 б).

Вътрешната структура на кардиоидния микрофон е доста по-сложна, отколкото на омнидиректния. Трябва да се обърне особено внимание на задния път, така че неутрализирането на 180-градусовите източници да бъде еднакво за възможно найголям обхват от честоти. Пример за отличен кардиоиден микрофон, измерен при 0, 90 и 180 грдуса е показан на фиг. 7.7. Както се вижда, намаляването на нивото при 180 градуса е от порядъка на 20 - 25 dB в средночестотния обхват, но кардиоидното действието намалява в двата края - при много високите и много ниските честоти.

- Хиперкардиоид и Суперкардиоид

Съществуват разновидности на основния кардиоиден вид, които могат да бъдат много полезни за определени приложения. Ако променим леко задния път на звука, то ъгъла, при който имаме най-слаб сигнал се променя. Има два допълнителни вида, които произтичат от тези промени и те се наричат хиперкардиоид и суперкардиоид. Тези видове притежават способността да променят "обсега" на микрофона и могат да бъдат много полезни при различни озвучителни системи, като осигуряват повече усилване преди микрофония, отколкото стандартния кардиоиден микрофон.

- Омнидиректни - Повечето омни микрофони, особено кондензаторните, имат много равна честотна характеристика и затова са широко използвани за измервания.

*Омнидиректните микрофони имат сравнително малко шум и не показват ефекта от близостта, изявен в повишаване на ниските честоти, който съществува при кардиоидите.

*Поради тяхната добре уплътнена мембрана, омни микрофоните са относително по-здрави от кардиоидните.

- Кардиоиди - Кардиоидният микрофон е насочен и има по-голям обсега по главната ос, докато чувствителността му в другите посоки е намалена.

Студийният инженер ще предпочете обикновен кардиоиден микрофон заради неговата 180 градусова нула, но един озвучител предпочита суперкардиоид или хиперкардиоид, заради техния допълнителен обсега и насоченост. Това може да бъде полезно на сцена, когато двама или повече изпълнители са близо един до друг.

7.2.3. Импеданс, чувствителност, ниво на собствен шум, точка на претоварване, захранване.

- Импеданс - Кондензаторните микрофони имат вътрешен импеданс около 200 ома, докато динамичните варират от 200 до 800 ома. Основно тези стойности попадат в

обхвата на обозначението "нисък импеданс". Всички те са проектирани да се свързват с модерните миксерни конзоли с номинален входен импеданс от 3000 ома и повече. Предимството на ниско-импедансните микрофони е, че те могат да бъдат използвани на доста голямо разстояние от пулта без съществени загуби. Разстояние до 180м, което се среща рядко при нормални приложения е безпроблемно. Ако ниско-импедансните кабели са балансирани, те остават слабо чувствителни към външните електрически смущения.

- Чувствителност - При измерване (и калибриране) чувствителността на микрофон, той се поставя в звуково поле, в което нивото на звуковото налягане от 94dB на 1000Hz остава постоянно. 94 dB е ниво на звуковото налягане, равно на един Паскал (Pa). Измерва се ненатовареното изходно напрежение и се определя номиналната чувствителност.

Чувствителността също се дава и в dB отнесени към 1 волт, означение познато като dBV. Следващата таблица 7.1 ни дава информация за чувствителността на някои AKG микрофони:

Таблица 7.1 чувствителност на микрофони

Модел	Тип	Чувствителност	dBV
C414B/ULS	Кондензаторен multi-pattern)	12.5 mV/Pa	-38
C480 CK61	Кондензаторен (multi-capsule)	10 mV/Pa	-40
C535EB	Кондензаторен (вокал/инстр.)	7 mV/Pa	-43
C3000	Кондензаторен електрет	11 mV/Pa	-39
D770	Динамичен (вокал/инстр.)	2.5 mV/Pa	-52
D58	Динамичен (неутрализ.шум)	0.72 mV/Pa	-63

(Уравнението за превръщане на mV/Pa в dBV е $\text{dBV} = 20 \log (\text{mV/Pa}) - 60$)

- Ниво на собствен шум - Вътрешния шум на кондензаторен микрофон е нивото на шума, което произвежда микрофона, когато той е поставен в изолирана от други шумове среда. Като пример един микрофон, който има ниво на вътрешен шум 15 dBA произвежда същото ниво, както и свършен микрофон, поставен в стая с околнен шум 15 dBA. При динамичните микрофони не се измерва нивото на вътрешен шум, тъй като то зависи от чувствителността и използваните електрически елементи.

В много случаи можем да пренебрегнем собствения шум на микрофоните, защото обикновено акустичния шум в работната среда е значително по-висок.

- Точка на претоварване - Ефективната горна граница на нивото на звуковото налягане, което един микрофон може да понесе, преди да произведе изкривявания. Производителите са възприели като правило стойности за изкривявания от 0,5% или 1%.

При динамичните микрофони се отбелязва стойността на нивото на звуково налягане, при което хармоничните изкривявания са в обхвата 1% и 3%.

- Захранване - Всички кондензаторни микрофони се нуждаят от някакъв вид захранване, затова имат и предусилвателна секция. Много електретни микрофони имат 9 волтова батерия, от която се захранват. Всички не-електретни кондензаторни микрофони, могат да се захранват от универсалното "фантомно" захранване.

Фантомното захранване покрива номинални стойности от 12, 24 и 48 волта, като толеранса е достатъчен повечето микрофони да могат да се захранят между 9 и 48V.

- Взаимодействие на няколко микрофона - Понякога хората имат желание да използват твърде много микрофони, но често важи правилото, че по-малкото е повече. Множество отворени микрофони не само, че причиняват оцветяване на честотната характеристика от гребеновия ефект, но също така правят системата по-лесно податлива на обратна връзка.

7.2.4. Видове камери за телевизионни студия

Видеокамерите са разделени на няколко основни вида: филмови, студийни, професионални, любителски, екшън камери, уеб камери, видеорегистратори.

- Филмови видеокамери

Тези камери се използват за заснемане на висококачествено видео с цел създаване на филм. Такива камери RED Digital Cinema фиг. 7.8, PANAVISION GENESIS, SONY CINEALTA F65, ARRICAM ST, ARRICAM LT. Цените на тези камери започват от 25000\$ и могат да надхвърлят 150000\$. Тези камери снимат с изключително голяма детайлност. Много повече информация има в кадрите заснети с тях. Могат да снимат в 8K, 6K, 5K, 4K. Не са подходящи за снимане на интервюта или любителско видео, защото са много скъпи, тежки са и е нужна обработка на видеото след като бъде заснето. В табл. 7.2 са показани част от спецификациите на филмови камери RED.



фиг. 7.8. Филмова камера

- Студийни и видеокамери

Тези камери обикновено се използват от телевизиите за снимане на интервюта или предаване в студиото. Разполагат задължително SDI изход за свързване към видеосмесителите. Тези, които са предназначени само за студио, не е възможно да се използват директно навън, тъй като се захранват с кабели, по-тежки са и не са проектирани за снимане от рамо или от ръка. Показана е на фиг. 7.9.



фиг. 7.9. Студийна видеокамера

Таблица 7.2. спецификации на камера RED

SENSOR TYPE	MONSTRO 35.4 Megapixel CMOS	HELIUM 35.4 Megapixel CMOS*	GEMINI 15.4 Megapixel Dual Sensitivity CMOS
EFFECTIVE PIXELS	8192 × 4320	8192 × 4320	5120 × 3000
SENSOR SIZE	40.96 mm x 21.60 mm (Diagonal: 46.31 mm)	29.90 mm x 15.77 mm (Diagonal: 33.80 mm)	30.72 mm x 18.0 mm (Diagonal: 35.61 mm)
DYNAMIC RANGE	17+ stops	16.5+ stops	16.5+ stops
MAX FRAME RATES ¹	60 fps at 8K Full Format (8192 x 4320), 75 fps at 8K 2.4:1 (8192 x 3456) 60 fps at 7K Full Format (7168 x 3780), 75 fps at 7K 2.4:1 (7168 x 3024) 75 fps at 6K Full Format (6144 x 3240), 100 fps at 6K 2.4:1 (6144 x 2592) 96 fps at 5K Full Format (5120 x 2700), 120 fps at 5K 2.4:1 (5120 x 2160) 120 fps at 4K Full Format (4096 x 2160), 150 fps at 4K 2.4:1 (4096 x 1728) 150 fps at 3K Full Format (3072 x 1620), 200 fps at 3K 2.4:1 (3072 x 1296) 240 fps at 2K Full Format (2048 x 1080), 300 fps at 2K 2.4:1 (2048 x 864)	75 fps at 5K Full Height 1.7:1 (5120 x 3000) 96 fps at 5K Full Format (5120 x 2700), 120 fps at 5K 2.4:1 (5120 x 2160) 120 fps at 4K Full Format (4096 x 2160), 150 fps at 4K 2.4:1 (4096 x 1728) 150 fps at 3K Full Format (3072 x 1620), 200 fps at 3K 2.4:1 (3072 x 1296) 240 fps at 2K Full Format (2048 x 1080), 300 fps at 2K 2.4:1 (2048 x 864)	
MAX DATA RATES	Up to 300 MB/s using RED MINI-MAG (480GB & 960GB) Up to 225 MB/s using RED MINI-MAG (120GB & 240GB)		

Студийната камера има по-голям екран от тази, която е предназначена за интервюта или снимане навън. Тук всеки елемент – обектив, дисплей, глава и т.н. се подбират според нуждите в студиото. Настройките и синхронизацията на тези камери в студиата са съвсем различни от камера извън студиото.

Спецификациите на една студийна камера HITACHI SK-UHD4000 Ultra High Definition Studio and Field Camera са показани в Таблица 7.3.

- Професионални видеокамери

Професионалната камера се използва повече от малките местни телевизии и оператори снимащи сватби и други събития. Те са по-малки, по-удобни за пренасяне, по-леки са. Разбира се и с тях може да се снима в студио. Обикновено малките телевизии нямат бюджет за студийна камера и използват такъв тип камери и в студиото си.

Такава камера е Canon XF705 показана на фиг.7.10. Тя има следните спецификации:
Заснемащ сензор

Сензор CMOS тип 1,0 инча

Общо пиксели 13,4 MP
 Effective pixels per sensor 8,29 MP
 Минимално осветяване (режим PAL/50,00 Hz) Приблиз. 1,3 lux (при 1/25 sec. скорост на затвора)

Таблица 7.3. Спецификации на камера

Lens mount	B4 Bayonet
Imaging device	4 x 2/3-inch MOS Image sensor Total pixels 2,270 (H) x 1,144(V) 2.6 million pixels
TV system	SK-UHD4000 : 3,840 (H) x 2,160 (V) /59.94Hz SK-UHD4000E: 3,840 (H) x 2,160 (V) /50Hz
Optical system	F1.7 prism
Optical filters	2x motorized filter wheel ND(CAP, CLEAR, 1/4ND, 1/16 ND, 1/64 ND) CC(CROSS, 3200K, 4300K, 6300K, 8000K)
ECC	5600K
Sensitivity	59.94p :F8 @ 2000 lx, 3200 K, 89.9% reflectance 50p :F9 @ 2000 lx, 3200 K, 89.9% reflectance
Signal to Noise ratio	62dB at 1080i
Resolution	Min 1800TVL (4K output from CU-UHD4000) Down-Convert mode Horizontal Min 1100TVL, Vertical Min 1000TVL (At center with lens iris F2.8 to F4, depending on lens)
Gain selection	L (low) -3/0dB M (medium) 0/+3/+6/+9/+12/+15/+18/+21 dB H (high) +3/+6/+9/+12/+15/+18/+21/+24 dB
Electric shutter	Preset mode 1/100, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000 second (59.94Hz) 1/60, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000 second (50Hz) Lock scan mode 1/60.15 to 1/2043 second (59.94Hz) 1/50.17 to 1/1939 second (50Hz) AES mode Automatic video level control by shutter speed.
Power consumption	38W Head with Camera Adaptor (without VF)
Dimensions	133(W) x 191(H) x 262(D) mm
Mass	approx. 4.7kg (7.8lbs), with Camera Adaptor (without VF)
Temperature range	Operation -10 °C to +45 °C , 14 °F to +113 °F Storage -20 °C to +60 °C , -4 °F to +140 °F
Input & Output	MON/VF/RET OUT: 1x BNC HD-SDI(1080i) REMOTE:1x 4-pin Multi for remote control panel VF: 1x 20-pin Multi for VF LENS: 1x 12-pin Multi for LENS MIC: 1x 3-pin XLR for MIC-1 SD Memory Card Slot



Фиг. 7.10. Професионална камера

Обектив

Оптично увеличение 15 x оптично (режим UHD) 30 x режим на усъвършенствано увеличение (само за FHD)

Фокусно разстояние 8,3 до 124,5 mm.

35 mm еквивалент: Приблиз. 25,5 – 382,5 mm

Минимално фокусно разстояние 10 mm при широк ъгъл, 60 cm в целия диапазон на увеличение

ND филтър 3 плътности, револверно превключване, задвижване с мотор. ND 1/4, ND 1/16, и ND 1/64.

Контрол на вариото Чрез люлеещ се превключвател за увеличение, пръстен за контрол на обектива или дистанционно управление

Скорост на вариото Възможност за избор. Променлива или постоянна скорост. Бърза, нормална или бавна скорост.

Контрол на фокуса Dual Pixel CMOS AF, Само лица, Приоритет на лица, AF при единичен кадър, Ръчно фокусиране усилено с автофокус, функция Focus Assist, Ръчно чрез пръстена на обектива,

Контрол на диафрагмата Ръчно чрез пръстена за управление на диафрагмата, Автоматично, Автонастройка на диафрагмата

Aperture Диафрагма с 9 елемента, макс. f/2,8 – 4,5

Диаметър на филтъра 58mm

Групи/елементи на обектива 14 групи от 18 елемента (двустранни асферични лещи и едностранни Hi-UD лещи)

Система за стабилизиране на образа Оптична система + електронна стабилизация Усилен IS/Динамичен/Стандартен режим/IS изкл.

Обработващ процесор

Тип Два процесора DIGIC DV6

- Любителски видеокамери

Любителските видеокамери са предназначени за използване от всички. Не е необходимо да бъде професионалист, някой за да използва такава камера. Тук принципа е „включваш и снимаш“. Опциите за настройка на изображението в ръчен режим са много малко и рядко е необходимо да бъдат използвани. Те са много леки и компактни. Удобни за пренасяне по време на разходка или пътуване.

PANASONIC HC-VX980EP-K показана на фиг. 7.11 е точно такава камера.



Фиг. 7.11. любителска видеокамера

- Екшън камери

Екшън камерите са предназначени за снимане в по екстремни и динамични условия. Те могат да бъдат добавени и към заснемането на видео с друга камера, но основното им предназначение е да запишат гладко видеокачествено видео в движение. Те имат много по-добра стабилизация, обикновено имат опция да снимат с 60 кадъра в секунда и видеото изглежда плавно и детайлно.

Такава камера е GoPro Hero показана на фиг. 7.12. GoPro се позиционира във високия клас такива камери. Има и доста по евтини, но с падането на цената намалят значително и останалите параметри.



Фиг. 7.12 екшън камера

- Уеб камери

Уебкамерите в днес присъстват и във горната част на корпуса на всеки един лаптоп. Тези камери обикновено се използват от хората за видеоразговори по между си. Използват се също и от видео блогъри и в редки случаи за извънредни включвания на някой кореспондент в телевизията. Те са предназначени основно за статично снимане. В YouTube повечето видео блогъри използват точно уеб камери.

Един такъв популярен модел предоставящ много добро качество и автофокус е C922 PRO STREAM WEBCAM показан на фиг. 7.13.



Фиг. 7.13. уеб камера

- Видеорегистратори

Видеорегистраторите са най-скоро появилите се така масово камери. Те се използват основно за регистриране на инциденти по пътя. Използването им в телевизията е възможно за запис на кадри от пътища или кръстовища. Голямо предимство е снимането при движение на автомобила. Тогава се получават интересни кадри подходящи за използване във видеоматериал. Пример за такава камера е Garmin Dash Cam 55 показана на фиг. 7.14.



Фиг. 7.14 видеорегистратор Garmin

7.2.5. Осветление в студио

Осветлението в едно студио е едно от най-важните неща, като за да се постигне по-добро качество на изображението и по-професионален изглед е необходимо да се освети добре. Осветителните тела могат да бъдат халогенни или светодиодни. За предпочитане са светодиодните, защото имат ниска консумация и светят много повече от обикновена халогена крушка. Халогенните осветителни тела изразходват средно около 500 вата за час, а едно LED (light-emitting diode - полупроводников диод) осветително тяло изразходва в пъти по малко. LED панелите и лампите осигуряват и различни начини на осветяване. Има LED панели, рингове, ленти и т.н. LED ринговете, са много подходящи за поставяне пред лицето на водещия показан на фиг. 7.15.



Фиг. 7.15. LED осветление

Халогенните осветителни тела фиг. 7.16 в едно студио също са решение, но не е за предпочитане заради голямата отделена топлина и високата консумация на електричество.

- Светлинен поток

Измерва се в лумени (lm), мерна единица, отчитаща количеството светлина, излъчвано от точковиден източник в пространствен ъгъл с 1 стеридиан (sr), величина за измерване на пространствен ъгъл, при интензитет на светлината 1 кандела (cd), съпоставен с консумацията във ватове (W) – основен показател за енергоефективността на LED осветителното тяло. За сравнение при лампа с нажежаема жичка светлинния поток е 10lm за 1W, а при LED лампите е от порядъка от 90 до 190lm/W. Това на практика означава, че ако заменим обикновенната лампа в къщи с LED лампа, ще постигнем намаление на потребление на електричество за осветление около 10 пъти. Ефективността на LED лампите зависи от производителя и модела на осветителното тяло.



Фиг. 7.16. Халогенни прожектори

- Интензитет

Силата на светлината се измерва в кандела (cd). Думата *candela* на латински означава свещ, и мярка 1cd е приблизително равна на силата на светлината, излъчвана от една свещ. За сравнение лампа с нажежаема жичка с мощност 100W има интензитет на светлината 100cd, (постарому 100 свещи), а LED лампа с мощност 5W има 30cd интензитет.

- Осветеност

Характеризира отношението между светлинния поток, падащ върху дадена повърхност, и площта и. Измерва се в лукс (lx) и е равна на 1 лумен на квадратен метър. Количеството светлина, отразено от повърхността, се нарича яркост.

- Захранваща електрическа мощност

Това е мощността изписана на опаковката на всяка LED лампа (5W, 10W, 30W). Тя зависи от потреблението на светодиодите и драйверите или резисторите използвани в захранващите схеми вътре в тялото, или изнесени в отделен блок. За енергоефективността е важно осветителното тяло да осветява с повече лумени за всеки ват(W) консумирана мощност, която ние плащаме. Ефективността на светодиодите се измерва в лумени/ват. Топло белите диоди произвеждат до 100 лумена на ват, докато студено белите са доста по-ефективни и произвеждат 110-190 лумена на ват. Обикновенната крушка произвежда 10-18 лумена на ват.

- Цветна температура на светлината (CCT)

Характеризира интензитета на излъчването на източника на светлина, като функция от дължината на вълната в оптичния диапазон. Описва относителното оцветяване на светлинен източник. Показва дали източника изглежда по-жълто или клони повече към синьо, от гледна точка на обхвата на нюансите на бялото. Измерва се в градуси келвини ($^{\circ}\text{K}$). За сравнение ще покажем цветните температури на някои светоизточници.

- обикновена свещ - 1900°K ;
- обикновена лампа с нажежаема жичка – $2700\text{--}3000^{\circ}\text{K}$;
- халогенни лампи - 3500°K ;
- луминисцентни лампи – $4500\text{--}6500^{\circ}\text{K}$;
- дневна светлина – $5200\text{--}6500^{\circ}\text{K}$, (слънчевата светлина варира от топла при изгрев, до безцветна в слънчево време, или студена в облачно време); - цвят на небе – $12000\text{--}18000^{\circ}\text{K}$, ясно синьо небе през зимата 15000°K ;

7.2.6. Шумоизолация

Звукът се разпространява във вид на вълни с различна честота и амплитуда. Човешкото ухо е способно да възприема механичните трептения на въздуха като звук, ако тяхната честота е в границите от 17 до 20 000 Hz. Такива трептения се наричат акустични или просто звук. Вълни с честота над 20 000 Hz са вече ултразвук, с който си общуват прилепите, а тези с честота под 17–20 Hz – инфразвук, който не чуваме. За сметка на това звуци с честота под 7 Hz са губелни за човека. Границите 17–20 000 Hz са постижими за хора с идеален слух, докато реално, и особено с напредване на възрастта, долната граница на чуваемост се вдига нагоре, а горната съответно пада. Звуковите вълни се разпространяват в различни среди (въздух или твърди предмети) с различна скорост, при което възникват явления като поглъщане, пречупване, отразяване, интерференция и резонанс.



Табл. 1. Нормативни стойности на индексите за звукоизолация в жилищни сгради по БДС

Видове сгради и помещения	Индекс за звукоизолация	
	Въздушен шум, R_w , dB	Ударен шум, L_w , dB
Погове в жилищни сгради	54	53
Преградни стени в жилища	40	–
Стени между жилища и стълбища/помещения за обслужващи дейности	53	–
Преградни стени между сгради при редово застрояване	57	–

Табл. 2. Ниво на звукоизолация за постигане на комфорт в обитавани помещения

R_w (dB)	Чувствителност на звука	Оценка на изолацията
35–45	Говор на висок глас се разбира лесно, както и половината от нормален разговор	слаба
45–55	Половината от разговор на висок глас се разбира лесно, нормален разговор се чува, но не се разбира	средна
55–60	Разговор на висок глас се чува слабо, но съдържанието му е неразбираемо	добра
60–65	Разговор на висок глас обикновено не се чува	много добра
65–75	Използва се в кина, мултиплекси и други силно озвучени зали	отлична

Фиг. 7.17. Стойности на шум

Заслужава още да се спомене, че човешкото ухо е най-чувствително към вълните с честота между 1000 и 5000 Hz, като за всяка честота съществува определена минимална стойност на интензитета на звуковата вълна, под която то не я възприема като звук – това е долният праг на чуваемост. За всяка честота съществува и горна граница на интензитета на звуковата вълна, над която той не се възприема вече като звук, а предизвиква болка, последвана и от оглушаване.



Фиг. 7.18 Звукопоглъщащи стени

Възможностите за подобряване на звукоизолацията срещу въздушен шум са две: изграждане на масивни, т.е. дебели и тежки преградни стени от плътни тухли или бетон, или използване на конструкции със силен звукопоглъщащ ефект показани на фиг. 7.18. Вторият подход, естествено, е за предпочитане и масово се използва в съвременното строителство, при това с еднакъв успех при ново строителство, при преустройства на помещенията чрез изграждане на леки преградни стени или при саниране на съществуващи сгради. Тези конструкции използват т.нар. принцип масапружина-маса, който представлява многопластова система, изградена примерно от две плочи гипсокартон с пълнеж от минерална вата помежду им. Такава именно трябва да бъде конструкцията на леките преградни стени, а не пространството във вътрешността им да се оставя празно.

За да има добър ефект от звукоизолацията, минималната дебелина на пласта стъклена вата трябва да бъде 7,5 cm, което прави обща дебелина от 10 cm за преградна стена с еднопластова обшивка от гипсокартонени плочи. Нейният индекс на изолация срещу въздушен шум (47 dB) е задоволителен, а в допълнение стената има и коефициент на топлопреминаване 0,45 W/m²K, което удовлетворява нормите за изолация на външни стени, и е ефективно решение в случай, че съседното помещение не се отоплява.

За подобряване на акустиката в помещенията се използват специални звукопоглъщащи плочи. Те се поставят над перфорирани облицовъчни плочи за окачени тавани.

7.2.7. Зелен екран

Зеленият екран е практично и добро решение в много случаи. Ако сте с малък бюджет едно от най-добрите решения е точно зеленият екран за фон. Важно правило при него е, че водещият не трябва да носи зелено по себеси, защото при монтаж, тази част от него която е зелена ще изглежда прозрачна и ще се вижда фонът през нея. Другото важно правило е да няма гънки и да е добре осветено зеленото платно. В противен случай, ако на него има нюанси, породени от лоша осветеност, после това ще се отрази на монтажа и може да създаде непоправими трудности и дефекти в изображението. На фиг. 7.19 е показано студио реализирано със зелен екран.



Фиг. 7.19. Студио със зелен екран

7.3. Апаратна

Апаратната е тази част от студиото, в която се записва и обработва видеото. Също и частта, от която се излъчват новините и предаванията когато са на живо. Тя е изолирана от студио за да се избегнат различни шумове. В нея се намира останалата част от техниката необходима за завършването на телевизионно студио. Когато става дума, за малко студио на местна телевизия, обикновено техниката основно е следната:

- компютър за видео монтаж;
- аудио смесител;
- видео смесител;
- компютър, към който са закачени видео и аудио смесителите;
- компютър за излъчване в ефир, в който се намира софтуера с playlist-a;
- помощен компютър;
- сървър за архив на данни;
- UPS
- шкаф във който се намира комуникационното оборудване, с което сигнала се предава към главната станция.

7.3.1. Компютър за видео монтаж

Това е работната станция, на която се обработва всичко заснето с камерите и записано с микрофоните. Обикновено този компютър трябва да бъде с достатъчно мощен хардуер. На този компютър трябва да бъде инсталиран софтуер за видео обработка, като в повечето случаи се използва софтуер Adobe Premiere Pro.

7.3.2. Аудио смесител

Към аудио смесителя са закъчени всички микрофони. От там оператора, който отговаря за тях, коригира нивата на звука, така че да бъдат равни когато влизат в ефир или в компютъра за запис. Пример за такъв аудио смесител е даден на фиг. 7.20. Това е YAMAHA STUDIO&PA MG 12 XU аналогов смесител с възможност за включване до 12 микрофона. Спецификациите му са следните:

- 12-Channel Mixing Console: Max. 6 Mic / 12 Line Inputs (4 mono + 4 stereo) / 2 - --
- GROUP -Buses + 1 Stereo Bus / 2 AUX (incl. FX)
- 2 GROUP Buses + 1 Stereo Bus
- 2 AUX (incl. FX)
- "D-PRE" mic preamps with an inverted Darlington circuit
- 1-Knob compressors
- High-grade effects: SPX with 24 programs
- 24-bit / 192kHz 2in / 2out USB Audio functions

- Works with the iPad (2 or later) through the Apple iPad Camera Connection Kit /
- Lightning to USB Camera Adapter
- Includes Cubase AI DAW software download version
- PAD switch on mono inputs
- +48V phantom power
- XLR balanced outputs
- Internal universal power supply for world-wide use
- Optional Rack Mount Kit RK-MG12 Available
- Metal chassis
- Dimensions(W?H?D): 308 mm x 118 mm x 422 mm (12.1" x4.6" x16.6")
- Net Weight: 4.2 kg (9.3 lbs.)



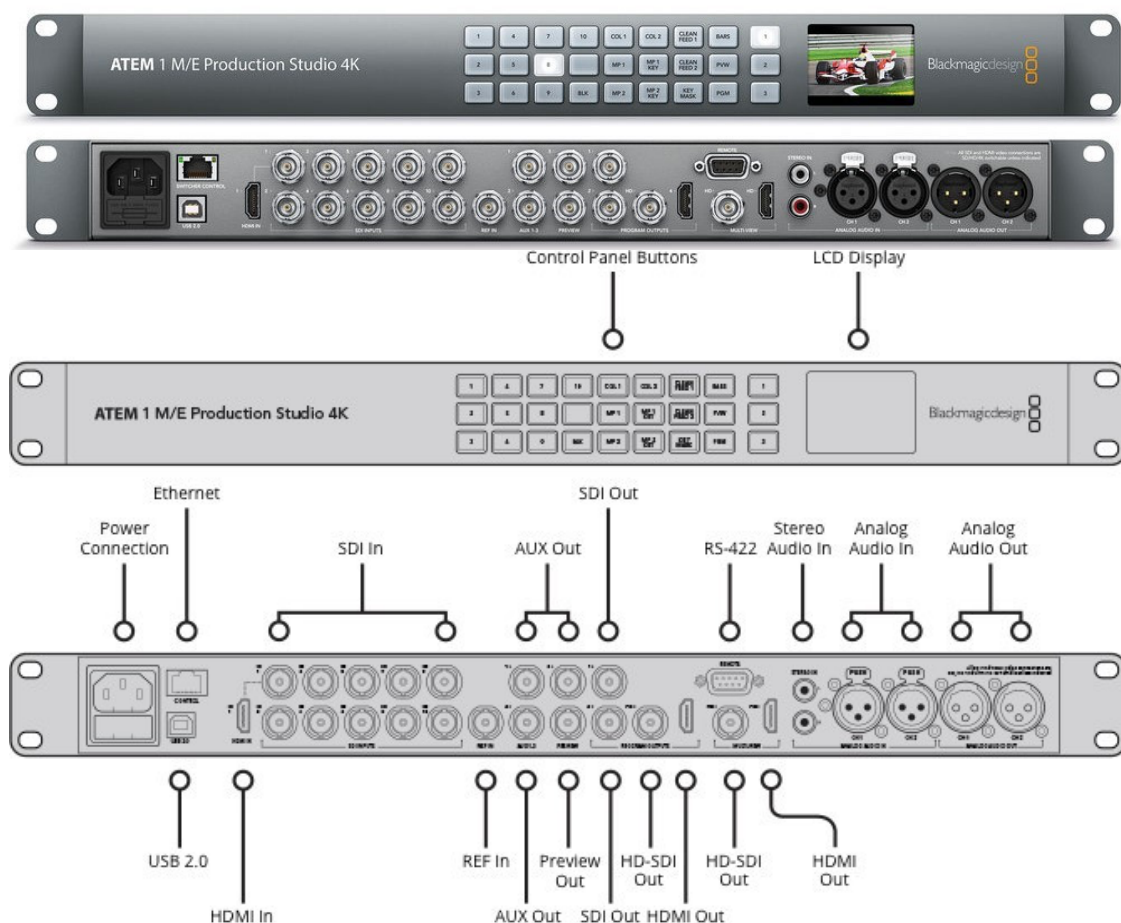
фиг. 7.20. Аудио смесител Yamaha

7.3.3. Видео смесител

Видео смесителят е другото много важно нещо в едно студио. Когато се смина с две или повече камери, операторът трябва да има възможност да превключва между всяка една от тях когато е необходимо. Един от добрите варианти за видеосмесител е Blackmagic ATEM 1 M/E Production Studio 4K показан на фиг. 7.21. Той може да работи и с резолюция 4K Ultra HD video (3840 x 2160). Този смесител е и аудио смесител и може да работи с до 12 канала аудио. Превключването на камерите и настройките се извършват софтуерно. За целта се използва компютър PC или MAC, на който е инсталиран софтуера Blackmagic ATEM Software Control.

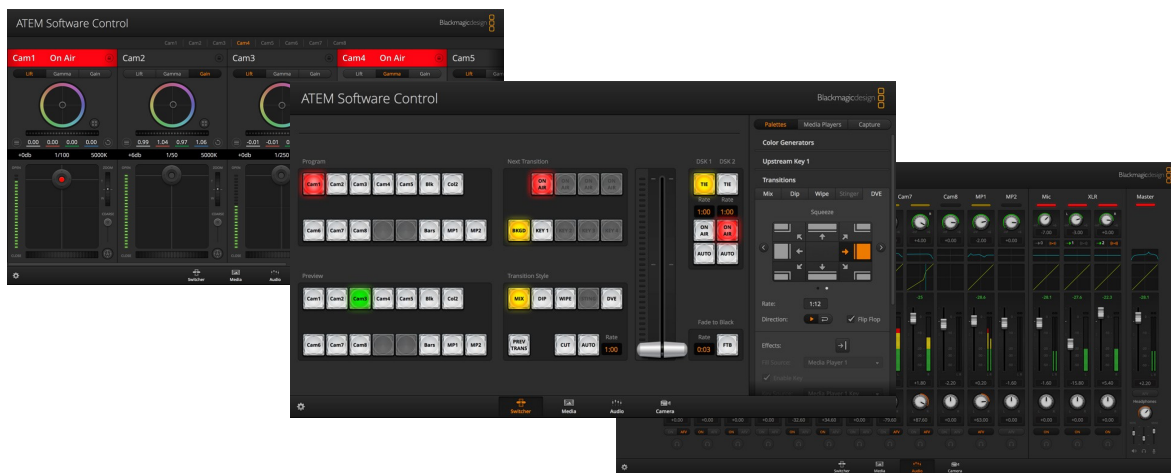
Спецификациите на този видео смесител са:

- Supports NTSC/PAL/HD/UltraHD 4K @ 10-bit
- Supports 4K Resolution Over SDI or HDMI
- 10 x 6G-SDI & 1 x HDMI Inputs (SD/HD/4K)
- Tri-Sync/Blackburst Ref. Sync Input
- 10 x Built-In Frame Synchronizers
- Multiview Monitoring in HD
- Program Outputs in SD/HD/4K HD
- 4 x Keyers Total: 3 x Luma, 1 x Chroma
- 12 x Channel Audio Mixer
- Hardware or Software Mac/PC Control



фиг. 7.21. Видео смесител Blackmagic

Софтуерния контрол се инсталира на компютър с подходяща по-мощност хардуер. Визуално софтуера изглежда както е показано на фиг. 7.22.

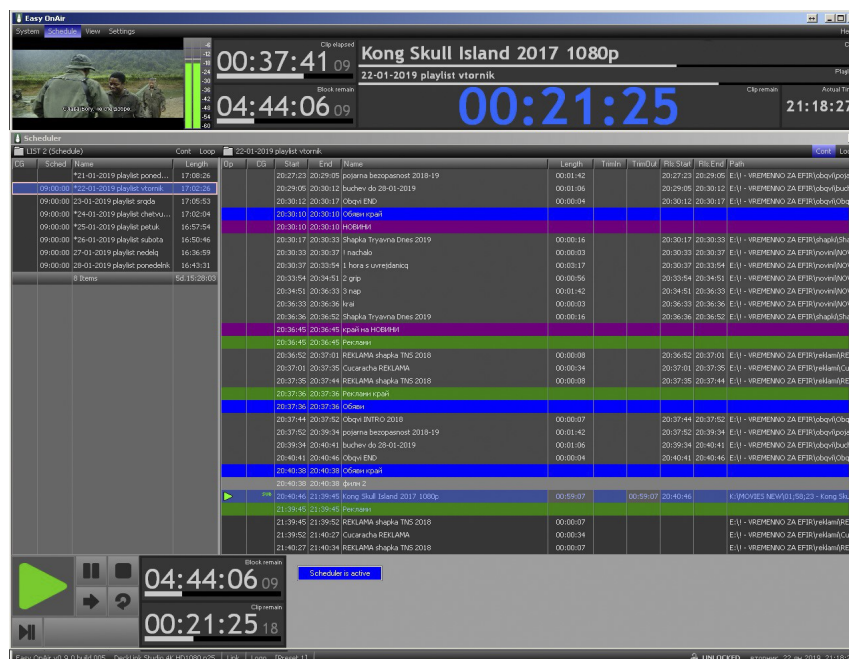


фиг. 7.22. Софтуер за контрол на видеосмесител

7.3.4. Ефирен компютър

Ефирният компютър е този, в който се зарежда списъка с материали и от там те се излъчват директно към зрителите. Списъка с материали (playlist) се зарежда всяка седмица и се следи от човек отговарящ за него. Важно е всеки материал да стартира в ефир в точно определено време и за това се използва софтуер (playlist), с помощта, на който това става по-лесно и по-точно.

В конкретния пример се използва софтуер Easy OnAir показан на фиг. 7.23.



фиг. 7.23 Easy OnAir playout софтуер за излъчване

7.3.5. Енкодер

Енкодерът може да бъде софтуерен или хардуерен. Когато е софтуерен, той използва хардуера на компютърната конфигурация на която е инсталиран. Обикновено най-натовареният елемент от конфигурацията е видеокартата, защото софтуера използва основно нея, за да прави всички нужни изчисления и операции. Хардуерния енкодер е устройство, което е за предпочитане, защото не се налага излишно натоварване на компютъра, скоростта на предаване на данни е по-ниска без да намала качеството.



фиг. 7.24 Професионален енкодер

Такова устройство е показано на фиг. 7.24. Професионален енкодермодулятор в 1U шаси за висока HD резолюция и стандартна SD резолюция (H.264/AVC и MPEG-2 видео енкодинг), за 4 ТВ програми (четири входа), с изход по IP (1G) , ASI и Високочестотен (RF) ,модулиран в 4*DVB-C или 2*DVB-T(по избор), с вграден мултиплексор, позволяващ добавяне чрез мултиплексиране на външен транспортен поток към енкодваните програми и извеждането им на IP мултикаст или на отделни SPTS-и.Удобен за каскадиране с други енкодери. Платформата предлага разнообразие от входни интерфейси- composite, component, HDMI завсеки от 4-те входни модула. Осигурява енкодинг на 4 HD програми или четири SD програми . Характеризира се с ниска латенция на сигнала (до 800 msec) или с изключително ниска скорост (bitrate от 0.5Mbps) , при избор на тази опция. Възможност за избор на GOP структура на фрейма, поддържа LE-AAC и HE-AAC за аудио, с опция за AC3. Управлява се чрез WEB и/или панел. Подходящ за професионални цели като SNG, подвижни телевизионни станции, ТВ оператори, обществени организации, хотели,казина, болнични заведения.

Ефирният компютър се закача към енкодера и от там сигнала се предава към главна станция и към зрителните на телевизионния канал.

Спецификациите на използваният енкодер са показани в таблица 7.6.

таблица 7.6 Спецификации енкодер

Input	4x SDI input	NDS3214A-SDI
	4x HDMI input	NDS3214A-HDMI
	1xASI input, BNC interface	
Video	Resolution	1920*1080_59.94P, 1920*1080_50P
		1920*1080_59.94i, 1920*1080_50i
		1280*720_59.94p, 1280*720_50p
		720x576_50i, 720x480_59.94i
	Encoding	MPEG4 AVC/H.264 High Profile Level 4.0
	Bit-rate	0.8Mbps~19Mbps (each channel)
	Rate Control	CBR, VBR
Audio	GOP Structure	IBBP
	Advanced Pretreatment	De-interlacing, noise reduction, sharpening
	Encoding	MPEG-1 Layer 2, HE-AAC(V2), LC-AAC
	Sampling rate	48KHz
	Resolution	24-bit
Multiplexing	Bit-rate	64Kb/s~384Kb/s each channel
output	1xASI input multiplexed and 4 encoding channel SPTS	
	2xASI outputs, BNC interface	
System	MPTS and 4 SPTS over UDP,10/100Base-T Ethernet interface, support unicast / multicast	
	LCD/keyboard operating, net manager (SNMP)	
	Chinese-English control interface	
	Ethernet software upgrade	

За излъчване на FullHD 1920x1080 са достатъчни 15Mbit. Желателно е сигнала да се излъчва към главната станция директно по оптичен кабел, за да се минимализират загубите и да се избегне ограничението от спиране на електрозахранването по трасето. Ако се предава по интернет вероятността от прекъсване е много голяма. В случай на живо предаване и постоянно телевизионно излъчване е задължително връзката между студиото и станцията да бъде директна.

7.3.6. Видео формати

Видео файлът съхранява визуална, звукова и друга информация. Категорията Видео файлове съдържа голямо разнообразие от видео формати, които използват различни кодеци, за да кодират и компресират различните типове видео. Атрибутите на видео сигнала включват пиксели (pixel dimensions), аудио канали (audio channels), кадри в секунда (frame rate) и други. Често срещани видео файлови разширения са: AVI, MPG, MP4, MOV, WMV, MKV.

Таблица 7.4. Формати и файлови разширения

Формат	Файлово разширение	Бележка
3GPP — Third Generation Partnership Project	.3gp, .3g2	Широко използван формат при мобилните телефони
ASF — Advanced Systems Format	.asf (.wma, .wmv)	Формат, разработен от Microsoft за WMA и WMV
AVI — Audio Video Interleave	.avi	Стандартен RIFF-базиран файлов формат, разработен от Microsoft

DVR-MS — Microsoft Digital Video Recording	.dvr-ms	Разработен от Microsoft затворен контейнерен формат, базиран на ASF
IFF — Interchange File Format	.iff	Платформено независим формат
Matroska — Матрьошка	.mkv, .mka, .mks	Файлов формат, с отворен стандарт, разработен да съдържа голямо разнообразие от аудио и видео кодеци
MOV	.mov, .qt	Стандартен формат за QuickTime, разработен от Apple
MPEG-PS — MPEG Program Stream	.mpg, .mpeg	Стандартен формат, съдържащ основно аудио и видео потоци, разработени от Moving Picture Experts Group
MPEG-TS — MPEG Transport Stream	.ts	Стандартен формат за цифрово предаване (HDTV, Интернет и др.); стандартно съдържа няколко аудио и видео потоци
MP4	.mp4 (.m4a, .m4v)	MOV-базиран формат, поддържайки по-голямо разнообразие от аудио и видео кодеци в сравнение с MPEG-PS, но достатъчно опростен, за да може да се използва от хардуерни плейъри
Ogg	.ogg, .oga, .ogv, .ogx, .spx	Отворен формат за аудио (Vorbis, FLAC), реч (Speech) видео (Theora, Dirac), текст (Writ, CMMML, OggKate) и други потоци, разработен от Xiph.org
OGM — Ogg Media	.ogm	Хакната версия на Ogg, не се поддържа официално от Xiph.org. Обикновено съдържа Ogg Vorbis аудио и видео, напр. DivX, XviD, Theora.
RealMedia	.rm	Стандартен контейнер за RealVideo и RealAudio

Файл форматът е структура за пакетиране на данни. Почти всеки компютърен файл съдържа повече от един тип данни. Видео файловете са сложни като цяло, но всички те трябва да бъдат запазени в един от основните видове контейнери. Между всеки един вид контейнер (като Quicktime или AVI) има огромно разнообразие от атрибути на видео сигнала, използвани кодеци или компресия. Файлове с еднакви контейнери също могат да бъдат много различни помежду си. Например ако имаме два AVI файла, те могат да бъдат с еднакво разширение, но това не означава, че могат да се възпроизведат от един и същ софтуер. Възможно е да са с различна резолюция или честота на кадрите, която да не може да се изпълни на всеки софтуер.

Видео файлът съдържа контейнер, видео и аудио сигнали и кодеци. Контейнер файл се използва за да идентифицира различни видове данни. Различните формати контейнери съдържат множество видео и аудио потоци, субтитри, информация за данните и мета данни(тагове), както и информация за синхронизация, нужда за да работи всичко едновременно. Примери за контейнери са AVI и Quicktime MOV, MPEG и други. Разширенията на контейнерите включват: MOV, AVI, FLV, MP4 и MXF.

- DV кодек

Всички видеокамери, за да съберат определено количество видеоматериал върху съответния носител използват някакъв вид компресия със загуби. Алгоритъмът за компресия се определя до голяма степен от времето, в което е създаден определен формат. В различните времена техническото развитие е определяло себестойността на апаратните средства, способни да компресират видеопотока в реално време. Тъй като

индустрията има за цел да създаде продаваеми продукти, то се е налагало използването на апаратни средства с приемлива цена съобразно класът видеокамери, в които ще се вграждат. Първата цифрова видеокамера, достъпна за широките маси потребители, е използвала за носител лента (miniDV касета) и е ползвала компресия тип DV. До този момент, почти всички аналогови видеокамери са ползвали за носител лента. Магнитната лента е била доста разпространена и технологичното ѝ производство е било оптимизирано, затова цената на този носител е била много добра. С появяването на цифровата видеокамера не е имало друг, по-подходящ носител за цифровото видео. Затова компресията DV е създадена и оптимизирана за лентов носител. Протяжните механизми и записващите глави на лентата се движат с постоянна скорост, което налага използването на постоянен поток от записвана информация. Това условие е принудило създателите на стандарта DV да измислят компресия с променливо качество, само и само да запазят постоянен битрейт.

По-рано съществуващият кодек MJPEG се е ползвал за цифровизиране на вече заснети аналогови видеозаписи, но този компресор не е можело на се ползва за лентов носител, тъй като той е генерирал видео с постоянно качество, но променлив поток (битрейт). MJPEG и DV по същество представляват JPEG компресия на всеки отделен кадър от видеопотока, но при DV кодека, в кадрите с повече детайли, компресията е по-голяма и обратно – в кадрите, където има по-малко детайли компресията е по-малка. На практика разлика в качеството между MJPEG и DV в кадрите с много детайли не се забелязва, тъй като по-голямата компресия при DV кодека се осъществява в зоните на кадъра които се явяват по-несъществени от психо-визуална гледна точка. По този начин DV компресията успява да поддържа постоянен коефициент на компресия 5:1, което означава видеопоток от 25 мегабита (Mb).

- HDV кодек

Разработчиците са се сблъскали със същите ограничения, които има лентата, когато са създавали и DV формата. Трябва видеопотокът да е с постоянна скорост от 25Mb за секунда, за да може да се използват старите ленти със старите механизми за обтягане и предвижване на лентата. Но тъй като при HD резолюцията имаме около 4 пъти повече пиксела в кадъра, то използването на DV компресия е невъзможно. Затова за HDV е избран MPEG2 алгоритъм за компресиране, но с постоянен битрейт. Пълната резолюция на HDTV е 1920 x 1080 пиксела, но HDV записва върху лентата само 1440 x 1080. Това се налага тъй като при използване на пълната резолюция и MPEG2 кодек, целящ да компресира видеопотока до 25Mb, качеството става неприемливо. Започват да се виждат значителни дефекти в изображението от компресията. Затова се приема пикселите във всеки ред да са по-малко на брой и с правоъгълна форма със съотношение на страните 1.33:1. По този начин прилагайки по-малка компресия се запазва високото качество на изображението. Това определено е за сметка на детайлността и е в ущърб на потребителите, притежаващи телевизори с пълната (1920 x 1080) резолюция, но такива са ограниченията на miniDV носителите. Що се отнася до самия алгоритъм на компресиране при HDV, то нищо ново тук не може да се допълни към това, което описах вече по-рано за MPEG2 кодека.

- AVI контейнеров формат

Audio Video Interleaved (AVI), е мултимедиен контейнер формат, въведен от Microsoft през ноември 1992г., като част от своите видео технологии за Windows. В един файлов контейнер AVI файлът може да съдържа едновременно аудио и видео данни, което позволява синхронно възпроизвеждане. Подобно на DVD видео формата, AVI файловете поддържат аудио и видео поточно предаване, въпреки че тези функции се използват рядко. Повечето файлове AVI използват формат с файлови разширения, разработени от Matrox OpenDML Group през февруари 1996 година, като тези файлове се поддържат от Microsoft.

AVI е произведен на Resource Interchange Format File (RIFF), който разделя данните от файла на блокове, или "парчета". Всяко "парче" се идентифицира с FourCC етикет. Един AVI файл е под формата на един блок във форматирания файл RIFF, който след това се разделя на две задължителни "парчета" и едно по избор "парче".

- Първото подпарче се идентифицира с "hdrl" таг. Това подпарче е файл със заглавието и съдържа метаданни за видеото, както и за неговата ширина, височина и скорост на кадрите.
- Второто подпарче се идентифицира с "Movi" таг. Това парче съдържа действителните аудио / визуални данни, които образуват AVI филм.
- Третото подпарче се идентифицира с "idx1" етикет, който индексира компенсациите на данни от парчета в рамките на файла.

Чрез формата RIFF, аудио-визуални данни, съдържащи се в "Movi" парче могат да се кодират или декодират от софтуер, наречен кодек. При създаването на файла, кодека превежда между необработените данни и компресирани данни, използвайки формати от подпарчетата. Един AVI файл може да носи аудио/визуални данни вътре в подпарчетата в почти всяка схема на компресия, включително Full Frame (некомпресирани), Intel Real Time (Indeo), Cinepak, Motion JPEG, MPEG Editable, VDOWave, ClearVideo / RealVideo, QPEG, и MPEG-4 Video. Като производни на Resource Interchange Format File (RIFF), AVI файловете обикновено биват маркирани с метаданни в INFO парче. По проект, всеки RIFF файл може законно да включва допълнителни парчета от данни, всяко определено от четири-символен код. Като такъв, той теоретично е възможно да се разширява всеки RIFF файл, включително AVI, да подкрепят почти всички възможни метаданни. Някои от ограниченията на AVI в съвременната употреба се отнасят до липсата на стандартизация в тези метаданни.

От въвеждането му в началото на 90-те години, AVI си е с оригиналната спецификация и почти няма развитие. AVI не предвижда стандартизиран начин за кодиране на информацията, така че потребителите не могат да изберат подходяща стандартизация автоматично (въпреки че може да бъде възможно да се направи това ръчно). Има няколко конкуриращи се подходи към времевия код в AVI файлове, които засягат използваемостта на формата, в киното и телевизията пост-продукция, въпреки че той е широко използван. За аудио файлове WAV разширения за излъчване на вълната са проектирани да се стандартизират пост-продукция метаданни, но еквивалентни на AVI файлове не се очертава. AVI не е предназначен да съхранява видео с използване на компресионна техника, която изисква достъп до бъдещи данни видео кадъра извън текущата рамка. Подходи съществуват в подкрепа на съвременни техники във видео компресията (например MPEG-4), които разчитат на тази функция, въпреки че това е извън целта на първоначалната спецификация и може да доведе до проблеми с възпроизвеждане на софтуер, който не очаква тази употреба. AVI не може да съдържа някои данни надеждно специфични видове променливи битрейти (VBR) (като например MP3 аудио под 32 kHz).

По-новите контейнерови формати (като например Matroska и MP4) имат решение на всички тези проблеми.

DV AVI е вид файл AVI, където видеото е съгъстено, че да съответстват на стандартите на DV. Има два вида на DV-AVI файлове:

- Тип 1: Мултиплексираният Audio-Video данни се съхраняват в оригиналния си вид мултиплексирани и записани заедно в Video раздел на преписката AVI. Не заемат много място (аудиото се записва некомпресиран, но дори и некомпресирано то е малка част в сравнение с видео частта от DV), но Windows приложенията, базирани на VFW API не го поддържат.

- Тип 2: При Тип 1 звукът се записва и като допълнителен аудио поток във файла. Поддържан от приложения VFW, с цената на малко увеличение в размера на файла.

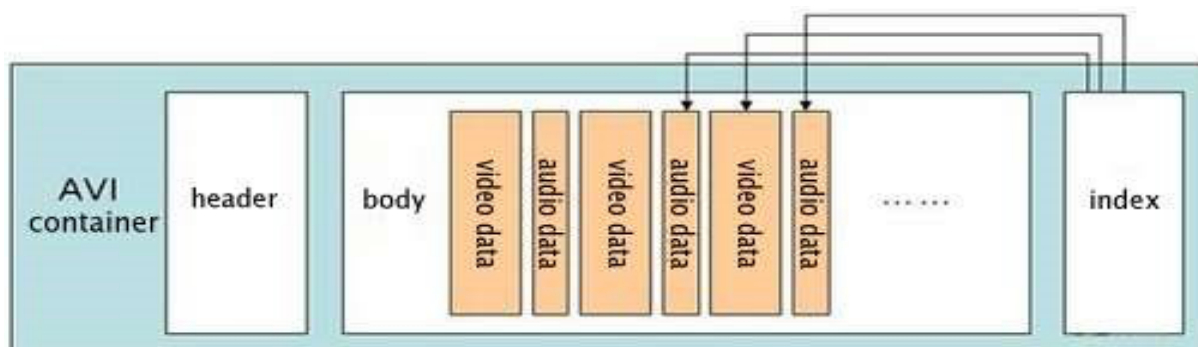
Тип 1 е действително по-нова от двата вида. Microsoft направи "тип" наименования, и реши да назовем техните по-възрастни VFW-съвместима версия "Тип 2", което внесе допълнително объркване.

В исторически план в края на 1990 г. до началото на 2000 г., най-професионалното ниво на DV софтуер, включително нелинейни програми за редактиране, поддържа само един тип. Едно забележително изключение е Adobe Premiere, който поддържа само от тип 2. Висок клас FireWire контролери обикновено използват Тип 1 само, докато "потребителите" ниво контролери обикновено използват само тип 2. Софтуерът е на разположение за конвертиране на Type 1 AVIS от тип 2, както и обратното, но това е процес, изискващ време. В много от настоящите контролери FireWire все още се улавя единия или другия вид. Въпреки това, почти всички от текущия софтуер DV поддържат както Тип 1 така и Тип 2, редакция прави включително и Adobe Premiere. По този начин, много от съвременните потребители са наясно с факта, че има два вида DV AVI файлове.

Също известен като Audio Video Interleaved файлове, тези .avi файлове са компресирано мултимедийно съдържание, съставено от аудио-видео данни, които са кодирани с помощта на различни кодеци. Разработено от Microsoft, формат AVI файл изпълнява полеки стандарти за компресиране на видео данни в своите кодиране спецификации, отколкото MOV и MPEG файлове. Има много приложения за двете Microsoft Windows и Mac платформи, които са внедрени с поддръжка за отваряне и разглеждане на съдържанието на тези AVI файлове. Има и Linux програми, които могат да бъдат използвани, за да се открият тези AVI файлове. Някои приложения за редактиране на видео могат да бъдат използвани за създаване на видео във формат AVI файл, и тези програми са интегрирани с набор от функции за редактиране на видео и аудио съдържание, съхранявани в тези .avi файлове.

Структурата на AVI контейнера показана на фиг. 7.25. е изградена от три основни части:

- Header – съдържа метаданни за видеото, които са ширина, височина и кадри в секунда;
- Body – може да съдържа аудио/визуални данни, компресионни схеми, включва некомпресирани кадри в секунда, Intel Real Time (Indeo), Cinepak, Motion JPEG, Editable MPEG, VDOWave, ClearVideo/RealVideo, QPEG и MPEG-4 Video; □ Index – индексира съдържанието в Body.



Фиг. 7.25. Файлова структура на AVI контейнер

Предимството на AVI е, че не е необходим допълнителен софтуер, за да бъде възпроизведен файл в такъв формат под Windows. Поддържат се многобройни кодеци на различни производители, което води до добри резултати при компресиране и възпроизвеждане на видеофайлове. Записът във формат AVI може да бъде извършван без компресиране и с компресиране на информацията. Най-често за компресиране се използва M-JPEG, но също се поддържат и кодеци Microsoft Video 1, Microsoft RLE (само 8-битов цвят), Indeo, Cinepak и др.

Основни недостатъци на AVI са несъвместимостта му с технологиите за потоково предаване на информацията в компютърните мрежи и ограничението от 2 GB за размера на файла. Не се поддържа от други операционни системи и е необходим допълнителен софтуер за възпроизвеждане на видео на такива системи. Днес архитектурата Video for Windows е

заменена от DirectShow (част от DirectX технологиите на Microsoft), а AVI файловия формат се заменя от ASF.

- **MOV (Quick Time) формат**

MOV е разширението, използвано от QuickTime файловете. Форматът е създаден от Apple Computer за работа с мултимедийни файлове. Въпреки че MOV файловете са доста често срещани в интернет, да ги възпроизведе компютъра, в Windows трябва да се инсталира допълнителен компонент или се конвертират в друг формат. MOV е контейнер формат и може да съдържа видео, анимация, графика, 3D и виртуална реалност (VR) съдържание или текст (субтитри, например).

- Предимството на MOV файловете е способността да съдържа препратки и абстрактни данни. Това означава, че те могат лесно да бъдат редактирани и няма нужда да бъдат пренаписани всички данни по време на редактиране.
- Могат да поддържат няколко аудио и видео канала.
- Файловете заемат по-голямо място отколкото другите файлови формати.
- Платформата поддържа Apple Movie видеофайлове (имат разширение MOV), които могат да се използват за CD базирани или Internet мултимедийни приложения.

- **DivX кодек**

DivX е най-популярната видео технология, която към настоящия момент се използва от над 50 млн. потребители. Кодекът е проектиран за пълноекранно пълно кадрово възпроизвеждане на видео. Дава възможност за бързо кодиране и декодиране в реално време на видео с висока разделителна способност без използване на специален хардуер. DivX 5.1 декодира MPEG-4 Sample Profile и MPEG-4 Advanced Sample Profile видео. По този начин кодекът успешно може да бъде използван в съвременни преносими устройства като например портативни видео възпроизвеждащи устройства. DivX 5.1 използва най-съвременна технология за премахване на ненужна видеоинформация, наречена психовизуално моделиране (Psychovisual Modeling). Посредством използване на знания за визуалната система на човека, кодекът прилага оценка на психовизуалната сложност (Psychovisual Complexity Rating - PCR) за всеки кадър и премахва данните, които не могат да се видят от човешките очи при пълноскоростно възпроизвеждане на видео. По този начин се намалява значително обемът заема от видеофайла и се повишава качеството на видеоизображението.

DivX 6 разшири обхвата на DivX с включването с на кодек и плейър чрез добавяне на допълнителен контейнер медиен формат, наречен "DivX Media Format" ("DMF") (с разширение. DivX), който включва поддръжка за следните DVD -Video и VOB контейнер.

DivX Media Format (DMF) характеристики:

- * Интерактивни менюта видео
- * Множество субтитри (XSUB)
- * Множество аудио записи
- * Множество видео потоци (за специални функции, като бонус / допълнително съдържание, също като в DVD-Video филми)
- * Глава точки
- * Други метаданни (XTag)
- * Множество формати
- * Частична обратна съвместимост с AVI

Докато видео кодирано с кодека DivX е MPEG-4 видео поток, на DivX Media Format са аналогични контейнерни формати като QuickTime на Apple. По същия начин, по който медийни формати като DVD задали MPEG-2 видео като част от тяхната спецификация, DivX Media Format определя MPEG-4 видео като част от своята спецификация. Все пак, въпреки използването на ". DivX" разширение, този формат е разширение на файлов формат AVI.

- MKV контейнеров формат

Matroska (Матрьошка) е свободен мултиплатформен контейнеров формат, способен да съхранява неограничено количество аудио и видео потоци с голямо разнообразие от кодеци, субтитри, картинки и др. в един единствен файл. Форматът носи името си от известната дървена играчка Матрьошка. Той може да се смята като конкурент на MP4, AVI, а също така и на ASF, MOV, но за разлика от тях, Матрьошка е с отворен стандарт.

Проектът е започнат на 7 декември 2002 г. като разклонение (fork) на Мултимедиен Контейнеров Формат (Multimedia Container Format, MCF), след разногласия между разработчика на MCF Ласе Керкойнен (Lasse Kärkkäinen) и Стив Ломе (Steve Lhomme, основателя на Матрьошка) относно използването на Extensible Binary Meta Language (EBML) вместо бинарен формат. Това съвпада с дълга почивка на разработчика на MCF, през което време повечето от общността бързо мигрират към новия проект.

Използването на EBML (двоичен аналог на популярния език XML) спомага за бъдещи промени по формата. Разработчиците на Матрьошка са открили някои от своите цели в дългосрочен план във форумите Doom9.org и hydrogenaudio.org. Списък на цели:

- Създаване на модерен, гъвкав, разширяем, многоплатформен мултимедиен формат
- Разработване на възможност за стрийминг по интернет
- Разработване на менюта, подобни на DVD, базирани на EBML
- Разработване на инструменти за създаване и редактиране на Матрьошка файлове
- Разработване на библиотеки, които да бъдат използвани от разработчици за техните програми, осигурявайки им възможност работа с файлове Матрьошка
- Поддръжка на Матрьошка в хардуерни плеъри и други устройства
- Осигуряване на естествена поддръжка на Матрьошка в множество операционни системи

Съществуват следните файлови разширения:

- .MKV за видео (с аудио и субтитри)
- .MKA само за аудио
- .MKS само за субтитри

Матрьошка е проект с отворен стандарт. Това означава, че той е свободен и безплатен за използване. Техническото му описание е отворено за всеки, включително компании, желаещи да осигурят поддръжка в своите продукти. Сорс кодът на библиотеките, разработени от Matroska Development Team са лицензирани под GNU LGPL. В добавка библиотеките за възпроизвеждане са налични под BSD лиценз, позволяващ те да се ползват в комерсиален хардуер и софтуер.

Предимствата на MKV са:

- висока възстановимост на грешките;
- съвместим с аудио потоци;
- съвместим с технологиите за потоково предаване в компютърните мрежи и интернет (HTTP and RTP audio & video streams).

- MPEG-2 формат

MPEG-2 (MPEG – Motion Pictures Experts Group – Група на експертите по подвижни изображения) е разширение на MPEG-1- международен стандарт за цифрова компресия на аудио- и видеосигнали.

MPEG-2 е насочен към формати за излъчване при по-високи скорости; осигурява допълнителни средства (алгоритмично) за по-пълноценно кодиране на видео с презредова разбивка, поддържа широк набор от скорости на предаване, както и многоканален звуков съпровод (multichannel surround sound). Тук ще разгледаме принципите за кодиране, използвани в стандарта MPEG-2, структурата на кодера и декодера, както и профилите (profiles– набор от подгрупи средства върху базовия кодек) и нивата (levels – набор от ограничения за стойностите на отделните параметри), официално определени до днес.

MPEG-2 цели да бъде базова кодираща система, поддържаща огромен набор от приложения. Различни алгоритмични инструменти, разработени за множество приложения, се интегрират в пълния стандарт. Включването на всички възможности, осигурени от стандарта, в произвежданите декодери е много сложно и ненужно и води до загуба на честотна лента. Затова се дефинират малък набор от опции от целия стандарт, наричани профили и нива. Профилът дефинира точните средства (функционални възможности), а нивото – ограниченията в стойностите на отделните параметри (като размер на изображението и скоростта на потока). Декодер, който поддържа конкретен профил и ниво се използва само за съответстващата част от стандарта.

При MPEG-2 е възможна компресия за видео със стандартна разделителна способност и формат 4:2:0 до 3-15 Mbit/s. За ниските стойности от този диапазон изкривяванията на сигнала стават доста забележими при MPEG-2. За наземна цифрова телевизия със стандартна разделителна способност 6 Mbit/s се счита за удачен компромис между качество и необходима честотна лента.

Принцип за намаляване на скоростта на потока.

Системите за намаляване на скоростта на потока премахват излишната информация от сигнала в кодера преди предаването и я добавят отново в декодера. Двойката кодер-декодер (coder-decoder) се нарича кодек (codec). Във видеосигналите има два вида информационни излишъци.

- Пространствен и времеви излишък

Стойностите на пикселите не са независими, а са свързани (корелирани) помежду си, както в рамките на един и същи кадър, така и между различни кадри. Така, стойността на текущ пиксел може да се предскаже, ако разполагаме със стойностите на няколко съседни на него (предхождащи го) пиксела.

- Психовизуален излишък

Човешкото око има ограничена реакция по отношение на фини детайли в пространствена област и е по-слабо чувствително към детайли, разположени в близост до контури на обекти. Следователно, намаляването на скоростта на потока чрез контролирано внасяне на изкривявания в определени области на изображението, за които окото е по-слабо чувствително, не би довело до осезаема промяна в качеството. Вътре-кадрово кодиране чрез дискретно косинус преобразуване (Discrete Cosine Transform - DCT) и между-кадрово предсказване с компенсация на движението са двата ключови подхода при MPEG кодеките. Те са успешно прилагани и преди появата на стандарта, особено за 625-редово видео при скорости 34 Mbit/s и във видеоконферентни системи при скорости под 2 Mbit/s.

Управление на буфера

На изхода на кодера се получава поток с променлива дължина след премахване на по-голямата част от излишъка на информация от изходните изображения. Скоростта на потока зависи от сложността и предсказуемостта на изходните кадри и ефективността на предсказването с компенсация на движението.

За много приложения е от значение скоростта на този поток да е постоянна и да съответства на възможностите на канала за връзка. В тези случаи се използва буфер (временно „хранилище“) между кодера и канала за връзка. Буферът се запълва с различна скорост от кодера и се освобождава с постоянна скорост към канала за връзка. За да се предпази буфера от недостатъчно запълване или препълване се въвежда обратна връзка, която управлява средната скорост във функция от запълването му. Например, средната скорост може да се намали чрез увеличаване на степента на квантуване, приложено към DCT коефициентите. Това намалява броя на битовете, генерирани от VL-кодера, но увеличава изкривяванията в декодираното изображение. Декодерът също трябва да има буфер между канала за връзка и входа си за поток с променлива скорост, необходим в процеса на декодиране. Обемът на буферите в кодера и декодера трябва да са равни.

В MPEG-2 се определя максимален обем за буфера в декодера (и следователно в кодера), въпреки че кодерът може да използва само част от него. Закъснението в буфера на

кодера и декодера е равно на обема му, разделен на скоростта на потока през канала за връзка. Например за MPEG-2 кодер, работещ при 6 Mbit/s с обем на буфера от 1.8 Mbits ще има общо закъснение през кодера и декодера от около 300 ms. Намалването на обема на буфера ще намали закъснението, но може да засегне качеството на изображението, ако не приема целия поток от VL-кодера.

Профили и нива

MPEG-2 е разширение на MPEG-1. MPEG-1 е насочен към кодиране на видео с прогресивна разбивка със скорости до 1.5 Mbit/s. В MPEG-2 са осигурени допълнителни алгоритмични инструменти за ефективно кодиране на видео с презредова разбивка и поддържа широк набор от скорости на потока. MPEG-2 има също и възможност за мащабируемо кодиране, при което част от видеото, представляващо повишен интерес, може да се възстановява от отделни части от общия поток. Общият поток може да се структурира в слоеве, започвайки от базов такъв (който може да се декодира самостоятелно) и добавяйки слоеве за подобряване на качеството чрез намалено ниво на квантуване или подобрена разделителна способност.

Малък брой набори от параметри са дефинирани като част от базата на MPEG-2, известни като профили и нива. Профил е набор от алгоритмични инструменти, а нивото дефинира ограниченията за стойностите на параметри като размер на изображението, скорост на потока и т.н. Профилите и нивата, които са дефинирани в базата, трябва да съответстват едни на други като по-високите се явяват надстройки на по-ниските. Декодер, който поддържа даден профил и ниво, трябва да поддържа само параметрите, които са дефинирани.

Два немащабируеми профила са дефинирани в описанието на MPEG-2.

Простият профил (simple profile) не използва В-кадри, а оттам и предсказване „назад“ или предсказване с интерполация. Като следствие не е необходимо пренареждане на кадри (при наличие на такова се добавя закъснение от около 120 ms при кодирането). С малък по обем буфер в кодера този профил е подходящ за приложения, изискващи малки закъснения като системите за видеоконференция, при които цялото закъснение е около 100 ms. Кодирането се извършва върху видеосигнал с формат 4:2:0.

Главният профил (main profile) поддържа В-кадри и е най-масово използваният профил. С използването на В-кадри се увеличава качеството на изображението, но се добавя забавяне от около 120 ms при пренареждането на кадрите. Декодерите, поддържащи главния профил, могат да декодират и MPEG-1 видео. Понастоящем повечето MPEG-2 видеодекодери (като част от набор интегрални схеми – chipsets) поддържат главното ниво (main level) на главния профил (main profile).

Подробности за мащабируемите профили: SNR профилът (SNR profile) поддържа слоеве за подобряване на качеството чрез по-надлежно квантуване на DCT коефициентите като се използва мащабиране на отношението сигнал-шум (signal to noise (SNR) ratio scalability). На Фиг.7.26 е даден пример за SNR-мащабируем кодер и декодер.

Кодекът работи по подобен начин на немащабируемия кодек, показан на фиг. 7.26. като е добавено допълнително квантуване. Кодерът квантува DCT коефициентите с определена точност, следва VL-кодиране и предаване на поток от ниско (или базово) ниво (lower-level или 'base-layer'). Грешката от квантуване, внесена от първия квантувател, се квантува, VL-кодира и предава като поток от високо (подобро) ниво (upper-level или 'enhancement-layer'). Допълнителната информация, необходима на декодера като вектори на движение се предава само в базовия слой.

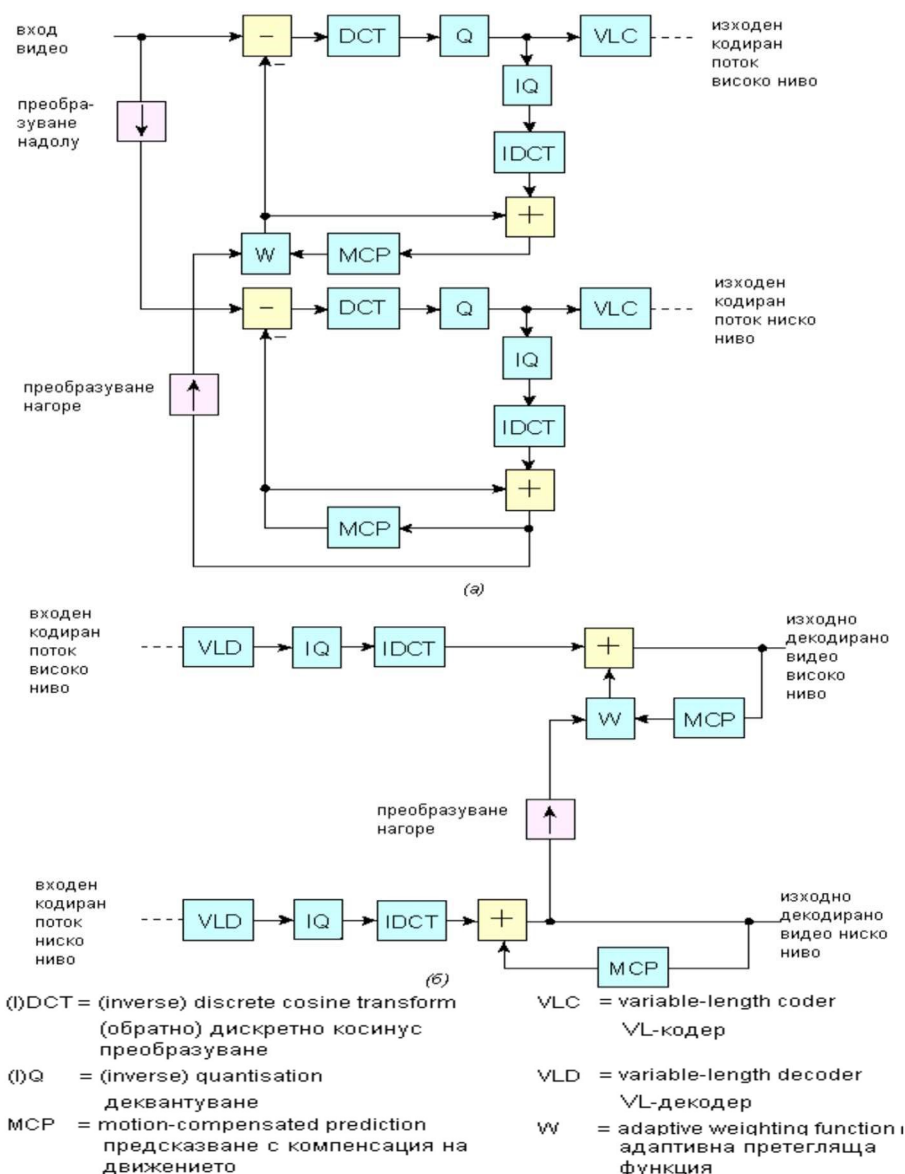
Потокът от базовия слой може да се декодира по същия начин, както и при немащабируемото кодиране, показано на фиг. 7.26.(b) . За декодиране на комбинирани базов и подобрен слой, и двата трябва да се получат. Стойностите на коефициентите от подобрения слой се добавят към коефициентите от базовия слой, след което следва деквантуване. Получените коефициенти след това се декодират по същия начин, както това става при немащабируемия вариант.

случай. Кодерът от подобрения слой обработва интерполираните локално-декодирани изображения от базовия слой в качеството им на предсказани стойности за блока от по-високия слой. Това предсказване е добавка към предсказването от предсказателя с компенсация на движението от по-високия слой. Адаптивната претегляща функция W от фиг. 7.27(а) се използва за избор между предсказване от по-висок или по-нисък слой.

Както и при SNR мащабируемостта, потокът от по-ниския слой може да се декодира по същия начин, както при немащабируемия случай. За да се декодират комбинирани - нисък и висок слой, е необходимо и двата да са получени, както е показано на фиг. 7.27(б). По-ниският слой се декодира първи и се интерполира. Новполучените стойности се подават към декодера за по-високия слой в качеството им на предсказани. Декодерът от по-високия слой избира между своето собствено предсказание с компенсация на движението и интерполираното от по-долния слой като използва стойността за претеглящата функция W , предадена в потока на по-високия слой.

Пространственият профил (spatial profile) е предложен като начин за предаване на телевизия с висока разделителна способност, съвместима в главния си профил с телевизията със стандартна разделителна способност.

Високият профил (high profile) добавя поддръжка за кодиране на видео във формат 4:2:2 и включва инструменти за мащабиране на SNR и пространствения профил.

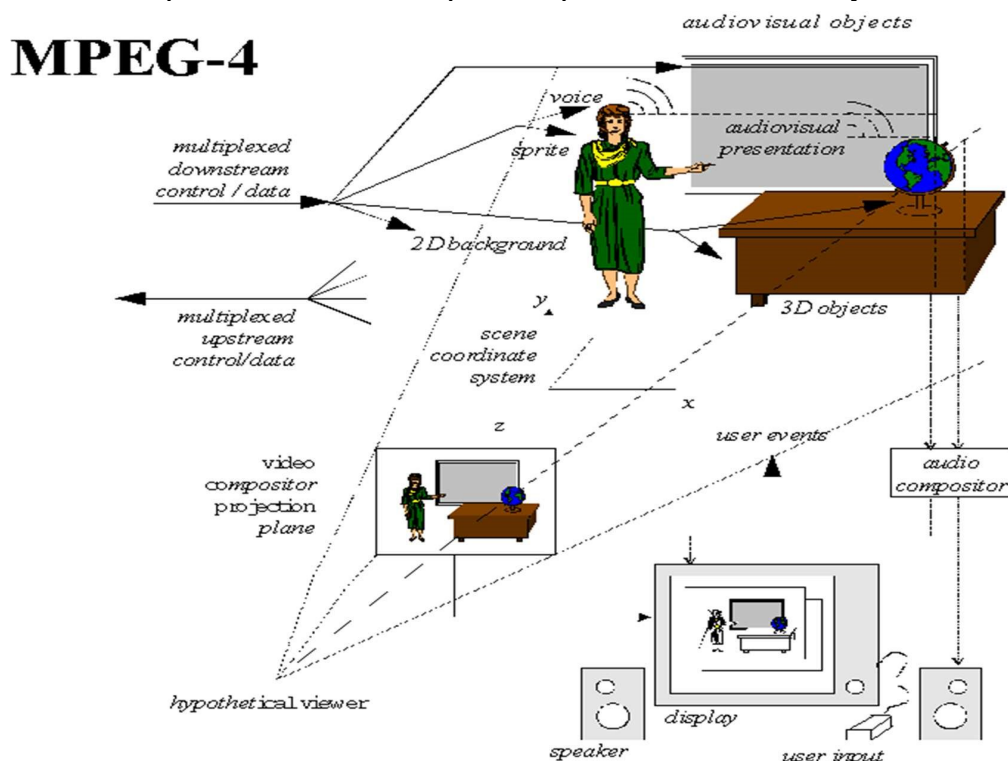


Фиг. 7.27. (а) Пространствено-мащабируем видеокодер; (б) пространствено-мащабируем видеодекодер.

- MPEG-4 формат

Разработката на този стандарт е започната в първата половина на 90-те години на миналия век и е завършена през 1998 г. От 1999 г. е утвърден като международен стандарт. Първоначално е бил замислен като метод за предаване на поточни мултимедийни данни (например видео) с малък размер (176x144 пиксела (QCIF) при 10 кадъра в секунда) в нискоскоростни среди (трансфер между 4800 и 64000 bits/s).

Днес в практически приложения MPEG-4 може да се използва както за ниска разделителна способност (128x96 пиксела - SQCIF), така и за висока - HDTV, а поддържаните скорости са от 5 Kbit/s до 10 Mbit/s. За разлика от MPEG-1 и MPEG-2, в които за кодиране се използва линеен подход, MPEG-4 е обектно ориентиран. Тази технология разглежда всеки аудио- визуален обект (Audio-Visual Objects - AVO) от изображението като независим от останалите, което позволява постигането на по-добро компресиране. Използването на обекти, които са свързани в някакво отношение в пространството и времето води редица предимства. По този начин към различни обекти могат да бъдат прилагани различни методи за кодиране, което води до повишаване на качеството. Например, при генерация на движещи се обекти е най-добре да се прилага анимационна техника, докато изображенията е най-добре да се разглеждат като съвкупност от пиксели.



Фиг. 7.28. Схема на обектно ориентиране на MPEG-4

MPEG – 4 е стандарт е доказал успех в три области: цифрова телевизия, интерактивните графични приложения (изкуствено създадено съдържание т.е. генерирано от компютър), и Интернет (тук основно дистрибуцията и достъпа до съдържание), също и да стандартизира технологичните елементи необходими за интегрирането на всички услуги, които се предлагат от горе изброените области. MPEG– 4 регламентира поточното предаване и синхронизацията на обектно кодираните данни в съответствие с изискванията на доставчика и потребителя на услуги за начин на доставяне, за степен на мащабиране и за режим на интерактивност.

MPEG – 4 се стреми да отстрани трудностите възникнали от множеството формати и плеъри неработещи помежду си. Това се осъществява като се използват няколко начина:

* Представа единиците на слуховото, визуалното и аудиовизуалното съдържание като “audio/visual objects (AVO’s). Основната единица по прецизно се нарича примитивен аудиовизуален обект. Тези обекти могат да са от естествен и синтетичен произход (т.е. могат да са записани с камера или микрофон, или генерирани с компютър).

* Събирането на тези обекти заедно за да се създадат смесени AVO (аудиовизуални обекти), които да сформират съответните АВ сцени.

* Мултиплексиране и синхронизиране на данните асоциирани с AVO така, че те да могат да бъдат транспортирани през мрежови канали осигуряващи качество на услугата (QoS).

* Интерактивност с аудиовизуалната сцена генерирана при съответния краен получател.

Аудиовизуалните сцени са съставени от няколко AVO, организирани по йерархичен начин. На фиг. 7.28 се виждат следните AVO: - - двуизмерен неподвижен фон;

- картината на говорещия персонаж;

- гласът асоцииран към този персонаж и др.; Примерна сцена MPEG-4

Фигурата дава представа по какъв начин в MPEG – 4 се композира АВ сцена с помощта на индивидуални обекти.

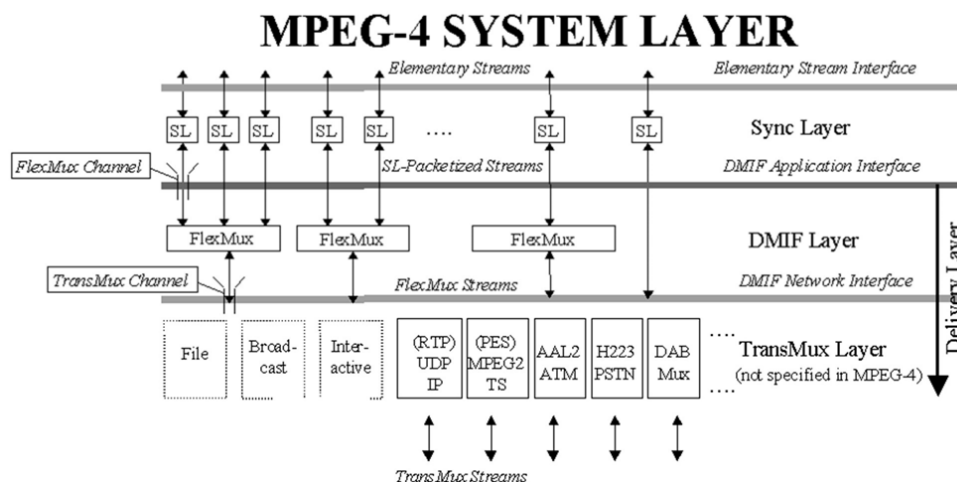
Тя съдържа и още сложни АВ обекти които са образувани от прости АВ обекти взети заедно. Такъв е говорещият персонаж и съответстващият му глас, които са обединени заедно за формирането на нов сложен АВ обект съдържащ двата компонента – слуховия и визуалния. Съставянето на сцената заимства някои концепции от VRML (Virtual Reality Modeling Language) – език за моделиране на виртуална реалност. Този език се използва в Интернет за описване на 3 –D обекти и потребителски итерации с тях. В MPEG – 4 вместо VRML се използва BIFS (Binary Format for Scenes – двоичен формат за сцени). Разликата между двата езика е в това, че VRML описва данните в текстов формат докато BIFS прави това чрез двоичен код при което обема се намалява от 10 до 15 пъти.

Алгоритъм Синхронизираната доставка на потока от данни от изпращача до получателя, използват различни QoS, достъпни в мрежата, упоменати с термини в слоя за синхронизация и доставки, които съдържат двуслоен мултиплексор. Първият слой на мултиплексирането се управлява съгласно спецификацията DMIF (Delivery Multimedia Integration Framework). Този мултиплексор може да бъде реализиран с определения в MPEG мултиплексор FlexMux, който позволява да се групират елементарните потоци ES (Elementary Streams) с малък излишък. Мултиплексирането на това ниво може да се използва например за групиране на ES с подобни изисквания от QoS, за да се намали числото на мрежовите съединения или значението от задръжки.

Слоя TransMux (Transport Multiplexing) показва нивото, което предлага транспортните услуги, удовлетворяващи изискванията на QoS. MPEG-4 определя единствено интерфейса в този слой, в същото време останалите изисквания към пакетите с данни ще определят транспортният протокол.

Всеки съществуващ стек от транспортния протокол, например (RTP)/UDP/IP, (AAL5)/ATM или MPEG-2 Transport Stream нагоре по подходящото канално ниво може да стане частен случай на TransMux. Избора е оставен на крайните потребители и позволява използването на MPEG-4 в широк спектър. Използването на мултиплексора FlexMux се явява опция и както е показано на фиг. 7.29 този слой може да бъде празен ако основният TransMux предоставя всички необходими функции. Слой за синхронизация винаги присъства. Като отчетем всичко това, следва че е възможно:

- идентифициране на модулите за достъпа, транспортните времеви отметки и еталонната времева информация, а също така да се регистрира загубата на данни;
- опционно вкарване на данни от различни елементарни потоци в FlexMux;
- предаване на управляваща информация;
- определяне на необходимото ниво QoS за всеки елементарен поток и потока FlexMux;
- преобразуване на изискванията на QoS в действителни мрежови ресурси;



Фиг. 7.29. Модел на системния слой в MPEG-4

В наши дни MPEG-4 има много голяма популярност, благодарение на мощните алгоритми за компресиране и възможността с негова помощ на един компакт-диск да бъде записан пълнометражен филм. От друга страна използването на нови и посложни алгоритми за компресиране повишава изискванията към използваните изчислителни ресурси в сравнение с необходимите за възпроизвеждане на видео във формат MPEG-1 или MPEG-2. MPEG-4 се използва в .ASF и .WMV файлове (стандарти на Windows Media), както и в .AVI файлове, създадени с използване на кодеците Microsoft MPEG-4, DivX 5, XviD и др. MPEG-4 кодека позволява да дефинирате Data Rate (големината на потока данни), Key frame interval (интервала между кадрите) и Compression Control (smoothness/crispness, съотношение плавност/прецизност).

Нека разгледаме тези параметри по-подробно:

*Data Rate – най-ключовият. От него зависят качеството и размерът на файла. Колкото по-голяма е стойността му, толкова по-високо е качеството, съответно и големината на файла. Мерната единица е битове в секунда. Стойността е променлива и зависи от моментното съдържание на филма. Например при компресиране на субтитрите Data Rate намалява повече от два пъти.

*Key Frame Interval – MPEG4 според терминологията на Microsoft се отнася към междукладовите (interframe) методи на компресия, т.е. към тези, при които изцяло се запазват известен брой ключови кадри (Key frame или I-Frame), а останалите кадри (Delta frames) съдържат само разликата между предходните и следващите кадри. Key frame interval задава промеждутъка между ключовите кадри. С това се обяснява и забавянето, което се получава, ако се опитате да пуснете филма от средата – player-ът трябва да се върне до най-близкия ключов кадър. На пръв поглед, колкото повече са ключовите кадри, толкова по-добре, но това не е точно така. Ключовият кадър се нуждае от поголямо количество данни и когато се вмъква, за следващите кадри остава по-малко количество информация.

Съвременните codec програми се нуждаят от много малък брой ключови кадри, например VDO Codec поставя по един ключов на 9999 кадъра, а в програмата NetShow стойността по подразбиране е един ключов кадър на 3600 секунди. За MPEG4 codec-a Key frame interval означава единствено разстоянието между ключовите кадри, MPEG4 енкoderът се грижи за поставянето им в нужните моменти, например при динамична промяна на сцените, като ако е необходимо може да постави няколко един след друг. Най-добре е да не променяте стойността по подразбиране, освен ако не е наложително. Compression Control (Smoothness/crispness) - Smoothness определя плавността на движенията, crispness определя детайлността на изображението. За съжаление тези величини са взаимноизключващи се, т. е. ако увеличавате едната, то другата намалява. В общи линии този параметър е важен само за ниски стойности на DataRate или честота на

кадрите под 20GHz. При високи стойности на DataRate при промяна на този параметър филмите се получават съвършено еднакви. Най-добре е да не променят стойността по подразбиране, и на Compression Control (Smoothness/crispness).

Основните части на функционалната структура на MPEG-4 са:

*Системна част: Включва описание на отношението между аудиовизуалните обекти и сцената. Описанието на отношението съдържа две нива: - първото ниво представлява двоичен формат за сцената (Binary Format for Scenes - BIFS), който описва пространствено-временното разположение на обектите на сцената. Това дава възможност на крайния потребител да взаимодейства с обектите (например в игри). - второто ниво представляват дескрипторите на обектите (Object Descriptors), които определят отношението между елементарните потоци (Elementary Streams), принадлежащи на всеки обект. Например аудио и видеопотоците във видеоконференциите.

*Визуална част: Разглежда методите за компресиране на естествени и синтезирани визуални обекти.

*Звукова част: Разглежда методите за компресиране на естествени и синтезирани звукови обекти.

Предимства на MPEG – 4

MPEG-4 е разработен за създаване на видео с високо качество и неголям битрейт, което дава възможност за възпроизвеждане на видео на повечето компютри, както и за публикуване в Internet. Може да компресира видео във всякаква разделителна способност при относително нисък битрейт. С помощта на кодеци като XviD и DivX 5, MPEG-4 може да бъде възпроизвеждан от всяка програма за видео.

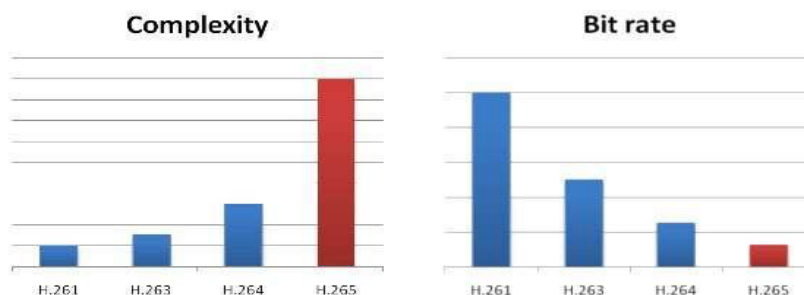
Недостатъци на MPEG - 4

За възпроизвеждане на филми, кодирани с MPEG-4 на телевизор е необходима допълнителна приставка с телевизионен изход (TV-out).

- H.264 кодек

H.264, MPEG-4 част 10, или AVC (съкращението означава напреднало видеокодиране - Advanced Video Coding) е стандарт за цифров кодек за видеосигнали, който е създаден за постигане на много високо компресиране на данни. Той е създаден от ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) заедно с ISO/IEC Motion Picture Experts Group (MPEG) като продукт на колективното партньорство познато също като Joint Video Team (JVT). ITU-T H.264 стандарта и ISO/IEC MPEG-4 част 10 стандарта (накратко, ISO/IEC 14496-10) са създадени заедно, така че те са технически идентични. Последната проектна работа по първата версия на стандарта е била завършена през май 2003 г.

Името H.264 е продължение на приетия от ITU-T начин на именуване (където стандартът е част от H.26x серията на VCEG стандартите за видео кодиране), докато името MPEG-4 AVC е свързано с именуването на ISO/IEC MPEG (където стандартът е част 10 от ISO/IEC 14496, което е част от групата стандарти познати като MPEG-4). Стандартът е развит съвместно в партньорство на VCEG и MPEG, след по-ранното разработване в ITUT като VCEG проект под името H.26L. На фиг. 7.30 е дадено графично сравнение на серията H.26x, за да се покаже разликата между стандартите визуално.



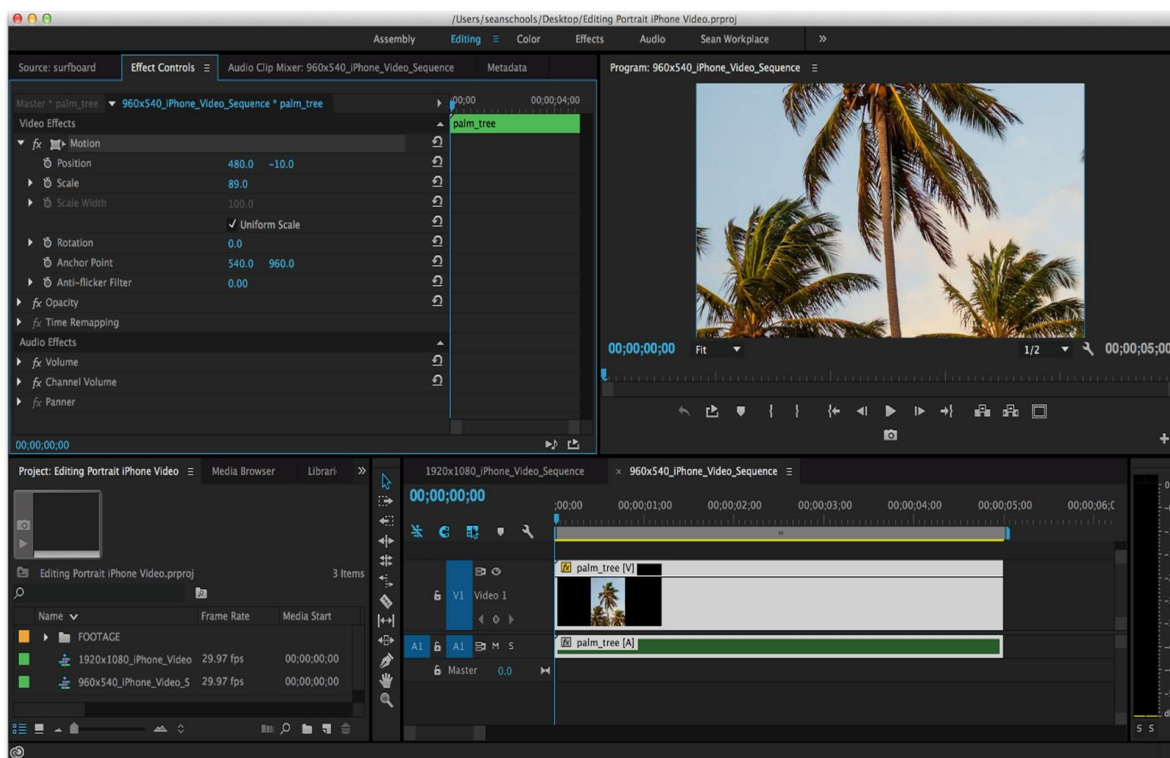
Фиг. 7.30. Сравнение на H.26x серията

7.3.7. Софтуер за видео обработка и монтаж

Софтуерът който се най-използва при нелинейния монтаж в телевизионните студия е Adobe Premiere Pro. Premiere Pro е програма за видео обработка на един от лидерите в производството на компютърен софтуер – Adobe и софтуерът е много тясно итегриран с другите програми на Adobe. Директно в Premier може да прехвърляте файлове от Photoshop, Illustrator, Audition или After Effects.

Видео обработката е доста обширно понятие, но ето няколко конкретни примера, където Premiere Pro се прилага:

- Редакция на кратки форми (реклами, трейлъри, спотове);
- Редакция на дълги форми (игрални и документални филми);
- Корпоративни видеа и презентации;
- Обработка на домашни видео клипове;
- Обработка на професионални видео клипове;
- Обработка на музикални клипове - работа с музика, цвeтова обработка и ефекти;
- Цвeтова обработка на заснет материал (color grading);
- На практика всичко, което изисква редакция на видео.



Фиг. 7.31. Основен работен екран на Adobe Premiere Pro

7.4. 3D визуализация на телевизионно студио

С цел придобиване на по-ясна представа за телевизионно студио ще представим примерен проект, който е разработен и реализиран в 3D вариант с Autocad. То представлява визуализация на две помещения: студио и апаратна с няколко работни станции, на които се извършват всички необходими дейности, за да бъде създаден и излъчен в ефир видеоматериала.

7.4.1. Общ план на студио и апаратна

На фиг. 7.32 е показан изглед отгоре в общ план на целия проект. От него може да се добие представа за разположението на студиото и апаратната и как са разделени.

Разделението между двете помещения е направено със стена прозорци и врата за достъп. Задължително е използването на изолационни материали и стъклопакет, за да се избегне внасянето на странични шумове от техника и разговори между служителите към студиото. Прозорците са оставени за директен визуален контакт между водещ, оператори и гости. В проекта те са отваряеми за по-голямо удобство когато студиото не е в ефир или в режим на запис. Външните стени и подът на студиото както и на апратната, също трябва да бъдат направени със звукоизолационни материали, отново за да се избегне внасянето на външни шумове. Желателно е и тавана да бъде изграден от звуко изолационни и абсорбиращи материали, за да се избегне връщане на ехо от горе. Студиото трябва да бъде достатъчно голямо за да има разстояние от камерата до водещия и както и от задната стена до водещия. Широчината също е много важна да да може да бъде разположено осветлението по подходящ начин.

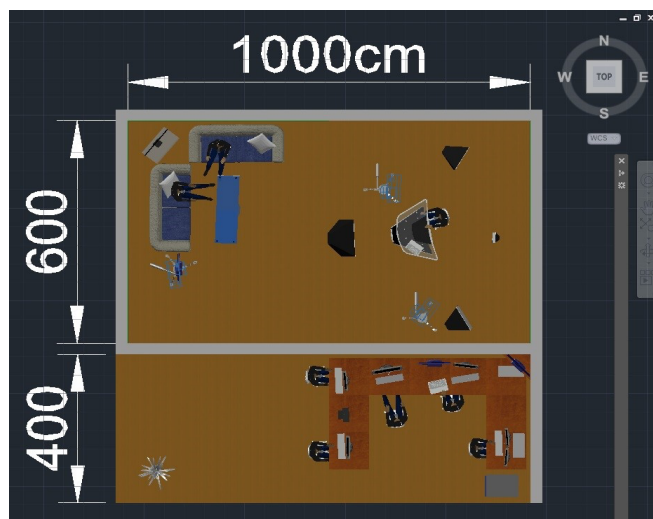


Фиг. 7.32. Общ план на студио и апратна

7.4.2. Размери на помещенията

Размерите на помещенията са едни от най-важните фактори за да бъде разположено по правилен начин цялото оборудване.

На фиг. 7.33 е показан изглед на помещенията отгоре. Описани са необходимите размери за реализация на студиото. Дължината на студиото в конкретния проект е 1000cm (10m). Ширината на студиото е 600cm (6m). Апаратната е със същата дължина, но тъй като не е необходимо да е толкова широка, в случая е широка само 400cm (4m), което е напълно достатъчно за разполагане на цялото необходимо оборудване и мебели за да функционира местното телевизионно студио. Височината е необходимо да бъде минимум 300-350cm, за да има достатъчно място осветлението, което е на тавана. Тази височина не е задължителна за апаратната. Там високият таван би създал неудобство, тъй като излишно ще завиши разходите за отопление. Добра идея е да бъде монтиран окачен таван. През него може да се прекарат комуникационни кабели, вентилация и да бъде обслужвано по-лесно осветлението.



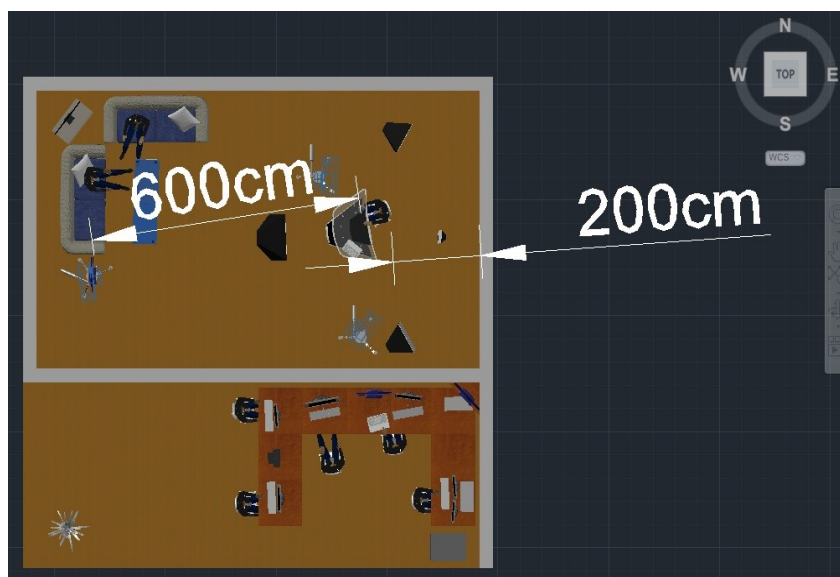
Фиг. 7.33. Изглед отгоре и размери

7.4.3. Разстояния между камери и водещи

Друг много важен параметър е разстоянието на камерата от водещия. В конкретния слуай то е 600cm (6m) показано на фиг. 7.34. Това е много важно когато се използва телепромтер (autocue). За да не се забелязва прекалено четенето от него, е добре да е на максимално далечно разстояние, на което да може да бъде четивно и да няма разхождане на очите на водещия по екрана. Колкото по-далеч е, толкова по-малко е движението на очите. В новинарското студио, което е проектирано в този проект е заложена само една камера. Тя е напълно достатъчна за записване на емисия новини.

Разстоянието между зад водещия и стената зад него тук е 200cm (2m) показан на фиг. 7.34, за да може когато се използва истински декор, всето зелен екран фокусът на камерата да е настроен на водещия, а фона зад него да е леко замазан на дефокус. Така се фокусира вниманието на зрителя върху този, който говори и кадърът изглежда далеч по-добре.

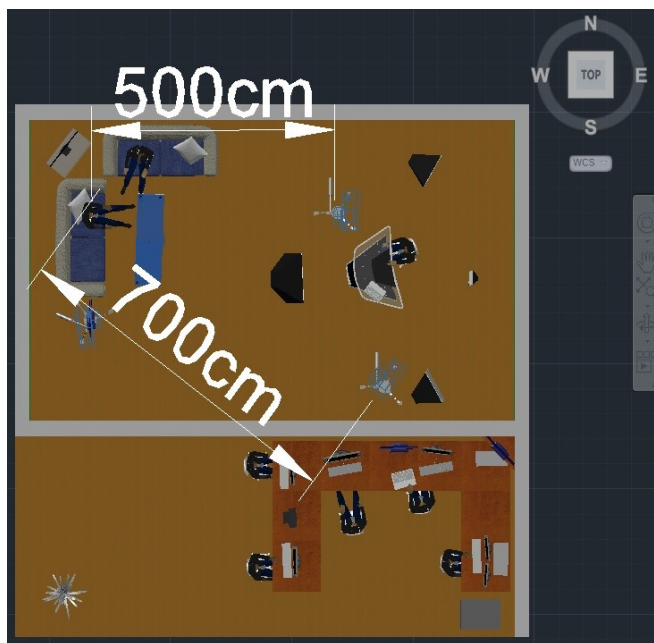
Тъй като студиото е проектирано да има две части. Едната част е за новини с един водещ, за която са описани разстоянията, а другата част е в противоположната част на студиото и тя е предвидена за различни предавания и дискусии.



Фиг. 7.34. Разстояние на камера и водещ

При втората половина на студиото, разположението на мебелите, камерите и хората е малко по-различно. Използват се 2 камери, тъй като обикновено има един или повече гости и е необходимо да се използват поне два ракурса. Едната камера снима в общ план

статично гостите и водещия, а другата камера се върти от оператор и снима близки планове на тези, които говорят. Разстоянията на двете камери ориентировъчно са показани на фиг. 7.35. Общата камера се поставя на около 700cm (7m), а втората за близки планова може да е на 500cm (5m) или повече, в зависимост от мястото, с което разполага студиото. Камерата за близки планове е желателно да бъде на статив, на който е поставена стойка с колела, за да може да се придвижва. По този начин операторът има възможност много по лесно да сменя ракурс на камерата от водещ на гост, като освен приближението той може да движи камерата на ляво или на дясно. Най-добрият вариант е да има и трета камера, която е само за водещия.



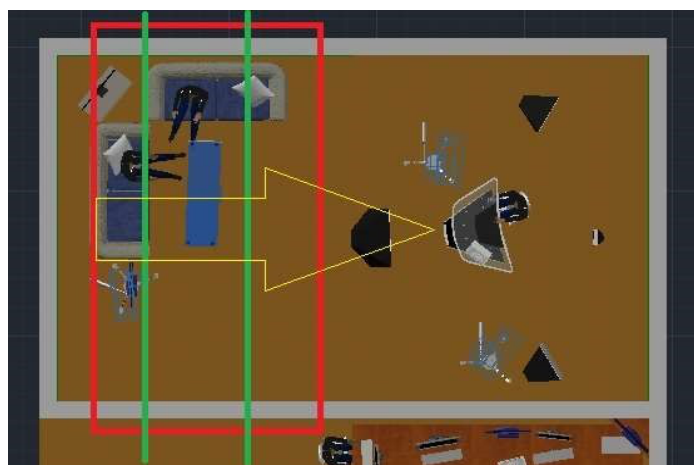
Фиг. 7.35. Разположение на камери

7.4.4. Осветление на новинарско студио

Осветлението на студиото също е много важен момент от проектирането и изграждането на студиото. Без добро осветление не е възможно да се получи добро качество. В проекта са заложени 8 халогенно осветителни тела с температура около

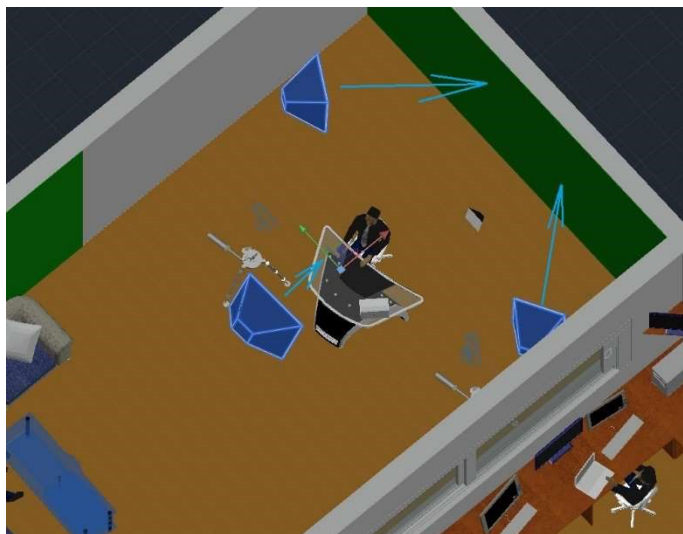
3000K и 3 LED осветителни тела с температура 6000K. Халогенните в този проект са монтирани на тавана и светят напред и надолу към водещия и фона зад него.

Разположението на им е показано на Фиг.7.36. Червените очертания са полето, в което трябва да бъдат разположени, зелените са линията на която трябва да бъдат по 4 на ред, а жълтата стрелка е посоката в която трябва да бъдат насочени.



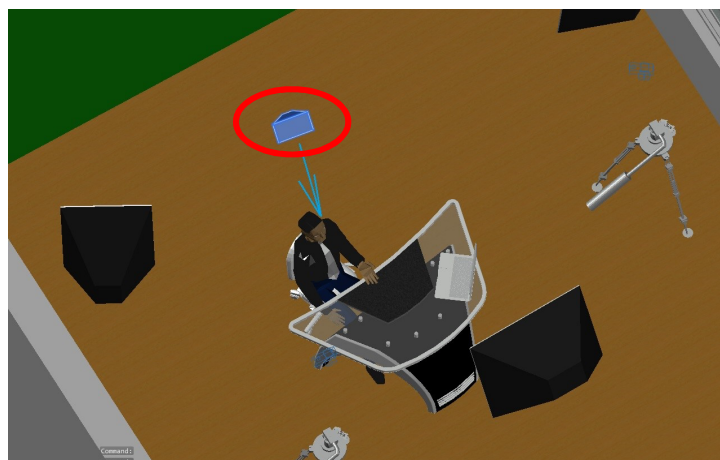
Фиг. 7.36. Разположение на халогенни лампи

Необходимостта в този проект от студени LED осветителни тела е за бъде осветен фона зад водещия за да няма сенки и допълнително да се корегира топлината на осветеност на лицето, за да не изглежда прекалено червено или прекалено бледо. Посоката, в която ориентировъчно трябва да бъдат тези LED осветителни тела е показана на фиг. 7.37.



Фиг. 7.37. Посока на LED осветление

Възможно е използването на осветление за осветяване отзад на водещия, за да се подчертае контура му и да изпъкне повече в кадъра. Тогава се поставя лампа зад него, така че да свети зад врата му. Това допълнително осветление е показано на фиг. 7.38 оградено в червено.



Фиг. 7.38. Задно осветително тяло

Много е важно осветлението да бъде максимално дифузно, за да бъде по-мека светлината и да няма излишни проблясъци в кадъра. Ако е много рязка светлината, започват да се появяват много сенки и качеството на изображението пада рязко. Желателно е използването на дифузьори. Такива могат да бъдат закупени отделно, ако не са включени в комплекта на осветителните тела.

LED осветлението е много по-икономично от халогенното и обикновенно свети по-силно и рязко. Тогава използването на дифузьори за разсейване на светлината е задължително. За халогените дифузьорите не са толкова задължителни, но въпреки това е хубаво и тази светлина да бъде разсяна.

7.4.5. Микрофони

Микрофоните в студиото трябва да бъдат насочени и да са максимално близо поставени. Обикновено около 25-30cm е разстоянието необходимо за да се чува чисто глас от водещия и така почти не се хващат странични шумове. Микрофоните могат да бъдат с кабели и безжични. За предпочитане винаги са безжичните, за да се избегне необходимостта от излишно окабеляване в студиото. Желателно е да бъдат тип брошка. Допустимо е използването и на микрофон на стойка, които задължително трябва да бъдат насочени. Всички микрофони се коригират и настояват от операто на аудиосмесител.

7.4.6. Камери

Камерите, които се използват в проекта са професионални преносими. Поподходящи са студийните камери, но ако телевизията е местна и не разполага с голям бюджет добро решение са професионалните или полупрофесионалните камери. В този проект се използват 3 камери Panasonic HD-MDH2 показана на фиг. 7.39, която снима с резолюция 1920x1080.

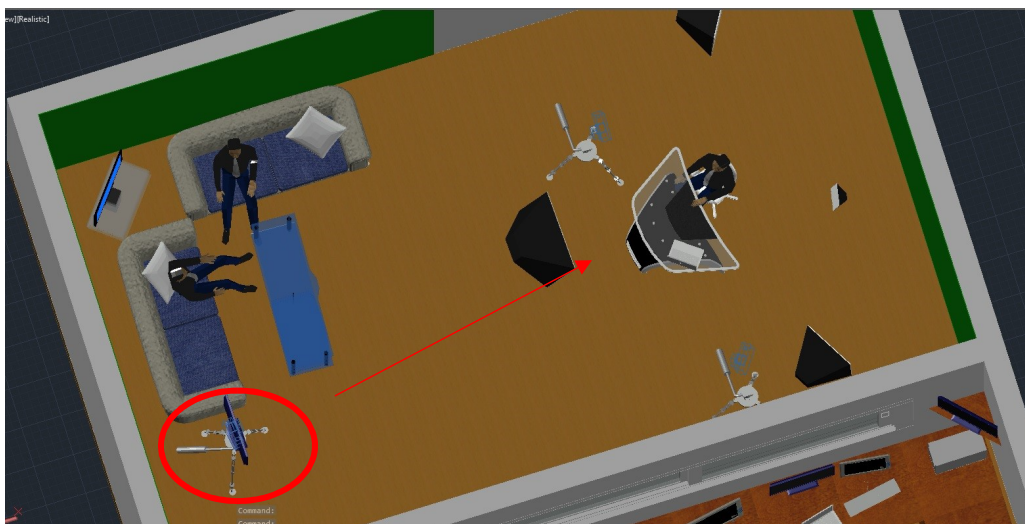
Камерата снима на SDHC (Secure Digital High Capacity) карта памет. Има два слота за карти и е възможно записването на двете карти едновременно. При това положение едната става главна, а другата Backup на първата. Втората опция на камерата е да снима на едната и след като се изчерпа първата да продължи да снима на втората. Това се прави в случаи когато се снима прекалено дълго, но в повечето случаи не е необходимо, защото камерата има и няколко опции за това, с какво качество да записва FullHD. Опциите са: PH – 21 Mbit; HA – 17 Mbit; HG – 13 Mbit; HE – 6 Mbit. PH е за Progressive scan, а останалите HA, HG, HE са за interlaced scan. За предпочитане в конкретния проект е да се снима в HA или HG за да се запази максимално качеството на видеото.



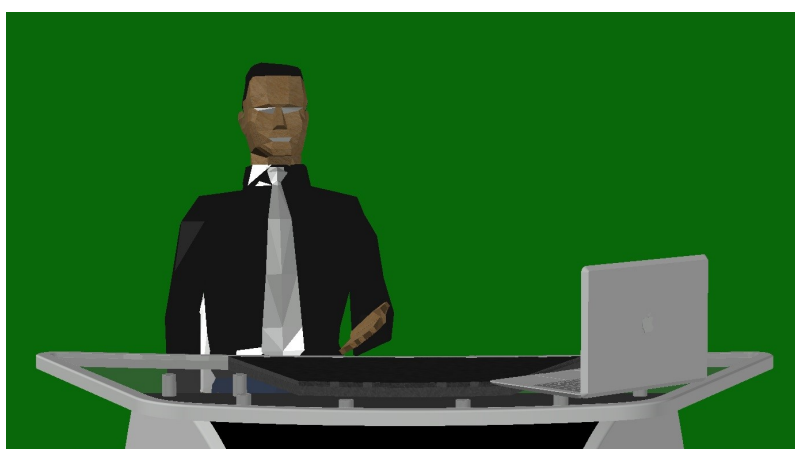
Фиг. 7.39. Камера Panasonic HD-MDH2

Много е важно картите с памет да бъдат поне SDHC 32GB и задължително Class10!

В новинарското студио в проекта се използва само една камера. Възможно е използването на много камери, но в конкретния случай е една. Оградено в червено е показано разположението и на фиг. 7.40, а ориентировъчната композиция на кадъра на фиг. 7.40.

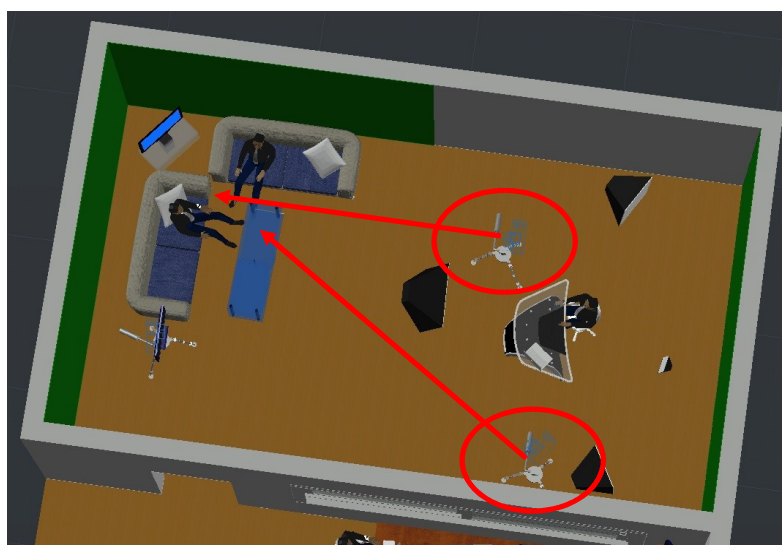


Фиг. 7.40. Разположение на камера новини



Фиг. 7.41. Композиция на кадър камера 1

В частта на студиото за предавания са използвани 2 броя камери, които са абсолютно еднакви. Използват се за общ план и близък план. На фиг. 7.42 е показано разположението и посоката, в която са насочени оградени в червено. На фиг. 7.43 и фиг. 7.44 са показани двата ракурса.



Фиг. 7.42. Разположение на камери предаване



Фиг. 7.43. Общ план (камера 3)



Фиг. 7.44. Близък план (камера 2)

7.4.7. Телепромтер (autocue)

Телепромтера или така нареченото аутокуе се използва във всякакви варианти на заснемане на видеоматериал в студио. Той е неразделна част от почти всички видове предавания и новини от доста години насам. В по-малките местни телевизии се използва от по-скоро и най-вече от тогава, от когато става масово достъпен софтуер за подобен случай. Не е необходимо да се купува и оборудва специална камера за да може да се използва. Достатъчно е да има компютър с конкретния софтуер и монитор, телевизор, таблет, а в някой случаи се ползва и смартфон за да може водещия да чете текста от него. При използването му почти не се забелязва, че водещия чете и зрителя няма да забележи четенето от екрана. Освен това игнорира се постоянното поглеждане в лист на бюрото и по този начин се засилва усещането за контакт с очите у зрителя.

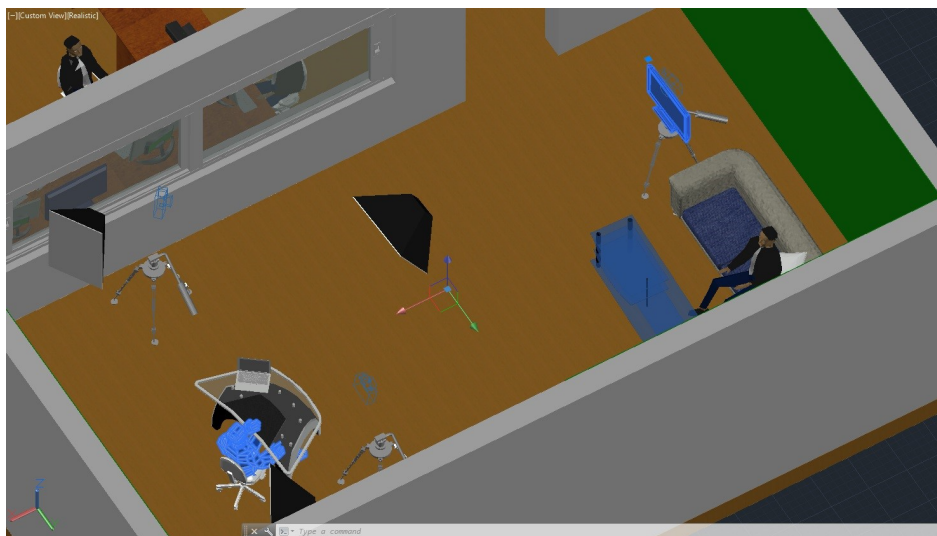
В случая се използва телевизор 22“, на който върви текста четен от водещия, а скоростта на текста се контролира от друг човек в апаратната. Разположен е точно над камерата максимално близо до обектива. За да не се получава разхождане на очите по екрана, което личи от страна на зрителя и изглежда сякаш гледа нещо над камерата, се избира максимално голям шрифт на дисплея, за да има колкото може по-малко думи едновременно на него. Операторът на телепромтера в апаратната, следи текста и променя скоростта на движение. Разположението им е показано на фиг. 7.45 оградени в червено



Фиг. 7.45. Телепромтер и оператор

Следващата фиг. 7.46, показва разположението на телепромтера спрямо водещия. Разстоянието между тях е точно колкото на камерата за новини, която е на 600cm (6m). В студио което се използва за новини и предавания на всяка от страните, позволява когато се използва за новини, да бъде обърнато към новинарската част на студиото, а когато се

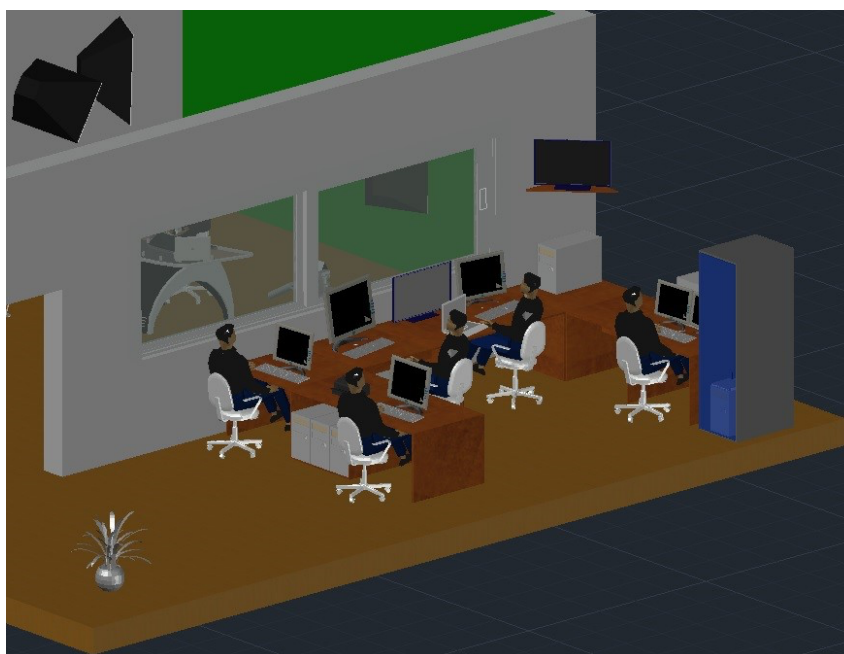
използва за предавания, при необходимост екрана се завърта или премества и може да се използва по това предназначение.



Фиг. 7.46. Разположение телепромтер спрямо водещ

7.4.8. Апаратна

В апаратната на всяко студио има се намират всички компютри и апаратура, необходими за да функционира всичко. В конкретния проект там са разположени Ефирен компютър, Монтажен компютър, два компютъра за репортерите, Графичен компютър, Телепромтер, аудиопулт, сървърен и комуникационен шкаф, телевизори и др. На фиг. 7.47 е показан общ план на апаратната на това студио.



Фиг. 7.47. Апаратна

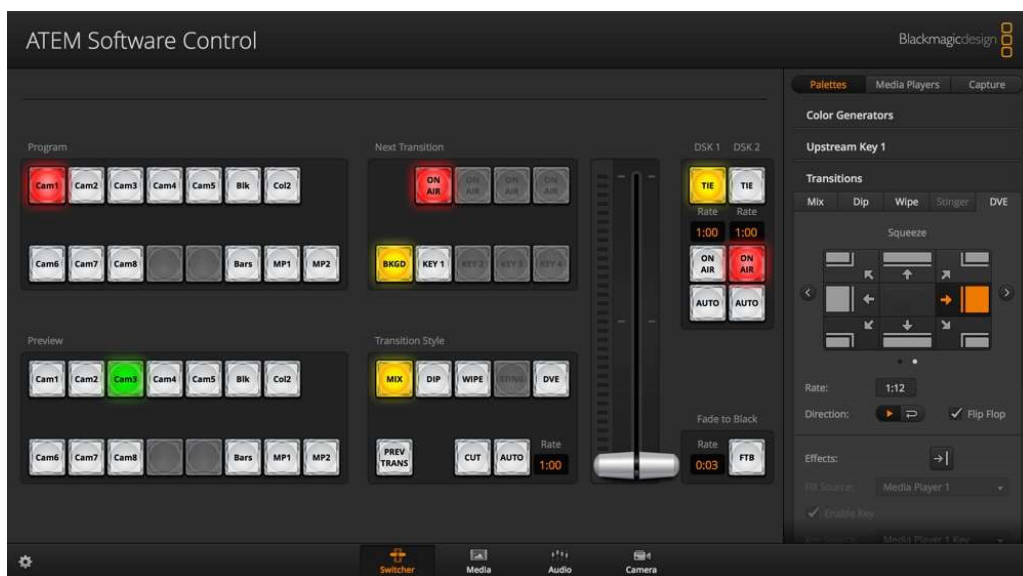
В апаратната има 5 работни места при екип от 7 служителя. Двама от служителите са в самото студио - водещ и оператор на камера. Останалите 5 работни места са двама репортери, двама оператори на аудио и видео пулт и отговорник за излъчване в ефир. Операторите на пулт в случая са и оператори на камера извън студиото. Те са в екип с репортерите.

7.4.9. Монтажен компютър

Монтажният компютър е наречен компютърът, на който се извършват всички видео монтажи – интервюта, новини (ако са на запис), предавания (ако са на запис), концерти и други. Този компютър трябва да бъде с достатъчно мощен хардуер, за да бъде възможно обработването на видеото бързо и гладко. В проекта на този монтажен компютър се извършват и други операции. Записването на новините и озвучаването на новините са едни от тях. Когато се снима предаване, всичко се записва директно в паметта на този компютър.

7.4.10. Графичен компютър

Графичният компютър в проекта е всъщност компютърът, от който се управлява видео смесителя. Той е разположен в близост до монитора, на който са изведени всички камери и чрез софтуер показан на фиг. 7.48 се избира коя камера да се показва вмометна в ефир или кой ефект да влезе върху екрана. Софтуерът разполага и с предварителен преглед на камерите, така е може да бъде настроен да показва общ план в ефир докато се преглеждат останалите планове на цял екран. Възможно е използването на хардуерна клавиатура заедно с компютъра, като това създава допълнително удобство за оператора на видеопулт. Обикновено в малките сутдиа се избягва хардуерния вариант, защото той струва допълнително разходи на телевизията.



Фиг. 7.48. Софтуер за видеосмесител

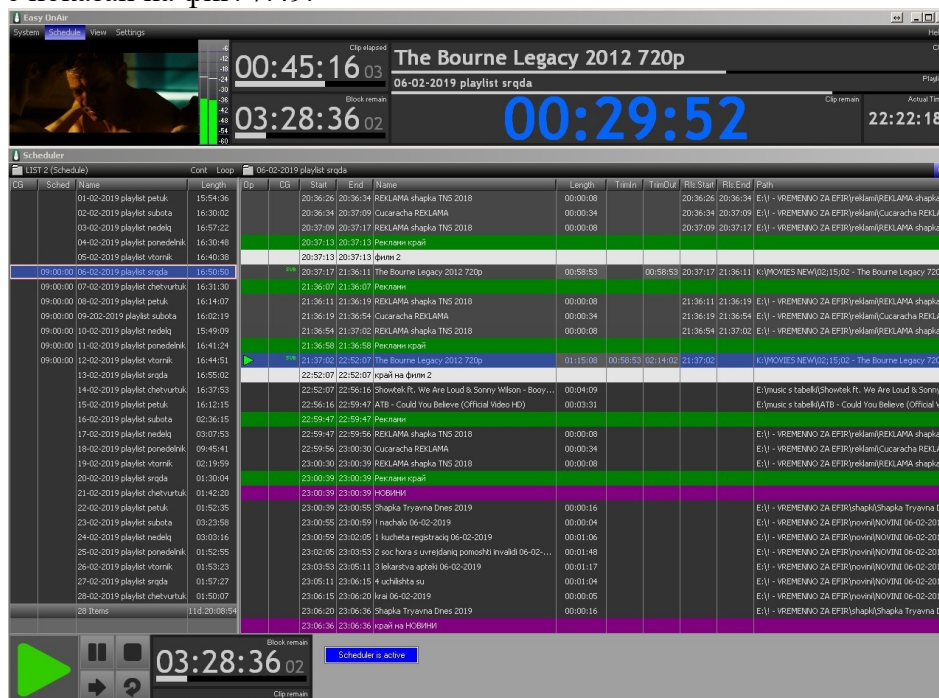
7.4.11. Ефирен компютър (playout)

Това е компютърът, от който се излъчват всички видове материали. В него се зареждат всички новини, филми, реклами, музика и др. Всичко заредено в него е по минути в точно определен час. За целта се използва софтуер, с който се планира график на излъчванията минута по минута. Възможно е излъчването със VLC Player, но той няма необходимите инструменти като график на зареждане, точни минути, вмъкване на реклами по средата на филм или предаване. За целта в проекта се използва професионален софтуер EasyOnAir. Той разполага с инструменти за поставяне на лого, в която и да е част на екрана. Разполага с инструмент за пускане на течащи текстове в долната част на екрана. С него може да бъде разделен един филм на няколко части, между които да се вмъкнат реклами.

Към този компютър обикновено е свързан енкодер. Енкодерът може да бъде както софтуерен така и хардуерен. За предпочитане е той да бъде хардуерен, за да не се натоварва излишно компютъра с обработка на сигнала. Енкодерът от своя страна е закачен към медияконвертор. Този медияконвертор преобразува сигнала от електрически в светлинен и

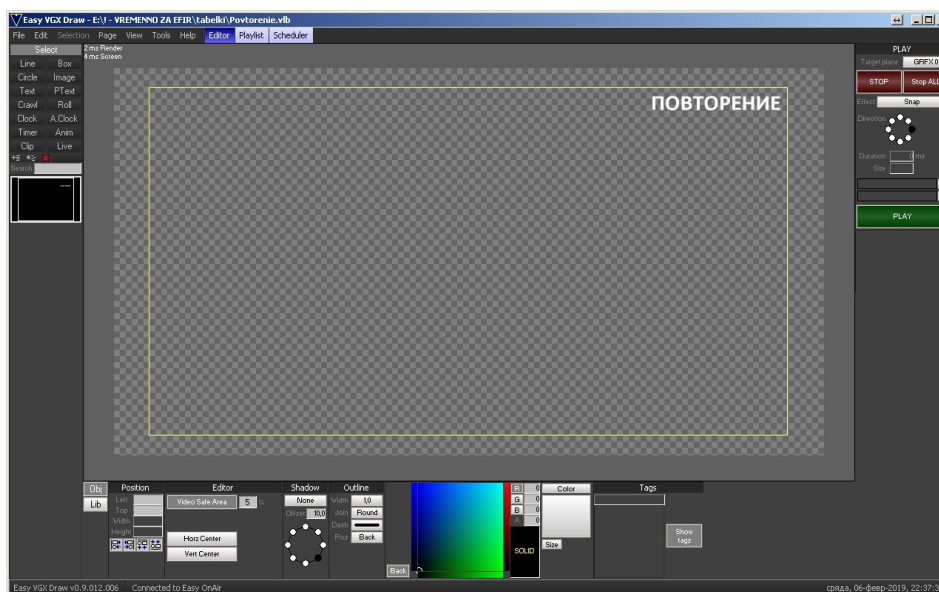
по оптично влакно се изпраща директно към главна станция. От там сигнала е разпределен и се излъчва по мрежата директно към телевизорите на зрителите.

Софтуерът EasyOnAir подпомага и корекциите на звука. Има вграден нормализатор на звука, като това позволява пропускането на излишното конвертиране и повторно енкодиране на определени материали, които са с прекалено силен или слаб звук. Задава се стойност на децибели, която софтуера следи и коригира когато е необходимо. Това е едно от най-големите предимства на такъв софтуер. Другото му предимство е задаването на график с начален час. От там може да бъде определено кога стартира програмата на телевизията и в коя минута кое се излъчва. Работен екран от използвания софтуер EasyOnAir е показан на фиг. 7.49.



Фиг. 7.49. Софтуер EasyOnAir

Инструментът за поставяне на лого или текст върху екрана в този софтуер се нарича Easy VGX Draw. Пример от този инструмент е показан на фиг. 7.50.



Фиг. 7.50 Easy VGX Draw инструмент

Той е директно свързан с Playout софтуера EasyOnAir и когато му бъде зададено PLAY, той директно го изпълнява е ефир. Ако има важно съобщение, което трябва да бъде пуснато независимо от това, което се излъчва в момента, набира се текста на него с опция Roll и текста започва да тече в долната част на екрана от дясно на ляво. Обикновено това се използва за не чак толкова критично важни извънредни новини. Много често местните телевизии използват тази опция за известяване на зрителите за промяна на програмата или часът за излъчване. Опциите за коригиране на текст са много, шрифт, очертания, цвят, прозрачност, дебелина на линиите, размер на текста и др.

7.4.12 Енкодер

Енкодерът може да бъде софтуерен или хардуерен. В този проект е използван хардуерен енкодер Design NDS3211p. Той има възможност да излъчва 1080p. Спецификациите на този енкодер са показани в таблица 7.8.

Таблица 7.8 Спецификации на енкодер

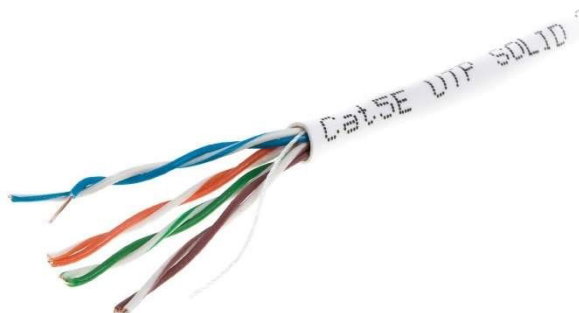
Video input		1 × Analog CVBS, BNC interface
		1 ×S-Video input, BNC interface
		1 × YPbPr video input, BNC interface
		1xHD/SD-SDI, BNC interface
		1xHDMI interface
Audio input		Analog stereo audio(balanced), XLR interface
		Analog stereo audio(unbalanced), BNC interface
		AES / EBU digital audio, XLR interface
		HD/SD-SDI embedded audio
Video	Resolution	1920x 1080p@59.94Hz, 1920 x 1080p@50Hz
		1920×1080i @59.94Hz, 1920×1080i @50Hz
		1280×720p@59.94Hz, 1280×720p @50Hz
		720×480i @59.94Hz, 720×576i @50Hz
	Encoding	AVC/H.264 High Profile Level 4.0 for HD AVC/H.264 High Profile Level 3.0 for SD
	Bit-rate	0.8Mbps~20Mbps
	Rate Control	CBR/VBR
	GOP Structure	IBBP
Advanced Pretreatment		De-interlacing, noise reduction, sharpening
Audio	Encoding	MPEG-1 Layer 2, (HE-AAC V2 and LC-AAC are optional)
	Sampling rate	48KHz
	Resolution	24-bit
	Bit-rate	32Kbps~384Kbps
Stream output		2×ASI outputs, BNC interface
		SPTS over UDP/RTP, 10/100Base-T Ethernet interface (UDP/RTP unicast / multicast)
System function		LCD/keyboard operating, NMS or SNMP support
		Ethernet software upgrade
General	Dimensions	482mm×455mm×44.5mm(W × D × H)
	Approx weight	4.5Kg
	Temperature range	0~45℃(Operation), -20~80℃(Storage)

Power requirement	AC110V±10%, 50/60Hz; AC 220V±10%,50/60Hz
Power consumption	17.6W

Енкодер NDS 3211P е професионално устройство за енкодинг на една телевизионна програма (с една видео и аудио компонента) със висока резолюция (HD) във формат MPEG-4/H.264, с множество различни входни интерфейси за видео сигнал (CVBS, S-Video, YPbPr, HDMI и HD-SDI) , отделни входни аудио интерфейси (RCA и XLR за аналогов звук и AES/EBU , embaded SDI/HDMI за цифров звук) и изходни интерфейси ASI и IP/UDP върху 10/100Mbps ethernet .Поддържа видеоформати PAL SD/HD, NTSC SD/HD и резолюций D1,1280*720p и 1920*1080i. Поддържа структури на фреймове (GOP) - IBBP и изходен поток с коннстантна (CBR) или променлива (VBR) скорост.Поддържа енкодинг профили AVC/H.264 High Profile Level 4.0 за HD и AVC/H.264 High Profile Level 3.0 за SD. Управлява се чрез лицев панел и отдалечено с SNMP/FTP базирано приложение. Стандартен 19", 1U корпус и захранване 220 VAC.

7.4.13. Кабели: UTP, HDMI, SDI

Окабеляването в студиото и апаратната е изградено основно от три вида кабели. - UTP Cat5е кабел. За изграждането на вътрешната мрежа е използван UTP кабел. В случая този вид кабел за мрежово окабеляване е по-подходящ защото се изгражда вътрешна мрежа и не е необходимо да има допълнителна екранировка и изолация. Категорията на кабела е cat 5е показан на фиг. 7.51.



Фиг. 7.51. UTP cat 5е кабел

Cat 5 и cat 5е имат 100ohm импеданс и електрически характеристики поддържащи трансфер до 100MHz. Разликите между cat 5 и cat 5е е във всички аспекти на производителността: капацитет, честота, съпротивление, затихване. Елементите на кабелите от cat 5е са проектирани за високи скорости на Gigabit Ethernet. Докато елементите на кабелите от cat 5 могат да функционират до някаква степен с Gigabit Ethernet. Кабелите от cat 5е работят с ATM и продукти с гигабитова скорост. Работната температура на този вид кабел е от -10° до 60°

Cat 5е формално е наречена ANSI/TIA/EIA 568A-5. Кабелите от cat 5е са напълно обратно съвместими с настоящото cat 5 оборудване. Подобрените електрически характеристики на cat 5е гарантират, че кабелът ще поддържа приложения, които изискват допълнителна честотна лента, като Gigabit Ethernet и аналогово видео.

- HDMI (High-Definition Multimedia Interface, възможен свободен превод на български е „интерфейс за мултимедия с висока детайлност“) е цифров аудио/видео интерфейс, способен да предава некомпесиран поток. HDMI е съвместим с технологията HDCP DRM. HDMI осигурява връзка между всяко дигитално устройство, притежаващо такъв интерфейс, например DVD плейъри, персонални компютри, конзоли за видеоигри или телевизори. HDMI представлява тип интерфейс, благодарение на който се осъществява връзка между домашната DVD уредба и телевизора или между компютърния монитор и настолната система.

Спецификацията HDMI определя протоколите, сигнали, електрически интерфейси и механични изисквания на стандарта. Максималната скорост на пикселите в HDMI 1.0 е 165 MHz, което е достатъчно, за да позволи на 1080p и WUXGA (1920 x 1200) при 60 Hz. HDMI 1.3 увеличи до 340 MHz, което дава възможност за по-висока резолюция (като WQXGA, 2560 x 1600) в една цифрова връзка. Един HDMI връзка може да бъде или единична връзка (тип A / C / D) или двойна връзка (тип B) и могат да имат скорост на видео пикселите от 25 MHz до 340 MHz (за едноканална връзка) или 25 MHz до 680 MHz (за двуканална връзка). Видео формати с цени под 25 MHz (например, 13.5 MHz за 480i / NTSC) се предават с помощта на схема за пиксел-повторение.

HDMI устройствата са произведени да се придържат към различни видове версии на спецификация. За всяка една версия е зададен номер и/или буква, като 1.0; 1.2 или 1.4b. Всяка следваща версия на спецификация използва един и същ вид кабел, но се увеличава честотната лента и/или способностите за това, какво може да бъде предадено през кабела. Продукта изброен като имащ HDMI версия, не означава, че ще притежава всички характеристики от изброените за тази версия, тъй като някои HDMI характеристики не са задължителни. На фиг. 7.52 е показан HDMI кабел.



Фиг. 7.52. HDMI кабел

Представяме малко историческо развитие на версиите на HDMI стандарта, за да може да се направи правилния избор и да се внимава при използване на стари кабели, които могат да влошат скоростта на данните

Версия 1.0 HDMI 1.0 е пуснат на 9 декември 2002 и е единичен кабел дигитално аудио/видео, съединителен интерфейс с максимум TMDS честотна лента от 4.95 Gbit/s. Дефинира до 3.96 Gbit/s от видео-честотната лента и 8 канален LPCM/192 kHz/24-bit аудио.

Версия 1.1 HDMI 1.1 е пуснат на 20 май 2004 с добавено DVD-Аудио.

Версия 1.2 HDMI 1.2 е пуснат на 8 август 2005 с добавена опция Еднобитово Аудио, използвано на Супер Аудио CD, при до 8 канала. Добавена е също достъпност от HDMI тип A съединители за PC източници. Способността за PC източниците да приложат само sRGB цветно пространство, докато запазят опцията да приложат YCbCr цветно пространство и задължат HDMI 1.2, и по-късните дисплеи да разрешат високо-волтови източници.

Версия 1.3 HDMI 1.3 е пуснат на 22 юни 2006 и увеличава единичната връзка на честотната лента с 340MHz (10.2Gbit/s). По желание позволява дълбок цвят с 30-bit, 36-bit и 48bit xvYCC, sRGB, или YCbCr, сравнено с 24bit sRGB или YCbCr в предишни HDMI версии. Също по избор позволява продукт на Dolby TrueHD и DTS-HD Master Audio потоци, за външно декодиране от аудио/видео приемници. Това включва автоматично аудио синхронизираща способност в дефинирани кабел категории 1 и 2. В Категория 1 кабелът е тестван до 74.25MHz, в Категория 2 е тестван до 340MHz. Добавен е също нов тип C мини съединител за преносими устройства. HDMI 1.3a е пуснат Ноември 10, 2006 и има Cable и Sink модификации за тип C, източник прекратяващ препоръките и премахващ пропусканията и максимално издигащи се/падащи времеви граници. Променя също СЕС границите на капацитетът, изяснено sRGB видео квантуващият диапазон и СЕС командите за времеви контрол биват върнати обратно в изменена форма, с добавени настройки за аудио контрол. Добавена е още незадължителна способност на потока SACD в битовия поток DST формат по-добре от некомпесиран, необработен DSD, като този от HDMI 1.2

нататък. HDMI 1.3b, 1.3b1 и 1.3c са пуснати съответно Март 26, 2007; Ноември 9, 2007 и Август 25, 2008. Те не внасят промени с HDMI характеристиките, функциите или производителността, но описват само тестването на продукти базирани на HDMI 1.3a спецификации, относно HDMI съответствието (1.3b), HDMI тип C мини съединител (1.3b1) и активните HDMI кабели (1.3c).

Версия 1.4 HDMI 1.4 е пуснат на 28 май 2009, а първите HDMI продукти са били достъпни през втората половина на 2009. HDMI 1.4 увеличава максималната резолюция до 4K x 2K 4096x2160 на 24Hz (която е резолюцията използвана при дигиталните театри) или 3840x2160 (Ултра HD) на 24Hz/ 25Hz/ 30Hz, добавена на HDMI Ethernet Channel, което позволява 100Mbit/s Ethernet връзка между двете HDMI свързани устройства. Така те могат да споделят интернет връзка. Въвеждат и аудио връщащ се канал, 3D през HDMI, нов микро HDMI съединител, разширен комплект от цветови пространства с допълнение от sYCC601, Adobe RGB и Adobe YCC601, и Автомобилно свързваща система. HDMI дефинира няколко стереоскопични 3D формата, включително алтернативно поле (редуващо се), кадър пакет (пълна резолюция горе/долу формат) изцяло алтернативна линия, стена-до-стена на половина, стена-до-стена изцяло, 2D + дълбочина и 2D + дълбочина + графика + графична дълбочина, с допълнителни горе/долу формати добавени във версия 1.4a. HDMI 1.4 изисква 3D дисплеите да добавят кадър пакет 3D формат на всеки 720p50 и 1080p24, или 720p60 и 1080p24. Високоскоростните HDMI 1.3 кабели работят с всички HDMI 1.4 характеристики, с изключение на HDMI Ethernet Channel. HDMI 1.4a е бил пуснат Март 4, 2010, с добавени два допълнителни, задължителни 3D формата за разпространено съдържание, които са били отложени при HDMI 1.4, за да се провери първо посоката на 3D в разпространения пазар. HDMI 1.4a има задължително дефинирани 3D формати за излъчване, игра и филмово съдържание. HDMI 1.4a изисква 3D дисплеите да приложат кадър пакет 3D формат на всеки 720p50 и 1080p24, или 720p60 и 1080p24, стена-до-стена хоризонтално на всеки 1080i50 или 1080i60, и горе/долу на всеки 720p50 и 1080p24, или 720p60 и 1080p24. HDMI 1.4b е бил пуснат Октомври 11, 2011. Една от новите характеристики, която притежавал била способността да поддържа 3D 1080p видео на 120MHz, позволявайки кадър пакет 3D формат на 1080p60 – за всяко око (120Hz общо). Всички бъдещи версии на HDMI спецификацията ще бъдат правени от HDMI Форум, който е създаден на 25 октомври 2011.

Версия 2.0 HDMI 2.0 посочена от някои производители, като HDMI UHD, е била пусната на 4 септември 2013. HDMI 2.0 увеличава максималната TMDS за канала магистрала от 3.4Gbit/s на 6Gbit/s, което позволява на максималната обща магистрала TMDS от 18Gbit/s. Това позволява на HDMI 2.0 да използва 4K резолюция на 60 кадъра за секунда. Останалите характеристики на HDMI 2.0 включват опциите на Res. 2020, цветно пространство, двойна картина, 4:2:0 наситено пробовземане, 25fps 3D формати, до 4 аудио потока, 21:9 странично съотношение, HE-AAC и DRA аудио стандарти, подобрена 3D способност и допълнителни CEC функции. HDMI 2.0a е бил пуснат на 8 април 2015, с добавено поддържане на висок динамичен видео обхват.

Версия 2.1 HDMI 2.1 добавя поддържането на „динамични метаданни“.

Накратко: HDMI 2.0a покрива HDR EOTF сигнализация и статични метаданни. Динамичните метаданни се покриват от HDMI 2.1.

Таблица 7.9. Сравнение на HDMI версии

Сравнение на версиите						
HDMI версии	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	2.0
Дата на стартиране	09.12.2002	20.05.2004	08.08.2005	22.06.2006	28.05.2009	04.09.2013
Максимална пикселова часовникова скорост (MHz)	165	165	165	340	340	600

Максимална TMDs магистрала за канал (Gbit/s) включително 8b/10b над	1,65	1,65	1,65	3,4	3,4	6
Максимална обща TMDs магистрала (Gbit/s) включително 8b/10b над	4,95	4,95	4,95	10,2	10,2	18
Максимална магистрала (Gbit/s) с 8b/10b над премахнато	3,96	3,96	3,96	8,16	8,16	14,4
Максимална аудио магистрала (Mbit/s)	36.864	36.864	36.864	36.864	36.864	36.864
Максимална дълбочина на цветовете (bit/px)	24	24	24	48	48	48
Максимална консумация на резолюция през единичната връзка 24bit/px	1920×1200p/60 Hz	1920×1200p/60 Hz	1920×1200p/60 Hz	2560×1600p/60 Hz	4096×2160p/24 Hz	4096×2160p/24 Hz
Максимално консумация на 3D резолюция през единичната връзка 24bit/px					1920×1080p/24 Hz	1920×1080p/24 Hz 4096×2160p/24 Hz

- SDI кабел. Всички стандарти SDI определят върхови до върхови цифрови сигнали от около 800 миливолта на изхода и използват стандартни 75-омови коаксиални кабели със стандартни съединители. Стандартните кабели могат да бъдат с дължина до 90 метра и да пренасят до 300 метра с висококачествени кабели. Телевизионните станции използват SDI, за да предават своите сигнали вътрешно в станцията по безжичен и некомпесиран начин. Сигналят включва потискане на шума, възстановяване на изгубените данни и код за синхронизация, за да бъде надежден, висококачествен и автоматична синхронизация.

Стандартната SDI спецификация има капацитет за скорост на бита 143, 177, 270 и 360 мегабита в секунда. Двата най-ниски типа се използват за най-старите телевизионни сигнали NTSC САЩ и европейски PAL с съотношение на аспект 4:3. Те вече са остарели. Скоростта от 270 Mbps може да предава сигнали с съотношение на аспект 4:3 или 16:9 при максимум 720 пиксела. Скоростта на 360 Mbps е само за съотношение 16:9 с 960 пиксела. Тези две честоти се използват за повечето телевизионни сигнали, които не са с висока разделителна способност.

Докато стандартната спецификация SDI може да предава сигнала за нормална телевизионна картина на линия 480 и 60 Hz Съединените щати или линия 525 и 50 Hz европейски, тези изображения са преплетени. Сигналят предава само на всеки ред за секунда и по този начин предава само 60 или 50 средни изображения в секунда. За да се получи по-високо качество, подобреният стандарт SDI удвоява скоростта на предаване, така че сигналят да може да предава два пъти повече информация за изображението. При 540 Mbps изходният сигнал на SDI може да предава всички линии на всяко изображение на всеки цикъл.

Най-добрият изходен сигнал за SDI не може да предава верни изображения с висока разделителна способност или 1080i изображения. За да се постигне това ниво на качество на предаване, стандартът трябва да отговаря на капацитет на предаване наймалко 1,485 Mbps. Изходът HD-SDI предлага 1080i телевизор с висока разделителна способност при тази честота на предаване и изисква дори по-високи скорости на предаване за излъчвани приложения. много висока резолюция, достигайки 2970 Mbps или ниво 3 гигабита. Изходът HD-SDI достига този последен капацитет, като свързва паралелно два коаксиални кабела.

7.4.14 Медия конвертор

Някои камери и устройства не разполагат с SDI изходи и се налага използването на медия конвертори. На фиг. 7.53 е показан конвертор от HDMI към SDI



Фиг. 7.53. HDMI to SDI

Те позволяват използването на монитори и камери само с HDMI. Камерата заложена в проекта разполага само с HDMI, за това тук също е използван такъв конвертор.

7.5. Реализация на телевизионно студио и видео обработка на сигнали за телевизионно излъчване

7.5.1. Новинарско студио

Новинарското студио е реализирано със зелен екран. Материалът е зелен плат, който е монтиран зад водещия и покрива цялата стена.



Фиг. 7.54. Новинарско студио

На фиг. 7.54 е показан изглед на новинарско студио, в което се използва за фон зелен екран, на който при монтаж може да бъде сложен какъвто и да е фон според темата на новините или някаква друга причина. Тук във фиг. 7.54 се виждат позиционирани две LED осветителни тела, които са предназначени за осветяване на фона и една централна за осветяване на водещия. Основните елементи в това студио, които се виждат в новинарската емисия са бюро, стол и телевизор. Този телевизор е опционален и винаги може да бъде премахнат. В случай на премахване на телевизора може да бъде използван само зеленият фон, на който може да се добави виртуално всичко останало. Както трябва да има разстояние между бюрото и задния фон, така трябва да има разстояние между бюрото и

телевизора, също така между телевизора и задния фон. Разстоянието е необходимо за да се избегне хвърляне на сянка върху фона. Ако върху зеления екран има сенки и различни отенъци, те биха се отразили много негативно върху монтажа на виртуалното студио. Задължително е да бъде достатъчно добре изгларен и изпънат. Индивидуалното му осветяване е друг важен момент, за да се избегнат всички тези споментаи по-горе недостатъци.

Осветлението на водещия е следващото важно нещо в това студио. Както се вижда на фиг. 7.55 има едно фронтално разположено LED осветително тяло с температура около 6000K. Това осветително тяло само по себе си е недостатъчно за добро осветяване на водещия, за това има допълнително разположени осветителни тела окачени на тавана на студиото, които са достатъчно силни, за да могат да покрият изискванията. Колкото повече светлина има, толкова по-качествено е изображението. Осветлението на тавана е показано на Фиг.7.55 е изградено от 8 осветителни тела с мощност по 500W всяко. Могат да бъдат използвани еквиваленти по сила LED лампи, но в зависимост от бюджета тук са използвани халогенни, с температура около 3000K.

Основната роля на 6000K LED лампата, която е фронтално разположена е да коригира температурата на лицето на водещия и да премахне сенките от вратът му.



Фиг. 7.55. Осветление на таван

7.5.2. Студио за предавания (студио 2)

Студиото за предавания в този проект е другата част на помещението в което е разположено нувинарското студио. То също е на зелени екрани и използва същото осветление. На фиг. 7.56 е показано реализираното студио за предавания, в което се канят гости на предавания или се правят дебати с определени хора.



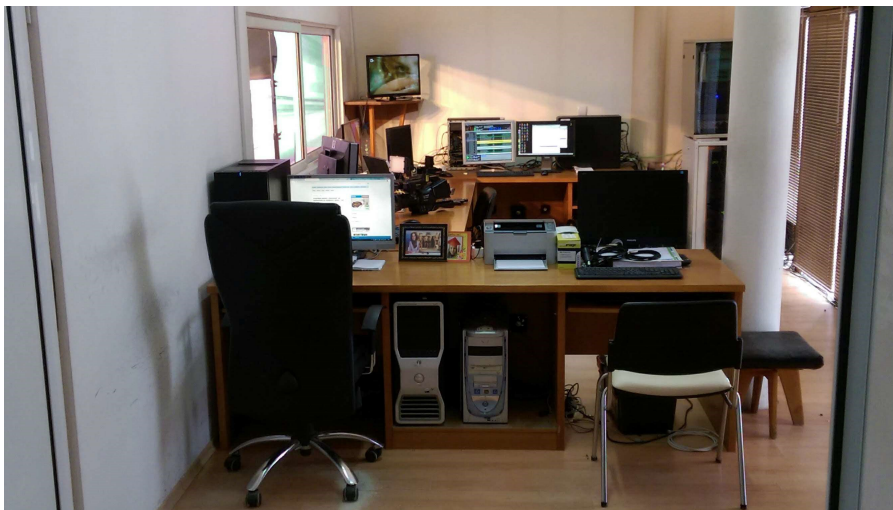
Фиг. 7.56. Студио за предавания

За използване на второто студио в този проект, се налага осветлението да се обръща в обратна посока. По конкетно трите LED осветителни тела се обръщат. Останалите 8 халогенни по 500W са различни от тези в новинарското студио и са разположени на противоположната страна в същата конфигурация. Така се постига спестяване на разходи за осветление при проектиране. Тъй като тези LED лампи са подвижни, те могат да бъдат използвани и за осветяване на други зали, в които екипите могат да снимат други предавания или събития. Тук се използват две камери тъй като е необходимо да има една за общ план, чиито изглед е показан на фиг.7.56 и една за близки планове, която се движи и променя от оператор на видеокамера, който е вътре в студиото и действа в реално време.

Обиновено водещия е на десния диван, а гостите на левия. Между тях има монитор, на който може да се показва както кадър от близката камера, докато на цял екран е общата, така и материали по темата, която се дискутира в предаването или интервюто.

7.5.3. Апаратна

Апаратната е второто ключово помещение в едно студио. В нея се разполагат всички компютри, видеосмесители, аудиосмесители, сървъри. От там се контролира телепромптера (autocue) и се записват новините и предаванията. Там се намира компютърът за излъчване (ефирен компютър). Компютрите, на които репортерите си пишат материалите, мощен компютър за видеомонтаж (монтажен компютър), енкодер, телевизор за преглед на реален ефир и др. На фиг. 7.57 е показан изглед на апаратната от гледна точка на репортажните компютри.



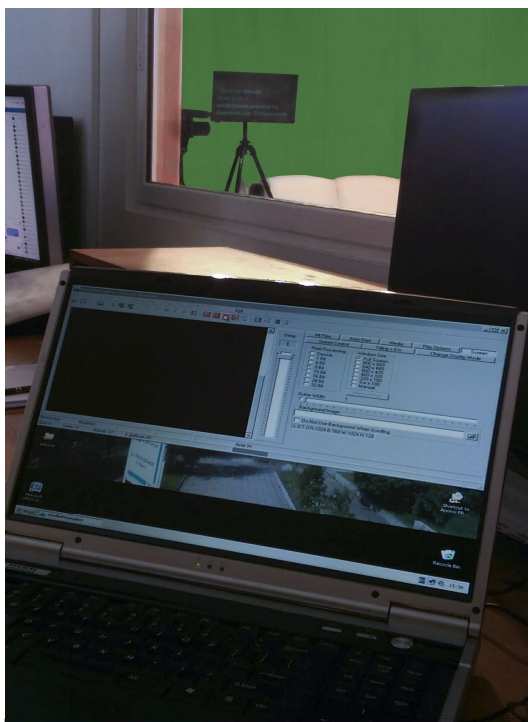
Фиг. 7.57. Изглед на апаратна

Работните места за репортерите са 2. По средата е разположен принтер, на който да печатат готовите материали. Принтера от своя страна е мрежови и е свързан безжично с маршрутизатор (рутер). Така всеки компютър от апаратната има достъп до него и може да печата без да се налага останалите да бъдат включени през цялото време.

7.5.3.1. Телепромптер (autocue)

Телепромптера е реализиран от две части. Едната му част е монитор разположен плътно над камерата в студиото, а втората му част е разположена в апаратната. Управлението на скоростта на текста се контролира от оператор в апаратната, който чете текста паралелно с водещия. На фиг. 7.58 е са показани монитора на заден план, който се намира вътре в студиото и лаптопа от който се управлява текста.

Лаптопа и опрератора управляващ телепромптера са така разположени, че да има възможност да вижда директно монитора, на който върви текста за водещия.

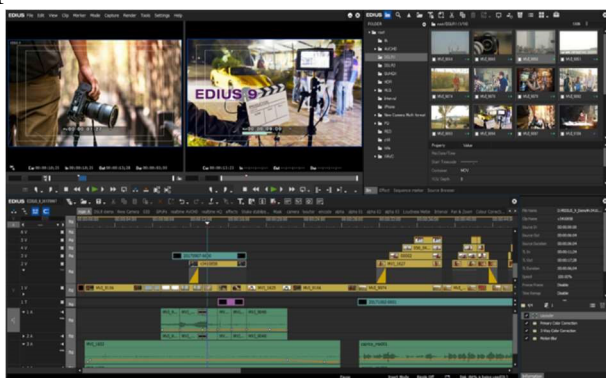


Фиг. 7.58. Телепромптер (autocue)

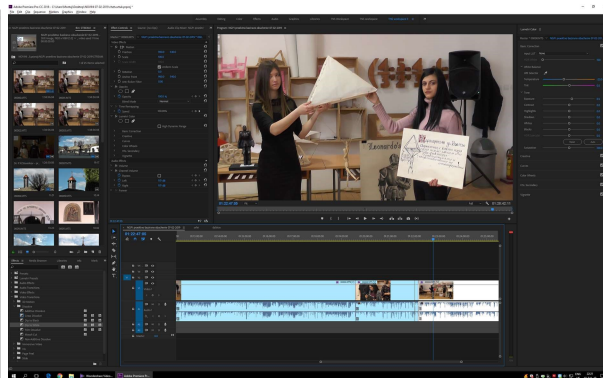
7.5.3.2. Компютър за видеомонтаж

Този компютър е най-мощната машина в апаратната. На него се извършва монтаж на всички заснети с камерата извън или в студиото материали и кадри. Обработват се цвове, съотношение, продължителност и в последствие се създава готов за излъчване материал. Необходим е голям ресурс от памет и изчислителна мощност, защото обикновено материалите се обработват в некомпесиран вид. Също друг много важен фактор в телевизията и не само е бързодействието на машината. Ако е прекалено бавен, този компютър е възможно да не успее да покрие критериите и на него няма да може да бъде извършен монтаж или обработка на ефекти.

На този компютър се създават всички ефекти, заставки, шапки, надписи, логота. На него е инсталиран софтуер за видеомонтаж от професионален клас, който е от рода на Adobe Premiere Pro, и др. Работни екрани от EDIUS Pro и Premiere Pro, са показани на фиг. 7.59 и фиг. 7.60.



Фиг. 7.59. EDIUS Pro



Фиг. 7.60. Premiere Pro

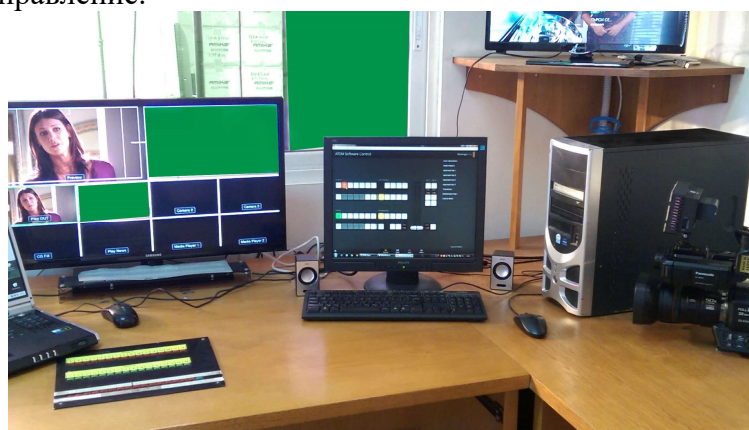
Тъй като на него освен монтаж е предвидено да се извършва и запис на предаванията или новините той е разположен срещу прозорците, котию служат за визуален контакт между студиото и апаратната. На фиг. 7.61. е показан монтажният компютър.



Фиг. 7.61. Монтажен компютър

7.5.3.3. Графичен компютър

Графичният компютър е този, към който е свързан видеосмесителя. Ролята на този компютър е да управлява видеосмесителя със софтуер, който е инсталиран и замества хардуерното му управление.



Фиг. 7.62. Графичен компютър

Софитуерът, който е инсталиран на компютъра е зададеният от производителя на видеосмесителя Blackmagic и изглежда както е показан на фиг. 7.63.



Фиг. 7.63. Blackmagic ATEM Software Control

Той се управлява от оператор на видеосмесител, който също има директен визуален контакт със студиото. Освен компютърът със софтуерен контрол на смесителя, оператора разполага и с голям монитор или телевизор, на който са изобразени всички камери, показан на фиг. 7.62 в лявата част на снимката.

7.5.3.4. Видеосмесител.

Видеосмесителят в конкретния проект всъщност е устройството, което е монтирано в сървърния шкаф. До него достигат всички SDI кабели от камерите в студиото и се връщат други SDI кабели за мониторите в студиото. На фиг. 7.64 е показан монтираният видеосмесител.



Фиг. 7.64. Видеосмесител

На него има дисплей, който показва преглед на избраната от неговата клавиатура камера. От него могат да бъдат зададени 3 изходни точки какво да показват. Вариантите са да показват директно камерите или да бъде настроен да показва това, което бъде избрано от графичния компютър.

7.5.3.5. Аудиосмесител

Аудиосмесителя в този проект е свързан към монтажния компютър, защото именно на него е предвидено да се извършват всички аудио записи. В конкретния случай е използван смесител Yamaha MG 12.4 показан на фиг. 7.65.



Фиг. 7.65. Yamaha MG 12.4

Разположението му в апаратната се вижда по-горе на фиг. 7.61.

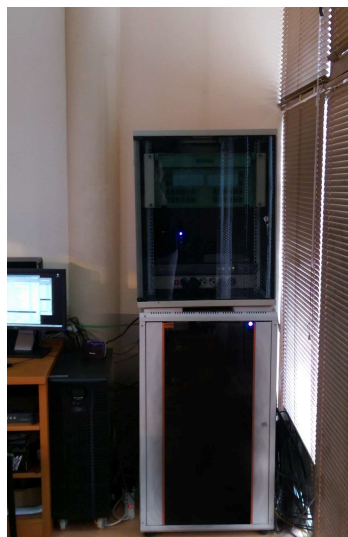
7.5.3.6. Архив

В проекта добавено NAS устройство 4TB, на което се архивират готовите и излъчени вече материали. Показано е в лявата част на снимката на фиг. 7.64. Той е реализиран със ZyXEL 2-Bay Personal Cloud Storage NAS 326, чиито спецификации са следните:

Network protocol:
CIFS/SMB for Windows
NFS for Linux/Unix
AFP for Mac
DHCP client
PPPoE
Network Time Protocol (NTP)
iSCSI
Network security:
Support HTTPS and FTPES (FTP over explicit TLS/SSL)
Encrypted NAS to NAS remote replication
Encrypted NAS to external disk archive backup
CPU: Marvell Armada 380 1.3 GHz
Memory: DDR3 512 MB
Two 2.5" or 3.5" SATA II hard disk interface supported up to 24 TB (12 TB x2) One Gigabit Ethernet RJ-45 connector
Two USB 3.0 ports One USB 2.0 port Buttons:

7.5.3.7. Комуникационен шкаф (Rack)

В комуникационния шкаф са монтирани необходимите за функциониране на апаратната и студионто устройства. В този проект такива устройства са: мрежови комутатор (switch), видеосмесител, NAS устройство, медия конвертори и др. Комуникационният шкаф с проекта е показан на фиг. 7.66.



Фиг. 7.66. Комуникационен шкаф (Rack)

За да има пълна свързаност между всички компютри в апаратната е необходим мрежови комутатор (наричан просто суич на английски: switch, превключвател, или комутатор) е самостоятелно компютърно устройство, вид мрежово оборудване, което съчетава функциите на многопортов повторител и високоскоростен мост. Работи както на канално, така и на мрежово ниво. Създава таблица на MAC-адреси чрез които разпределя трафика в мрежата и така свързва мрежови сегменти.

Медия конвертор показан на фиг. 7.67 е другото устройство монтирано вътре. Неговото предназначение е да преобразува електрическия сигнал, който идва от ефирния компютър в оптичен сигнал, който да стигне директно по оптично влакно до главната станция. След това от главната станция сигнала започва да се излъчва директно към зрителите.



Фиг. 7.67. Оптичен медия конвертор

За съхранение на данни и видеоматериали в комуникационния шкаф е монтирано NAS устройство 4TB показано на Фиг. 7.64. Основната идея да е монтирано там, е за да има директна връзка със суича.

7.5.4. Видео обработка на сигнали

Видео обработката на сигналите се извършва в монтажния компютър. Той разполага с мощен хардуер както е описано по-горе и в него са инсталирани определени софтуерни продукти за обработка на видеоматериалите.

Някой от софтуерните продукти за видео монтаж са Adobe Premiere Pro, Adobe After Effects, Corel Video Studio, Sony Vegas Pro, EDIUS Pro. Начина на работа с тях те не се различават съществено един от друг. Всичките поддържат цифрови формати, управление на съвременни видеомагнетофони и видеокамери, за да може да се прихваща видеоматериал, както и записване на готовите филми или клипове в найпопулярните видеоформати. Към всеки от тези софтуери може да се инсталират допълнителни софтуерни разширения с инструменти.

Видео сигналите се обработват след като бъдат записани на някакъв носител, за да могат да бъдат обработени и след това да бъдат излъчени като телевизионен сигнал в кабелната мрежа, приета със сателитни антени или ефирно. Видеоносителите в миналото са основно лентови. Това са VHS касети, MiniDV касети и др. Тогава монтажът на видеоматериали е бил линеен, последователен.

В днешно време се използват основно карти с памет SDHC или хадр дискове HDD, SSD. При тях монтажът е нелинеен и се слави с това, че редактирането става лесно и бързо. Отделни части от един филм могат да се произвеждат на няколко различни места поотделно и след завършването им (без значение от последователността) да се вмъкват в проекта за целия филм. Всички системи за нелинеен видеомонтаж работят с виртуални копия на файловете с видеоданни. Методът за работа е познат и като неразрушаващ (Non Destructive). Това означава, че ако в проекта ние “отрежем” част от файла, от неговото началото, край, или среда, реално файлът не се разрушава и съществува в оригиналната си цялост. По време на възпроизвеждането (докато работим по проекта или по време на експортиране на готовото видео) местата, които сме “отрязали”, просто се прескачат. Това ни позволява да се коригират грешките толкова пъти, колкото е необходимо. Същото важи и при нанасяне на каквито и да е корекции по цвят, яркост, специални ефекти, преходи (преливания), работа по оригиналния звук. Корекциите се изчисляват и визуализират, без да нанасят промени по изходния файл. Фиксирането им във филма става едва тогава, когато запишем целия филм като един или повече файлове – отделни части на филма. Освен това, професионалните програми и системи за нелинейно видеоредактиране позволяват да се работи на повече от една пътечка с видео и аудио съдържание. За по-лесно представяне може да се каже, че това прилича на работа с няколко слоя, както при програмите за редакция на изображения. Многопистовото редактиране развързва ръцете на твореца и му дава възможност да прави видеомонтаж с голяма сложност, съдържащ едновременно няколко видеослоя, няколко графични слоя със статични изображения и текст. Колкото по-скъпа и високотехнологична е една система за видеомонтаж, толкова повече слоеве могат да се обработват едновременно. В случай, че недостига процесорна или хардуерна мощ, то софтуерът създава

временни файлове, в които слоевете са сляти, за да може да бъдат визуализирани в реално време.

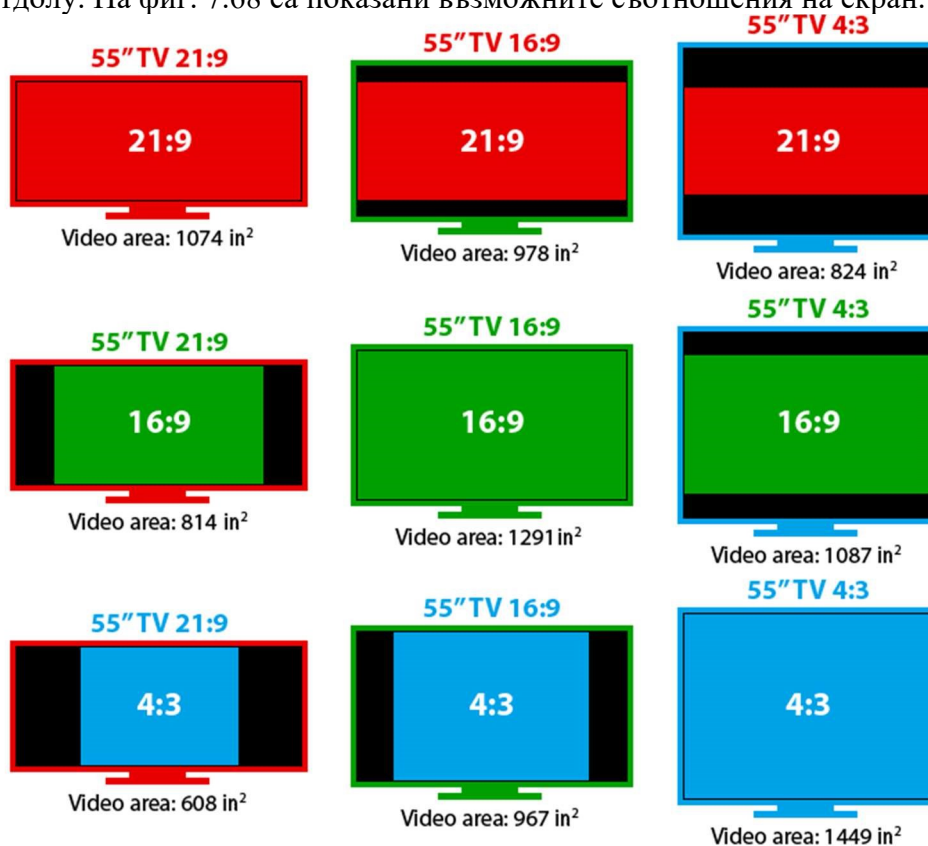
7.5.4.1. Видео обработка с Adobe Premiere Pro

За реализация на проекта за видео обработка се започва със събиране на аудио и видео материалите, които ще бъдат необходими за изпълнение на задачата. Материалите мога да бъдат:

- * видео файлове със необработени кадри – кадри, които са във вида, в който са заснети с камерата
- * видео файлове с предварително обработвани кадри – материали, които вече са обработвани, но съдържащи кадри, които ще бъдат от полза
- * свалени от интернет кадри – свалени от Youtube, Facebook или който и да било сайт с видео съдържание (ако това е възможно и ако не нарушавате авторски права!)
- * аудио файлове - разговори, музика, звуци и т.н.
- * снимки – в проекта може да бъдат използвани снимки и други статични изображения
- * други готови проекти – може да бъде вмъкнат друг започнат проект и да се обединят в един общ проект. Предимството на вмъкването на друг проект, вместо готов материал от експорт, е че може да бъде редактиран и качеството на изображението ще се запази в оригинален вид. Когато се експортира повторно материал, който вече е експортиран – има загуба на качеството (копие на копие).

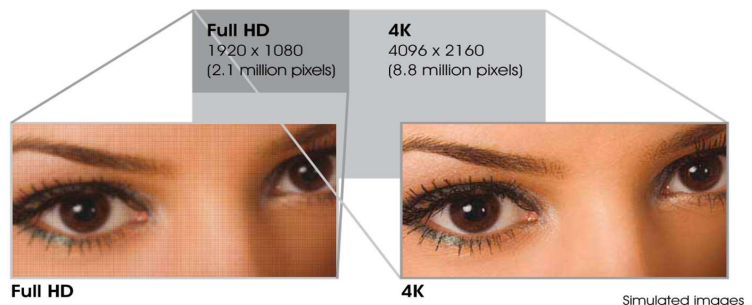
7.5.4.2. Създаване на нов проект

След като стартира Adobe Premiere Pro трябва да се създаде нов или да се отвори вече започнат. Много е важно да бъдат зададени точните параметри за проекта, защото ако видеото е снимано в 4:3, а настройките на сцената са 16:9, резултатът ще бъде – черни полета от ляво и от дясно. Съответно ако е 16:9, а е снимано в 4:3 ще има черни полета отгоре и отдолу. На фиг. 7.68 са показани възможните съотношения на екран.



Фиг. 7.68. Съотношение на екрани

Друг важен параметър е разделителната способност, с която ще бъде създаден. Ако не бъде избрана правилната разделителна способност (същата като на основното видео), ще има загуба на качество и изображението няма да изглежда максимално добре. На фиг. 7.69 е показан пример за разлика в разделителната способност на еднакъв размер телевизор.

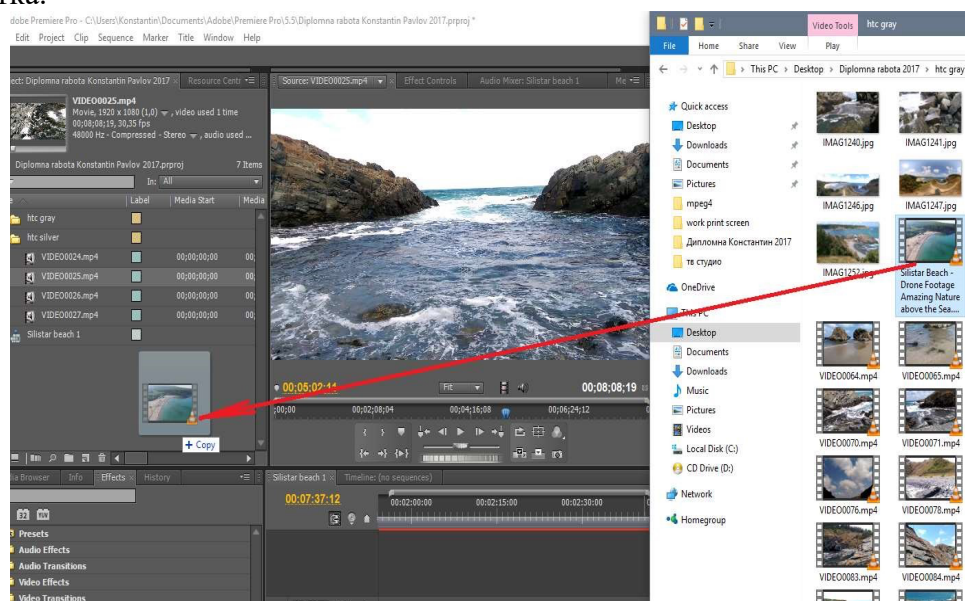


Фиг. 7.69. Пример за разделителна способност

Важно е както при стандартните избори, да изберете правилните режим на редактиране, кадри в секунда, съотношение, честота на звука и т.н.

7.5.4.3. Зареждане и обработка на необходимите материали

В проектът се зареждат файловете, които са необходими за завършване на крайния продукт. На Фиг. 7.70 е показано зареждане на файловете директно от папка в софтуера за обработка.



Фиг. 7.70. Зареждане на материали в проект

Възможно е добавяне на материали към проекта в последствие, но е желателно това да стане в самото начало. Ако проектът е голям и изисква дни за заснемане и обработка, можете да го запазвате и да продължавате след набавяне на новите материали.

За да бъде възможна работата и добавянето на тези файлове в проекта, на харддиска на компютъра, трябва да има достатъчно място, защото програмата си създава кеширани копия и те заемат доста място. Ако не е достатъчно мястото, трябва да се освободи или увеличи, за да не попречи и за да не даде грешка по време на обработка, което би могло да струва загуба на часове обработка.

След като се добавят всички материали, следва тяхната обработка, преди да достигнат до ефирния компютър от където да бъдат излъчени. Обработката на видеото включва няколко етапа. Първият е монтажист, оператор (в повечето случаи оператор и монтажист са един човек) и репортер да изгледат видеото и да решат как точно да бъде обработен материала. След това се изрязва излишната част от материала и видеото остава

на груб монтаж. За да не изглежда насечено и за да бъде по-динамично и гледаемо, се добавят допълнително заснети кадри върху материала. По този начин се показва това, за което се говори, замаскират се всички места където е рязано, за да не изглежда добре и се придава завършеност на материала.

Добавяне на текст и лого

Добавянето на текст е необходимо често по много причини. Някой от тях са:

- * изписване на име на говорещ
- * изписване на наименование на показана местност
- * тема на новината, която в момента е на екран (Например: в телевизията) * течащи надписи по време на емисия новини, които съдържат допълнителни новини на живо
- * субтитри
- * надписи на края на видеото описващи, екипите работили по него
- * надписи в началото на видеото за заглавие
- * и др.

Добавяне на преминаващ от долу нагоре надпис (Roll text). Този тип текст се слага при необходимост от изписване на повече информация, която не се събира на екрана със стоящият текст или като търсен ефект.

Добавяне на „течащ“ текст (Crawl text). Този тип текст се използва най-често от телевизиите. В него обикновено се изписва допълнителна информация за дадената новина, която е на екран в момента или допълнителни кратки новини случващи се в момента на излъчване на основният материал. Информационните телевизии обикновено пускат: температура, курс на валутите, прогноза за времето или моментни кратки новини.

Добавяне на лого на екрана. Логото трябва да бъде с прозрачен фон. Обикновено то е във формат Logo.png . Трябва да бъде съобразено мястото където се поставя в зависимост от целите, за които ще се използва материала.

След като видеото е завършено и експортирано, следва неговото зареждане в ефирен компютър и плейлист, от където да бъде излъчено.

Излъчването може да стане по график по минути или ако предаването е на живо, оператора на видеосмесител пуска материала в реално време точно когато е необходимо.

7.5.4.4. Излъчване на видеоматериал

След като материалът е обработен и вече готов за излъчване, може да бъде заредаен в плейлиста на излъчващият компютър или да изчака своето анонсиране в новинарска емисия. Ако ще бъде излъчвано по телевизията, в момента в който видеото стартира (както всички останали материали в него) през HDMI или SDI кабел сигналът се предава не физическият encoder в студиото. От енкодера вече може да се предава сигнала към излъчващата на живо станция. Може да е на местно ниво директно в станция и подстанции или директно към спътник в зависимост от необходимостта. От подстанциите сигналът може да бъде доставен най-често с един от 5-те основни видове технологии за доставка на телевизия или интернет (IPTV). На фиг. 7.71 е показан енкодерът, който е използван за излъчване видеосигнал.



Фиг. 7.71. Енкодер за излъчване на цифров телевизионен сигнал

Излъчването може да стане с няколко технологии:

- DOCSIS технология

Коаксиалният кабел е технология, която все още се използва активно и към момента се използват най-често системите DOCSIS 2 и DOCSIS 3. Чрез тях се предава интернет, цифрова телевизия и аналогова телевизия. Недостатъците на DOCSIS са, че заради използването на обратен канал за интернет, често в мрежата се вкарва шум. Този шум бива усилен от усилвателите по обратният канал и внася смущения или прекъсвания в телевизионния сигнал или интернета

DOCSIS (Data Over Cable System Interface Specification) е де факто стандарт при преноса на информация върху смесените оптично-коаксиални мрежи на кабелните оператори (Hybrid Fiber-Coax (HFC)). Кабелните модеми, работещи по този стандарт, са в състояние да осигуряват непрекъсната, гарантирана и сравнително високоскоростна комуникация. Трите завършени версии на DOCSIS: DOCSIS 1.0, DOCSIS 1.1 и DOCSIS 2.0 предоставят различни нива на възможности и функционалност, както и пълна съвместимост с DOCSIS.

DOCSIS 1.0 покрива технологиите, които са достъпни в периода 1995– 1996 година. През това време тя получава голямо разпространение в целия свят. DOCSIS 1.0 е базата, на която са разработени следващите версии. Има възможност да поддържа скорост 5Mbps с честота 6MHz.

DOCSIS 1.1 е втората фаза. Тя добавя гъвкавост в управлението, сигурност и Quality-of-Service (QoS). Вече се позволява прилагане на услуги в реално време, като телефония (VoIP), интерактивни игри и конферентни връзки. Има възможност да поддържа скорост 10Mbps с честота 6MHz.

DOCSIS 2.0 предлага силно увеличен обратен канал (30Mbps), което позволява използването на симетрични услуги (видео-конферентна връзка). Има възможност да поддържа скорост 30Mbps с честота 6MHz.

Всичките три фази са формално одобрени от национални, регионални и международни стандартизиращи организации, като Society for Cable Telecommunications Engineers (SCTE), The European Telecommunications Standards Institute (ETSI), и The International Telecommunications Union (ITU).

До момента се различават два основни вида DOCSIS, които се различават по широчината на използваните канали:

- North American DOCSIS — CableLabs *6MHz за прав канал и от 5 до 42 MHz за обратен канал
- EuroDOCSIS — tComLabs *8MHz за прав канал и от 5 до 65 MHz за обратен канал

Обикновено, няколкостотин абоната могат да споделят 6MHz (8MHz EuroDOCSIS) прав канал и един или повече обратни канали. Правият канал е съвместим с транспортната модулация MPEG (QAM 64, QAM 256) и може да предостави до 40Mbps. В DOCSIS 1.0 и 1.1 обратният канал може да бъде до 3,2 MHz (~10Mbps), а в DOCSIS 2.0 – до 6,4 MHz (~30Mbps).

DOCSIS определя както предаването на кабелния модем по физическия слой (PHY), така и MAC (Media Access Control sublayer) протокола, използван за достъп до транспортния канал. Спецификацията покрива характеристиките на предаването от кабелната станция (CMTS) към клиента и обратно. Кабелната станция е отговорна за получаването на пакети от външната мрежа и изпращането им към клиентите през HFC мрежата на кабелния оператор. Кабелната станция определя реда и приоритета при предаването на пакетите през мрежата на оператора. Поради факта че кабелната станция има пълен контрол върху целия трафик от нея към клиентите, достъпът до транспортния канал не е необходимо да бъде съгласуван с кабелните модеми.

Достъпът до обратния канал обаче (от клиентите до кабелната станция) е поразличен. В този случай всички модеми трябва да се „състезават“ за достъп до него. По тази причина,

всеки модем, който желае да предава към кабелната станция, трябва първо да изпрати заявка към нея, за да получи разрешение за предаване.

Кабелната станция събира тези заявки и изпраща съобщение до всички модеми, като дава определена „порция“ време на всеки да изпрати пакет обратно. Кабелните модеми могат да изпращат само една заявка за предаване в определен момент, като за целта има ограничение за броя на предаванията, които един модем може да направи в секунда.

Разликата в правия и обратния канал налага комуникацията между модема и кабелната станция да бъде асиметрична. Точно тази асиметрия е причината, поради която се налага използване на много балансиран подход при работата с такъв тип мрежа.

- *PON, GPON, EPON*

Тази технология се развива доста бързо и вече се използва доста активно от доставчиците на интернет и телевизия. Предимствата и са, че може да пренесе сигнал на много дълги разстояние (до 20км) и загубите са незначителни. Особено голямо предимство имат PON и GPON системите, защото те са пасивни оптични мрежи, които зависят единствено от захранването в станцията, от която се излъчва сигнала.

Пасивната оптична мрежа (на английски: Passive Optical Network, PON) е point-to-multipoint, fiber to the premises мрежова архитектура, в която пасивни (не захранени) оптични сплитери се използват за да позволят единствено оптично влакно да обслужва множество точки на достъп, типично 32. ПОН се състои от Optical Line Termination (OLT) от страната на мрежата на доставчика на услуги и множество Optical Network Unit (ONU) устройства от страната на потребителите.

Използването на ПОН намалява нуждата от оптика към централното мрежово оборудване в сравнение с типичните point to point архитектури.

Downstream сигналът се транспортира споделено до всяко устройство на оптичното влакно. Използва се криптиране за да се предпазят данните от подслушване. Upstream сигналите се комбинират чрез някакъв протокол за множествен достъп, типично time division multiple access (TDMA). OLT устройството "нагажда" ONU-тата във времето, за да им подсигури слотове, и да предпази от колизия.

Стандарти:

*APON (ATM Passive Optical Network). Това е първият стандарт за пасивна комуникация. Базиран е на ATM и се е използвал изключително в телекомуникационните среди.

*BPON (Broadband PON) е стандарт базиран на APON. Той добавя възможност за използване на WDM, динамични алокирания на скорост и отказоустойчивост. Също така добавя стандарт за управление наречен OMCI между OLT и ONU/ONT, позволявайки комуникация между различни производители.

*ITU-T G.984

*GPON (Gigabit PON) е гигабитовият вариант на BPON. Той е специфициран на скорости от 2.4Gbps downstream и 1.2Gbps upstream. Поддържа възможност чрез AAL5 framing транспортирането на ATM, SDH и Ethernet. В действителност SDH и ATM не са имплементирани до момента, и се използва изключително за пренос на Ethernet. *IEEE 802.3ah

EPON или GEPON (Ethernet PON) е IEEE/EFM стандарт използващ Ethernet framing в PON среда.

*IEEE 802.3av

10GEPON (10 Gigabit Ethernet PON) или XEPON е IEEE Task Force за 10Gbit/s съвместим с GEPON (споделящ същото влакно) стандарт.

Г л а в а 8

МЕТОДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ СИГНАЛИ

При създаването на стандарта за наземно цифрово телевизионно разпръскване (DVB-T) едно от изискванията е системата да използва съществуващата наземна телевизионна разпръсквателна мрежа, като разположение на предаватели и зони на обслужване, а цифровото наземно разпространяване да позволява приемането на програмите както със стационарна покривна антена, така и с портативна антена в сгради и извън тях. Независимо от това, безпроблемната експлоатация и осигуряването на качествено покритие и съответно надеждно приемане на сигналите за цифрова наземна телевизия изисква непрекъснат контрол и мониторинг на параметрите и характеристиките на предаваните сигнали.

В тази глава са представени методите и параметрите подлежащи на измерване при пренасяне на цифрови телевизионни сигнали през наземни предавателни мрежи.

8.1. Измерване на параметрите на цифровия поток в цифровите ефирни телевизионни мрежи (DVB-T)

Качеството на цифровия поток, пренасян по ефирната телевизионна мрежа, може да бъде проверено само чрез специализирани измервания. Методи за измерване в цифровите телевизионни системи са регламентирани в документа ETR 290. Съгласно инструкцията мониторингът и контролът на този вид комуникационна система се състои в използване на измерванията в телевизионните цифрови разпръсквателни мрежи, разпределени в четири групи:

➤ Измерване на параметрите на цифровата разпръсквателна мрежа по време на изграждане и по време на нейната експлоатация

Тук се отнася измерването на всички параметри и във всички точки на цифровата система. Основите параметри, които се измерват са:

- отношението сигнал/шум;
- коефициентът на цифровата грешка BER;
- коефициентът на грешката при модулация MER;
- мощността на крайното стъпало;
- I/Q дебалансът;
- I/Q квадратурната грешка;
- потискането на носещия сигнал;
- еквивалентното влошаване на шума (END);
- кръстосаният фактор;
- ехото в кабелните разпределителни мрежи.

Освен това, се подлагат на контрол параметрите:

- спектърът на сигнала (със спектрален анализатор);
- страничните излъчвания (със спектрален анализатор);
- QPSK и QAM вектор-диаграмите.

➤ Измерване на резерва на цифровата система

Цифровите системи поддържат качество на приетото изображение до известно състояние, след което практически веднага се срива приемането (например, при увеличаване на отношението сигнал/шум или при отдалечаване от предавателя, т.е. при намаляване нивото на сигнала). Затова е важно да се знае какъв е резервът за качествено приемане.

➤ Контрол на параметрите на система

Целта на този тип измерване е контрол на основните параметри на системата по време на работа, като основно е контролирането параметрите на транспортния поток с анализатори на транспортния поток.

➤ Измерване с цел откриване и отстраняване на съществуващи смущения

Тези измервания се извършват, когато има определено смущение в приемането на цифровите телевизионни сигнали и целят откриване и отстраняване на причината за смущения.

Измервателната апаратура може да се обособи в следните видове:

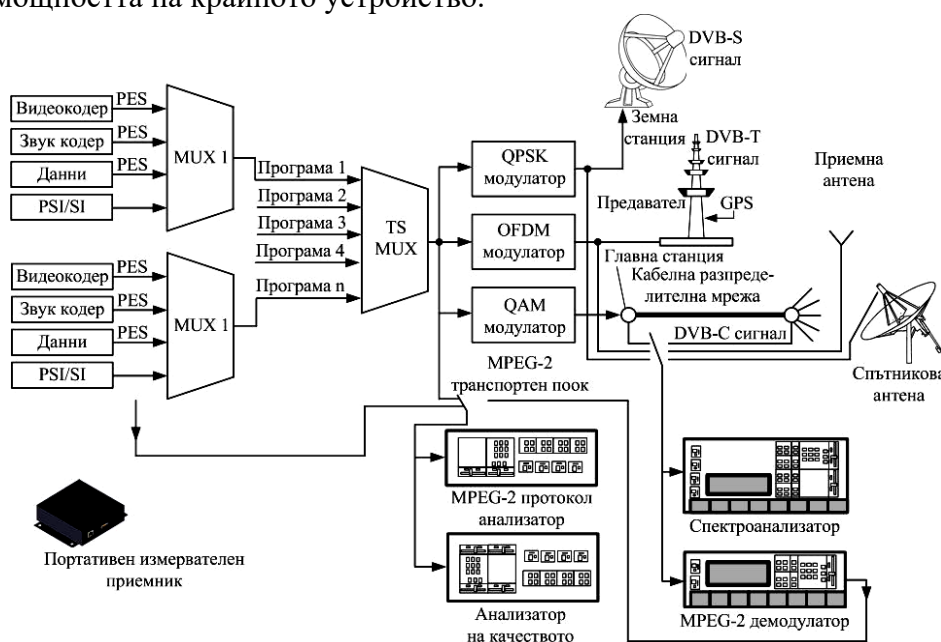
- апаратура за измерване при разработване и производство на системи за кодиране и пренасяне на цифрови и звукови телевизионни сигнали. Този тип апаратура е най-прецизна и съответно най-скъпа.
- апаратура, която се използва при изграждането на телевизионните цифрови мрежи и системи.
- апаратура за контрол и измерване по време на експлоатация на цифровите мрежи и системи.
- преносима контролна апаратура.

На фиг. 8.1 е показана общата функционална схема за трите цифрови телевизионни системи (DVB-T, DVB-S и DVB-C) с указаните препоръчителни точки за измерване на цифровия сигнал, а именно:

– след програмните мултиплексори и след транспортния мултиплексор се контролират програмният (транспортен) поток (PES-TS) и транспортният поток (TS), а така също със специален анализатор и качеството на телевизионно изображение. Обикновено анализаторите на транспортния поток формират и безкрайни цифрови поредици, които могат да заместват източниците на кодиран цифров телевизионен сигнал. Формираните изображения са както с неподвижни, така и с подвижни обекти.

– след модулатора или в изхода на предавателя със спектро-анализатор се контролира спектърът на сигнала и преди всичко страничните излъчвания, а с измерителен демодулатор и декодер се контролират вектор-диаграмите, QAM-параметрите, цифровата грешка BER, модулационната грешка MER и др. Същите параметри се контролират и чрез приети от ефира или в кабелната линия сигнали.

Голямо внимание в цифровите системи се обръща на измерване на отношението сигнал/шум и на коефициента на цифровата грешка BER. В предавателните устройства се измерва и мощността на крайното устройство.



Фиг. 8.1. Функционална схема на DVB система с точки, в които се измерва цифровият поток

В таблица 8.1 са представени в обобщен вид основните параметри, които подлежат на измерване и контрол в DVB-T предавателя, приемника и преносната мрежа.

Таблица 8.1. DVB-T параметри за измерване и контрол

Параметър за измерване	Предавател	Мрежа	Приемник
1) Прецизност на радиочестотата (RF)	X		
2) Селективност			X
3) Диапазон на действие на автоматична донастройка на честотата			X
4) Фазов шум на местния осцилатор	X		X
5) RF/IF ниво мощност на сигнала	X		X
6) Ниво по мощност на шума			X
7) RF и IF спектър	X		
8) Чувствителност на приемника / динамичен диапазон за Гаусов канал			X
9) Еквивалентна шумова деградация (END)			X
10) Линеиност на характеристиката	X		
11) Енергийна ефективност	X		
12) Кохерентно смущение			X
13) BER във функция от отношението CNR при вариация на мощността на предавателя	X		X
14) BER във функция от отношението CNR при вариация на мощността на Гаусовия шум	X		X
15) BER преди Витерби декодера			X
16) BER преди RS декодера			X
17) BER след RS декодера			X
18) I/Q анализ	X		X
19) Пълно времезакъснение на сигнала	X		
20) Синхронизация в едночестотна мрежа (SFN)		X	
21) Характеристики на канала		X	

Препоръчителните нива на сигнала при DVB-T са представени в таблица 8.2.

Таблица 8.2. Препоръчителните нива на сигнала при DVB-T

Стандарт	Модуляция	FEC	Ниво на сигнала	
			min, dBμV	max, dBμV
DVB-T COFDM	QPSK	1/2	26	74
		2/3	28	74
		3/4	30	74
		5/6	33	74
		7/8	35	74
	16-QAM	1/2	32	74
		2/3	36	74
		3/4	39	74
		5/6	42	74
		7/8	45	74
	64-QAM	1/2	42	74
		2/3	45	74
		3/4	48	74
		5/6	51	74
		7/8	54	74

8.2. Оценка на качеството на телевизионното изображение

В документа ITU-R.500 са описани два метода за субективна оценка на качеството на телевизионното изображение. При първия метод се използва еталонна картина, която се сравнява с контролираното изображение. Този метод се нарича DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) и е подходящ за използване при оценка на статични картини. При сравняване на изображенията на текущата програма резултатите не са много добри.

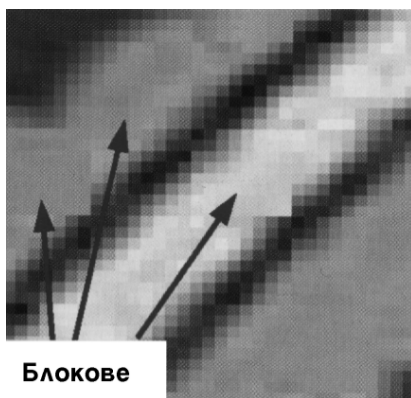
При втория метод се оценява изображението на текущата програма (без използването на еталонно изображение), след като сигналът е преминал обработката. Методът се нарича SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) и е подходящ за използване за контрол на телевизионната програма в изхода на цифровата система (например в изхода на телевизионното студио или в изхода на транспортния мултиплексор). За контрол се подава MPEG-2 транспортния поток.

Скалата, с която се оценява качеството на телевизионното изображение, съгласно ITU-R.500, е петстепенна: отлично (Excellent), добро (Good), задоволително (Fair), недостатъчно (Poor) и лошо качество (Bad). Петте степени на качеството се изразяват и с цифрова скала от 100 – отлично до 0 – лошо.

Тъй като необходимостта от оценка на качеството на изображението след обработка и кодиране е много голяма, то са разработени теоретични модели, позволяващи достатъчно точно да се възпроизведе механизмът на възприемане на изображението и оценка на неговото качество. Тези модели позволяват да се разработят апаратури за оценка качеството на изображението на текущата телевизионна програма. Видими дефекти в изображението, появяващи се в резултат на MPEG-кодирането, са следните:

- грешки в изображението (артефакти от компресията) – блокова структура, фалшиви контури;
- намаляване на разделителната способност;
- намаляване рязкостта на преходите;
- нарушаване движението на обектите в изображението – намаляване разделителната способност на движещите се обекти;
- пространствени и времеви смущения - изразяват се с появата на локални отблясъци.

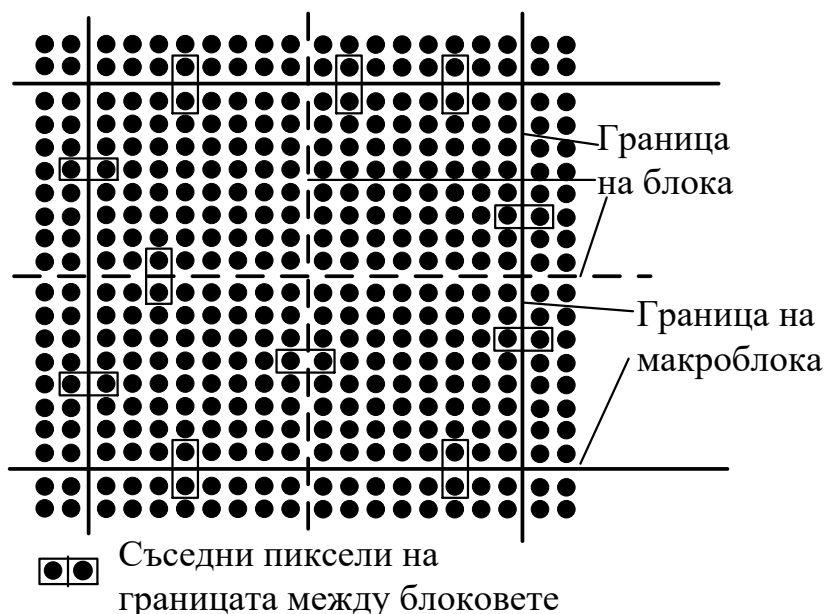
Едно от най-типичните нарушения на качеството на телевизионното изображение, в резултат на MPEG-кодирането, е появяването на блокова структура (фиг. 8.2), като размерът на блоковете е равен на размера на макроблоковете или на блоковете, които се обработват при дискретното косинусово преобразуване. Блоквата структура се проявява при намалена скорост на цифровия поток и е резултат от несъвършеното MPEG-кодиране.



Фиг. 8.2. Блокова структура на изображението

При апаратурна оценка на блоквата структура на изображението се прави сравнение на възстановените отчети на границата между два съседни блока или на границата между два съседни макроблока (фиг. 8.3). При качествено изпълнено кодиране и декодиране тази

разлика не трябва да е рязка, в резултат на което блоковете не се разграничават един от друг, т. е. изображението няма блокова структура. При некачествено кодиране е възможно да съществува разлика в отчетите на границата на блоковете, което на екрана предизвиква очертаването на блока или на макроблока.



Фиг. 8.3. Определяне на наличието на блокова структура чрез сравняване на стойността на пикселите в границите на блоковете

8.3. MPEG-2 протокол-анализатори

За целите на управлението на приемните апаратури в стандартите MPEG-2 е предвидено предаването на специфични за програмата данни PSI (Programme Specific Information), допълнени със служебната информация SI (Service Information). Двете форми на предаване на управляваща служебна информация са известни под общото название служебна информация. Тази служебна информация играе ролята на заглавие на контейнера от данни и образува канал за управление на системата за цифрово телевизионно разпръскване. От правилното съдържание на служебната информация зависи функционирането, приемането и правилното декодиране на видео и звуковата информация. Това налага наличието на контрол на коректността на съдържанието на служебната информация. Този контрол трябва да се изпълнява във всички точки на системата, в които има промяна на съдържанието на цифровия поток – след транспортния мултиплексор при кодиране на източника и след демултиплексорите при формиране на цифровия поток в главните станции на кабелните разпределителни мрежи и земните спътникови станции.

За контрол на съдържанието на служебната информация се използват MPEG-2 протокол-анализатори. Обикновено системите за контрол и управление на кодиращите устройства и на мултиплексорите също имат тази възможност. Стандартът ETR 290 предвижда три приоритета при контрола на служебната информация. В първия приоритет са включени тези таблици и параметри от служебната информация, които са необходими за декодиране на транспортния поток (таблица 8.3). Във втория приоритет са включени таблиците от служебната информация, които трябва периодически да се контролират (таблица 8.4), а в третия приоритет – тези, които се контролират при необходимост. Това са: NIT ERROR; SI REPETITION ERROR; UNREFERENCED FID; SDT ERROR; EIT ERROR; RST ERROR; TDT ERROR; NIT OTHER ERROR; SDT OTHER ERROR; EIT OTHER ERROR; SI OTHER ERROR

Таблица 8.3. Параметри за контрол от първи приоритет

Параметър	Описание на грешката
TS SYNC LOSS	Некоректна структура на транспортния поток или липса на транспортен поток.
SYNC BYTE ERROR	Синхронизиращият байт не е със стойност 0x47
PAT ERROR	Таблицата с етикет ID 0x00 се повтаря по-рядко от всеки 0,5 s. Скремблиращите контролни битове не са 00 при PID 0x0000.
CONTINUITY COUNT ERROR	TS пакетите не са подредени правилно. Пакетите съществуват повече от два пъти. Липсват транспортни пакети.
PMT ERROR	Таблиците с етикет ID 0x02 (т.е. PMT) се повтарят по-рядко от всеки 0,5 s. Скремблиращите контролни битове не са 00.
PID ERROR	Таблицата не се предава към потребителите в определения интервал от 0,5 s.

Таблица 8.4. Параметри за контрол от втори приоритет

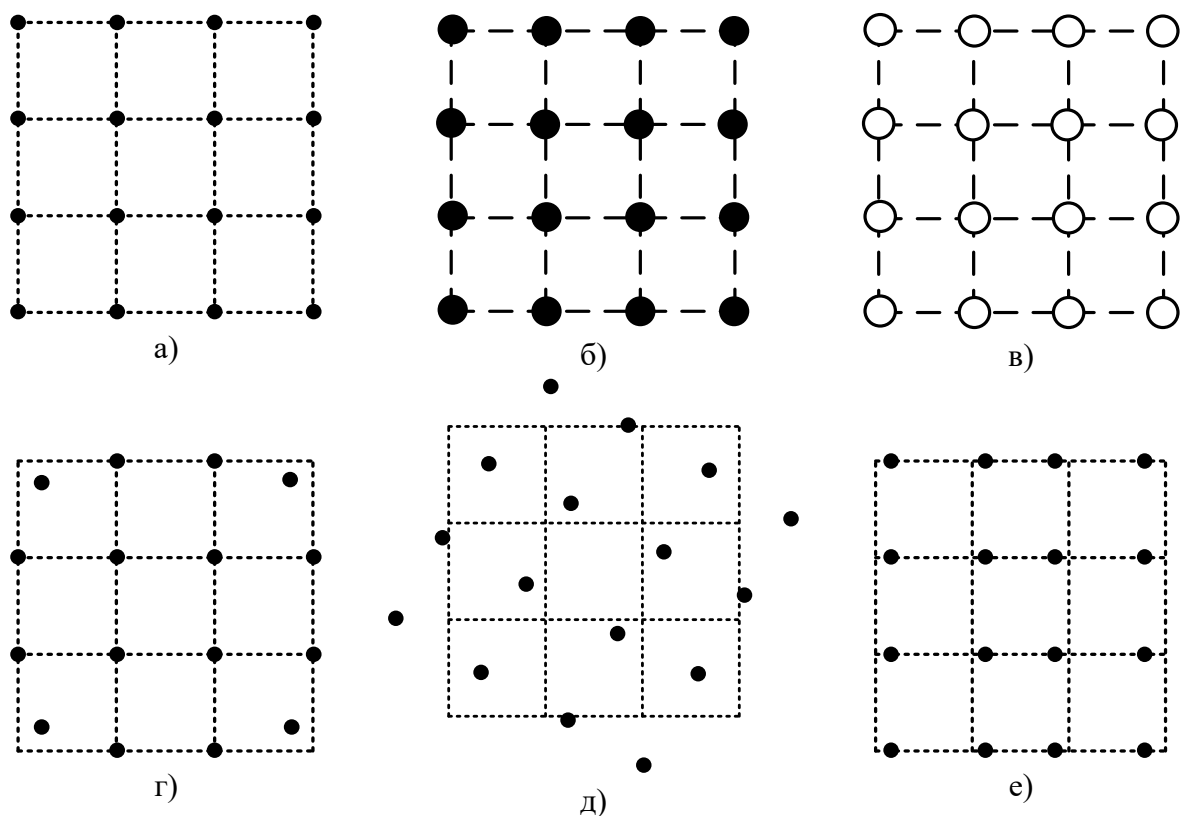
Параметър	Описание на грешката
TRANSPORT ERROR	Битът TEI (Transport Error Indicator) в заглавието на транспортните пакети е със стойност 1 (в демодулатора на приемника няма да могат да се коригират всички грешки в транспортния поток).
CRC ERROR	CRC (Cyclic Redundancy Check) грешка в таблиците PAT, CAT, PMT, NIT, EIT, BAT, SDT или TOT.
PCR REPETITION ERROR	Интервалът между две следващи една след друга PCR (Program Clock Reference) е по-продължителен от 40 ms.
PCR DISCONTINUITY INDICATOR ERROR	Интервалът между две PCR е по-голям от 100 ms, с изключение на случая, когато този параметър е настроен на друга стойност.
PCR ACCURACY ERROR	Стойността на PCR на избраната телевизионна програма е извън прозореца от ± 500 ns.
PTS ERROR	Времето за повтаряне на PTS (Presentation Time Stamps) е по-продължително от 700 ms.
CAT ERROR	Пакетът със скремблиращите контролни битове не са 00 или не съществува таблица с етикет ID = 0x01.

8.4. Контрол на качеството на телевизионния сигнал чрез вектор-диаграмата

Мониторингът и контролът чрез измервания и визуализиране на вектор-диаграмата (Constellation Diagram) е основен подход за контрол, който се използва в областта на цифровите разпръсквателни мрежи. Тъй като вектор-диаграмата на цифрово модулираните сигнали е много чувствителна на въздействия върху сигнала от външни фактори, то тя дава много добра представа за качеството му, за влиянието на шумове, както и за състоянието на преносната апаратура.

В идеалния случай върхът на вектора на сигнала (I/Q точката) се намира в точно определена точка и вектор-диаграмата представлява правилна матрица от точки (фиг. 8.4 а). Под влияние на шумовете и на други дестабилизиращи фактори в канала за връзка, векторът на сигнала се разсейва и положението на I/Q точката се измества от центъра на съответния квадрат. Тъй като шумът има случаен характер, то вектор-диаграмата добива вид на „облак“. Когато върху сигнала въздейства само „бял“ шум, „облакът“ има симетрична форма и върху вектор-диаграмата се изобразява като кръг, чийто диаметър определя нивото на шума (фиг. 8.4 б). Ако смущението се предизвиква от хармоничен сигнал, то изображението на вектор-

диаграмата представлява окръжности, чиито диаметри се определят от амплитудата на смуцаващото хармонично трептение (фиг. 8.4 в). Амплитудното ограничаване се отразява върху тези части на сигнала, които имат максимална амплитуда (в зависимост от степента на ограничаване тяхната амплитуда ще е съответно намалена) и не влияе върху сигналите с по-малка амплитуда. При 16-QAM амплитудното ограничаване се отразява на векторите, които носят информация за комбинациите 0000, 1000, 1100 и 0100 (фиг. 8.4 г). При несинхронна тактова честота матрицата на вектор-диаграмата се завърта надясно или наляво (фиг. 8.4 д). При нарушена симетричност на модулатора матрицата на вектор-диаграмата се свива по хоризонтали или по вертикали (фиг. 8.4 е).

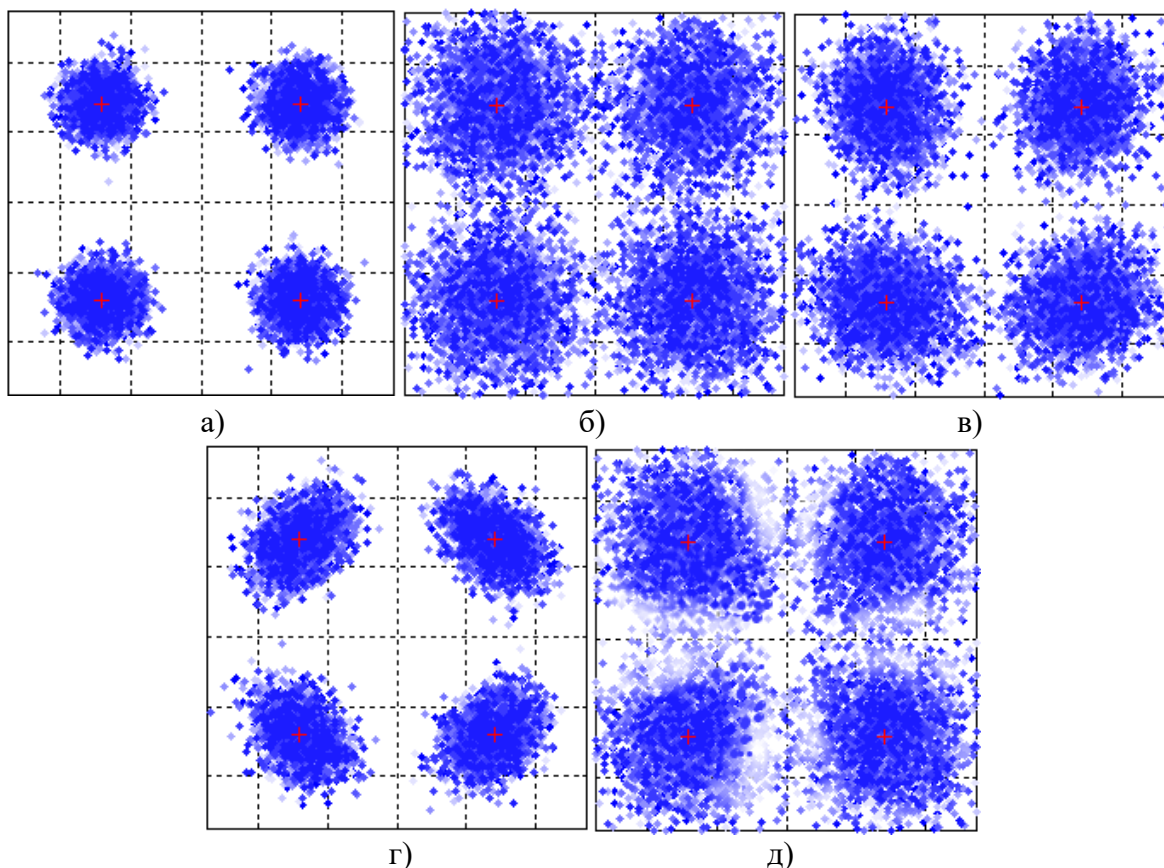


Фиг. 8.4. Вектор-диаграми на 16-QAM сигнал: а) при нормално приемане; б) при наличие на шум; в) при наличие на хармоничен шум; г) при амплитудно ограничаване; д) при несинхронна тактова честота; е) при нарушена симетричност на модулатора (амплитудно разбалансиране)

В измервателните уреди вектор-диаграмата се изобразява върху цветен екран с различен цвят в зависимост от честотата на положението на вектора на сигнала. Най-често срещаното положение на I/Q точката обикновено се маркира с червен цвят, а най-рядкото положение – със син цвят. Междинните по честота положения се означават съответно с жълт и зелен цвят. По този начин „облакът“ на вектор диаграмата добива релефен вид и тя лесно се разчита.

На фиг. 8.5 са показани примери на вектор-диаграми на QPSK сигнал. Вектор-диаграмата на фиг. 8.5 а) е при оптимален сигнал - това означава, че приемната параболична антена при спътниково приемане е добре избрана (има оптимален диаметър и конверторът е с добро шумово число) и е насочена правилно. Такава вектор-диаграма съответства на $BER=10^{-7}$. При увеличаване нивото на шума „облакът“ на вектор-диаграмата във всеки от квадрантите се разширява (фиг. 8.5 б). Това е признак, че антената е лошо насочена, че диаметърът и е недостатъчен, че шумовото число на конвертора е голямо или, че кабелът между приставката и конвертора е дълъг. Вектор-диаграмите при зашумен сигнал се

характеризират с това, че центърът на „облака“, е добре очертан – това е положението, което с най-голяма вероятност се заема от I/Q точката. При наличието на фазов шум вектор-диаграмата представлява „облак“ без очертан център (фиг. 8.5 в). Фазов шум може да се появи при дефектен конвертор. При паразитна амплитудна модулация на QPSK сигнала „облакът“ приема вид на елипса (фиг. 8.5 г). Паразитна амплитудна модулация съществува при повредено захранване на приставката. Когато съществува интермодуляционен шум (при въздействие на външен сигнал), „облакът“ на вектор-диаграмата е с яйцевидна форма (фиг. 8.5 д).

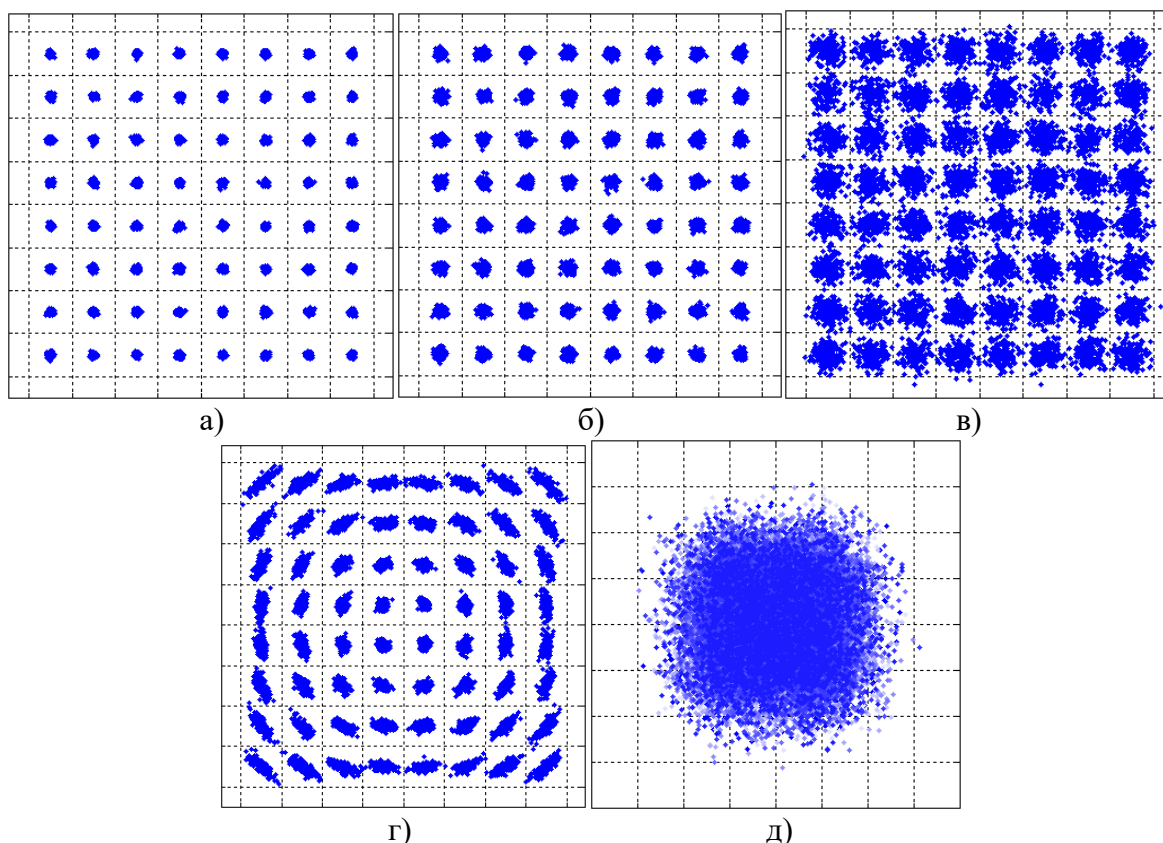


Фиг. 8.5. Вектор диаграми на QPSK сигнал:

а) оптимален сигнал; б) сигнал със значителен шум; в) при наличие на фазов шум; г) при наличие на паразитна амплитудна модулация; д) при наличие на интермодуляционни смущения

Аналогичен вид имат и вектор-диаграмите при QAM модулацията - при оптимален сигнал вектор-диаграмата представлява матрица от леко размити точки (фиг. 8.6 а). При наличието на шум в сигнала точките на вектор-диаграмата се разширяват (фиг. 8.6 б). Появата на шум е признак, че има дефектен усилвател в кабелната разпределителна мрежа или, че разстоянието между усилвателите е по-голямо от оптималното, както и за ниско ниво на сигнала в абонатния контакт или за лоши контакти на куплунгите в мрежата.

Когато нивото на шума е силно, „облакът“ заема почти цялото сигнално квадратче на вектор-диаграмата (фиг. 8.6 в). Това положение е преди тотален срив на приемането и означава, че има дефектен усилвател в мрежата или затихването на сигнала е много голямо. При сигнал с фазови шумове (нелинейни характеристики на усилвателите, фазов шум в преобразувателя на канала в главната станция) „облаците“ на вектор-диаграмата придобиват формата на елипса (фиг. 8.6 г). Изображението, дадено на фиг. 9.6 д се получава, когато липсва сигнал.



Фиг. 8.6. Вектор диаграми на 64-QAM сигнал: а) оптимален сигнал; б) сигнал с ниско ниво на шумовете; в) сигнал със силно ниво на шумовете; г) сигнал с фазови шумове; д) несинхронизиран демодулатор

8.5. Измерване на коефициента на BER грешката

Коефициентът на BER грешката също е един от съществените параметри на цифровата система, който характеризира нейното качество. В цифровата телевизионна система съществува ясно определена граница на стойностите на цифровата грешка, при която системата функционира. Двойната защита от грешки чрез конволюционно и RS-кодиране при наземното разпространяване на програми гарантира квази безпогрешно приемане. Границата, при която RS-кодирането е способно да коригира сигнала, е $BER=10^{-4}$, като след корекцията коефициентът на цифровата грешка става $BER = 10^{-11}$. При конволюционното кодиране цифровата грешка от 10^{-2} се коригира на 10^{-4} .

Стойността на коефициента на цифровата грешка е еднозначно свързана със стойността на отношението сигнал/шум. Източниците, които предизвикват влошаване на BER, от една страна са модулаторът и предавателят, а от друга страна – преносната система. В модулатора и предавателя върху цифровата грешка влияят следните фактори:

- различните амплитуди на I и Q компонентите на сигнала;
- отклонението от 90° на фазата между I и Q компонентите на сигнала;
- фазов джитер на I и Q компонентите на сигнала, предизвикан в модулатора;
- недостатъчно потискане на носещия сигнал в DVB модулатора;
- фазови и амплитудни изкривявания при филтриране на I и Q компонентите на сигнала;
- шумове в модулатора.

В преносния тракт влошаването на BER се предизвиква от:

- крайните стъпала в наземните цифрови телевизионни предаватели;
- интермодулационни изкривявания, обусловени от сигнали в съседен канал или от смущаващи сигнали от същия канал;
- интерференции;

- шумове в канала за връзка;
- отразени сигнали.

Основните точки, в които е прието да се измерва BER, са:

- Непосредствено след демодулатора – това е стойността на цифровата грешка в изхода на канала за връзка преди веригите за корекция. Прието е тази цифрова грешка да се нарича „BER преди Витерби“ (или preVBER), т.е. стойността на цифровата грешка преди конволуционното декодиране и коригиране;

- След първото ниво на корекция на цифровата грешка (след вътрешната защита от грешки) – този параметър е прието да се нарича „BER след Витерби“ (или postVBER);

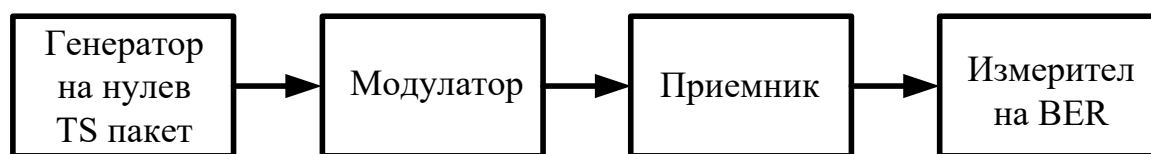
- След второто ниво на корекция на грешката (след външната защита от грешки, т.е. след RS декодера) – параметърът е „BER след RS“.

За измерване на цифровата грешка съществуват два основни метода – извън времето на предаване на телевизионната програма (out of service) и по времето на предаване на телевизионната програма (in service).

При измерването на цифровата грешка извън времето на предаване на телевизионна програма на модулатора се подава непрекъснато повтаряща се известна псевдослучайна цифрова поредица. В документа ETR 290 за тази цел е определен така наречения „нулев пакет“, при който всички информационни битове са логичека 0. В таблица 8.5 са посочени стойностите на битовите в заглавието на рамката. Измерването става по схемата от фиг. 8.7. Цифровият поток на „нулевия пакет“ се подава на входа на модулатора (на входа на блока за кодиране на канала) в предавателната страна. Измерителят, който се включва в приемната страна, сравнява приетата цифрова поредица с предадената (с цифровата поредица на нулевия пакет) и преброява грешно приетите битове. Измерителят се включва в различни точки в предавателната и приемната страна.

Таблица. 8.5. Параметри на „нулевия пакет“

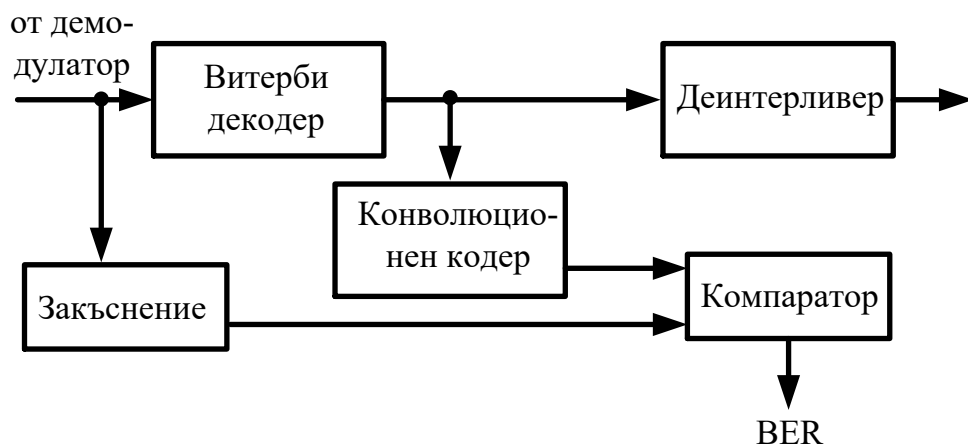
Синтаксис	Брой битове	Стойност
Sync bite	8	010000111
Transport error indicator	1	0
Payload unit start indicator	1	0
Transport priority	1	0
PID	13	11111110111111
Transport scrambling control	2	00
Adaptation field control	2	01
Continuity counter	4	0000
Data byte	8	00000000



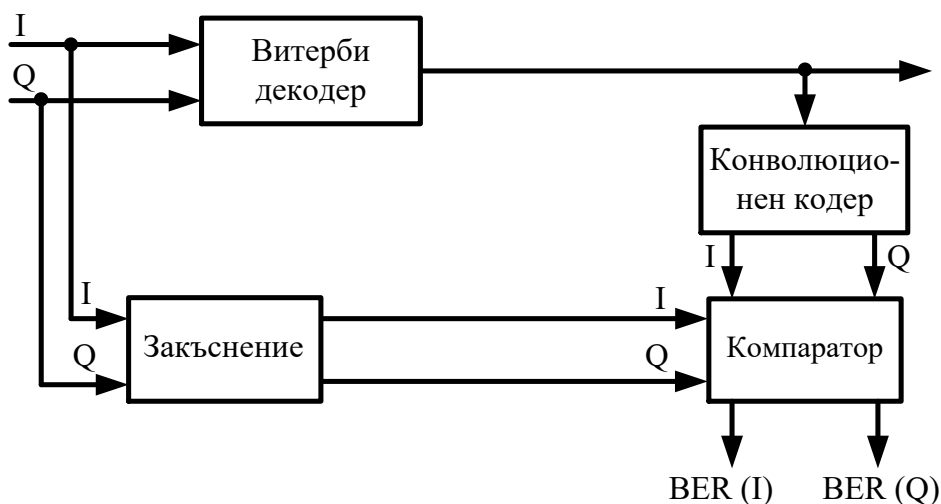
Фиг. 8.7. Измерване на коефициента на цифровата BER грешка извън времето на предаване на телевизионна програма

При измерване по време на предаването на телевизионната програма се използва способността съответно на Витерби декодера и на RS декодера да коригират грешните битове в приетия цифров поток. За целта се сравняват цифровите потоци преди и след съответния блок за корекция. На фиг. 8.8 а е дадена схемата, по която се измерва цифровата грешка преди Витерби декодера при DVB-T. В компаратор се сравняват цифровите потоци преди Витерби декодера и сигнала след Витерби декодера, като цифровият сигнал след

Витерби декодера се подлага на конволюционно кодиране. Блокът за конволюционното кодиране трябва да е същият, който се използва и в предавателя. Закъснението на цифровия поток преди Витерби декодера е необходимо, за да се компенсира времето на задържане на сигнала в блока за конволюционно кодиране.



а)



б)

Фиг. 8.8. Измерване на коефициента на цифровата BER грешка по време на предаване на телевизионната програма при DVB-T

По аналогичен начин се измерва и цифровата грешка преди RS декодера, като за целта цифровият поток преди RS декодера се сравнява с цифровия поток след RS декодера, който предварително се подлага на RS кодиране. Измерването, обаче, трябва да е в границите на възможностите на RS декодера за коригиране на грешките (същото важи и за Витерби декодера). Затова, когато цифровата BER грешка превиши стойността, измерването трябва да се прекъсне, тъй като резултатът става нереален.

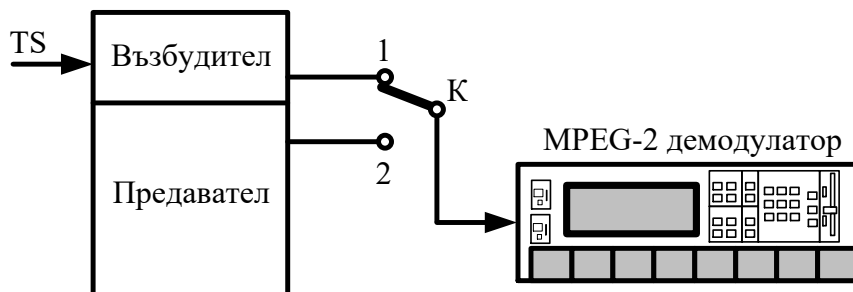
Измерването на цифровата грешка след RS декодера е възможно само по времето извън предаването на телевизионна програма.

Всяка една апаратура от система за пренасяне на цифровия поток влошава отношението сигнал/шум и повишава вероятността от появата на грешки. Параметърът END (Equivalent Noise Degradation - еквивалентно влошаване на шума) дава влиянието на всяка апаратура върху качеството на сигнала.

Измерването на параметъра END става с помощта на измервателен демодулатор, който трябва да има възможност за добавяне към сигнала на бял шум от вътрешен генератор на шум. На фиг. 8.9 е показана схемата за измерване на параметъра END на цифров телевизионен предавател. Измервателният демодулатор се включва в изхода на възбудителя (на входа на предавателя – положение 1 на ключа К) и след това в изхода на предавателя – положение 2 на ключа К. Когато измерителят е в положение 1 на ключа К, към сигнала се добавя бял шум и се измерва BER грешката след Витерби декодера. Нивото на белия шум се увеличава, докато цифровата грешка достигне стойността $2 \cdot 10^{-4}$. Отчита се стойността $(C/N)_1$ на отношението носещ сигнал/шум. Същата процедура се изпълнява и в положение 2 на ключа К и съответно се отчита отношението носеща сигнал/шум $(C/N)_2$. Параметърът END на предавателя се определя от разликата:

$$(8.1) \quad END = (C/N)_2 - (C/N)_1.$$

Точността на измерване на отношението сигнал/шум от измервателния демодулатор трябва да е най-много 0,1 dB.



Фиг. 8.9. Измерване на еквивалентното влошаване на шума END

8.6. Измерване и мониторинг на QAM параметрите

Вектор-диаграмата (Constellation Diagrams) на QAM сигнала има 2^m ($m = 2 \div 8$) еднакви по форма и площ квадратни полета, в които е разрешено да се намира I/Q точката за съответния символ. Всеки символ носи информация за m бита. Положението на вектора за всеки символ се определя от амплитудата на сигналите I и Q. В идеалния случай I/Q точката се намира в центъра на съответния квадрат и вектор диаграмата представлява матрица от равномерно и симетрично разположени 2^m точки.

Под въздействие на шумове или на други дестабилизиращи фактори векторът на сигнала се отклонява. Дестабилизиращият фактор може да се представи като вектор на грешката $\vec{d}$. Резултатният вектор се получава като сума от идеалния вектор и вектора на грешката (фиг. 8.10 а, б). Векторът на грешката има случаен характер, в резултат на което вектор-диаграмата във всяко едно разрешено поле вместо точка в центъра на полето приема вид на „облак“ (фиг. 8.10 в).

Векторът на грешката $\vec{d}_i$ може да се разложи на I и Q, чрез изменение на компонентите на δI и δQ . В общия случай в $\vec{d}_i$ може да се представи като вектор $\vec{d}_i$, който е равен на:

$$(8.2) \quad \vec{d}_i = (\vec{d}_i)_I + (\vec{d}_i)_Q,$$

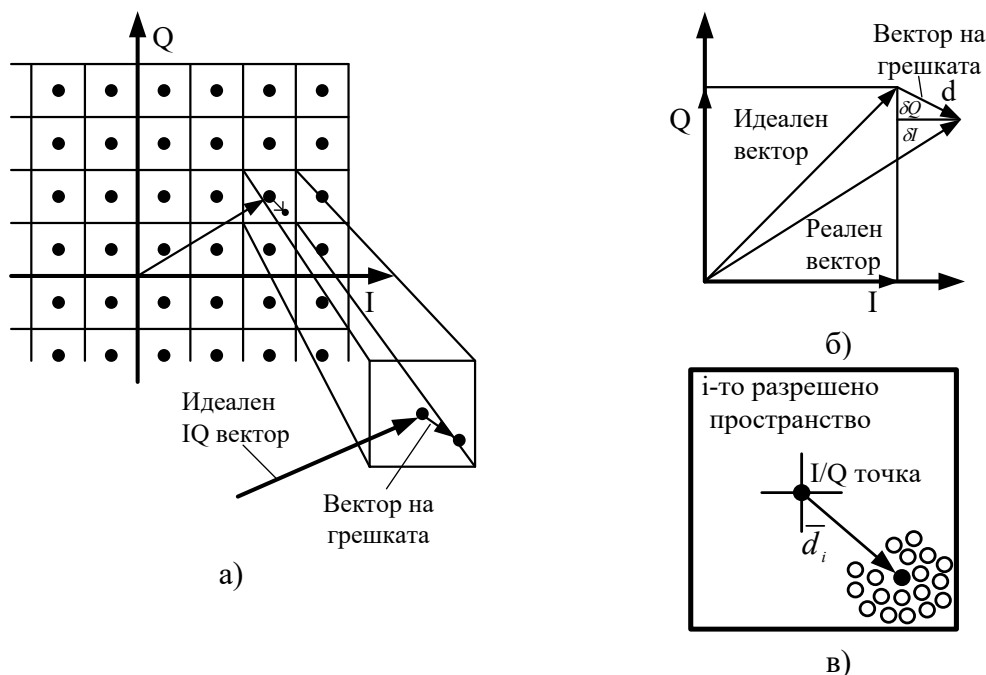
където

$$(8.3) \quad (\vec{d}_i)_I = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta I_j,$$

$$(8.4) \quad (\vec{d}_i)_Q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta Q_j.$$

Тук N е число, което е достатъчно по-голямо от броя на символите M в съответната QAM.

Ясно е, че качествено приемане на QAM сигнали ще има само в случая, когато векторът на грешката $\vec{d}_i$ не надхвърля по стойност половината от размера на разрешеното поле. В противен случай настъпват грешки в приемането или даже цялостно пропадане на приемането. Затова анализът на вектор-диаграмите е свързан с оценка на векторът на грешката $\vec{d}_i$.



Фиг. 8.10. Вектор-диаграма при 64QAM: а) идеална вектор-диаграма; б) отклонение на идеалния вектор под влияние на вектора на грешката d ; в) случайният характер на вектора на грешката придава вид на „облак“ на вектор-диаграмата

Основните параметри на вектор-диаграмата, които се контролират, са: амплитудното разбалансиране, I/Q квадратурната грешка, фазовият джитер, подтискането на носещия сигнал и MER коефициентът.

Амплитудно (I/Q) разбалансиране (Amplitude Imbalans – AI)

Когато усилването на I и Q сигналите в модулатора е с различен размах, то настъпва I/Q (амплитудно) разбалансиране (виж фиг. 8.4 е). Този характеризира с това, че разстоянието между I/Q точките параметър се оценява чрез следната зависимост:

$$(8.5) \quad AI = \left(\frac{v_1}{v_2} - 1 \right) \cdot 100\%,$$

където: $v_1 = \min(v_I, v_Q)$; $v_2 = \max(v_I, v_Q)$,

$$(8.6) \quad v_1 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{I_i + (\vec{d}_i)_I}{I_i},$$

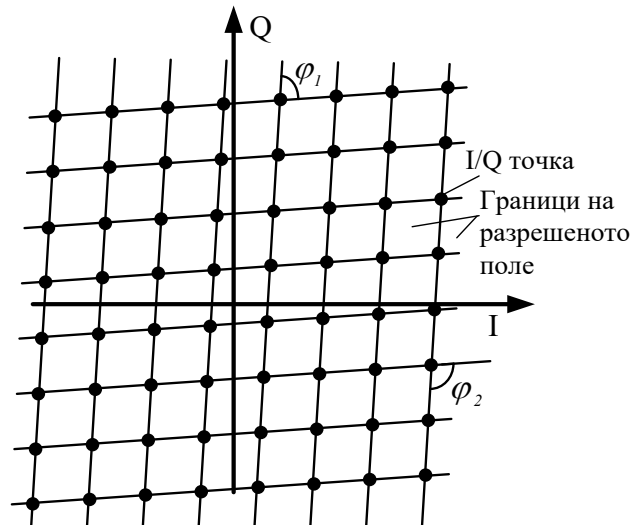
$$(8.7) \quad v_2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{Q_i + (\vec{d}_i)_Q}{Q_i}.$$

Вектор-диаграмата на QAM сигнал с амплитудно разбалансиране се в хоризонтална и вертикална посока е различно.

Квадратурна грешка (I/Q Quadrature Error)

Когато в модулатора I и Q сигналите не са дефазирани точно на 90° , т.е I и Q осите не са взаимно перпендикулярни, то се говори за квадратурна грешка QE, Квадратурната

грешка се равнява на абсолютната фазова разлика $\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$, където ϕ_1 и ϕ_2 са съответно ъглите, които сключват реалните координатни оси на вектор-диаграмата с идеалните I и Q координатни оси (фиг. 8.11).



Фиг. 2.11. Вектор диаграма на 64-QAM сигнал при квадратурна грешка

Квадратурната грешка се оценява с равенството:

$$(8.8) \quad QE = \frac{180}{\pi} \sum (\phi_1 - \phi_2).$$

Вектор-диаграмата на QAM сигнал с квадратурна грешка се характеризира с това, че I/Q точките са подредени под ъгъл спрямо хоризонталната и вертикалната ос на диаграмата.

Фазов джитер (Phase Jitter – PJ)

Когато сигналите I и Q нямат стабилна фаза или амплитуда, то съответно и вектор-диаграмата ще е нестабилна. При фазов джитер вектор-диаграмата се характеризира с това, че I/Q точките, намиращи се в централната част на диаграмата, са по-концентрирани в сравнение с I/Q точките в края на диаграмата. Освен това, I/Q точките в края на диаграмата приемат елиптична форма (фиг. 8.6 г).

Подтискане на носещия сигнал (Carrier Suppression – CS)

Този параметър се оценява с равенството

$$(8.9) \quad CS = 10 \lg \left(\frac{P_{RT}}{P_{Sig}} \right),$$

където P_{RT} е мощността на сигнала на остатъчната носеща, а P_{Sig} – мощността на DVB сигнала.

Вектор-диаграмата на QAM сигнал с недостатъчно подтиснат носещ сигнал се характеризира с това, че I/Q точките са равномерно преместени в хоризонтална или във вертикална посока.

Коефициент на модулационната грешка

Параметърът MER обхваща всички параметри на вектор-диаграмата. На практика това е параметърът, който се контролира при QAM вектор-диаграмата. За изчисляване на MER се определя и пресмята влиянието на вектора на грешката за всяка I/Q точка:

$$(8.10) \quad MER = 10.10 \lg \left(\frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right), dB.$$

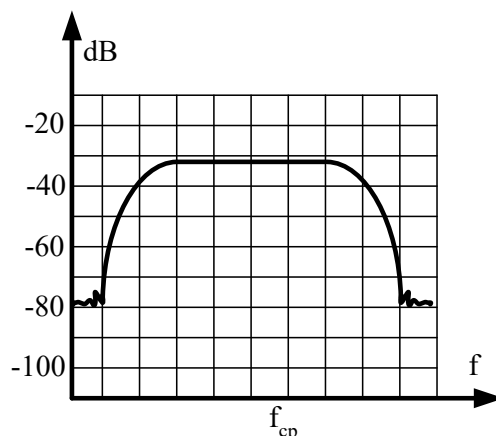
В таблица 8.6 са дадени стойностите на MER при 64QAM и съответното качество на сигнала. Счита се, че за DVB-T стойността на MER е добра, когато $MER > 35$ dB.

Таблица 8.6. Стойност на MER и качество на сигнала при 64-QAM

Стойност на MER, dB	Качество
$MER > 40$	Много добро
$36,5 > MER > 32$	Добро
$32 > MER > 28$	Нормално
$28 > MER > 26$	Допустимо
$26 > MER$	Лошо

8.7. Измерване на мощността

Исходната мощност на аналоговите телевизионни предаватели се измерва по време на предаване на редовите синхронизиращи импулси и се дава като ефективна върхова мощност на синхронизирания импулс. В цифровата телевизия се предава фазово или амплитудно и фазово модулиран цифров поток, спектралната енергия на който предварително е изравнена в честотната лента на канала за връзка. Преди модулацията цифровият поток се пропуска през филтър. В резултат на всичко това мощността на сигнала е равномерно разпределена в честотната лента на канала за връзка (фиг. 8.12) и следователно може да се измери само общата средна мощност в целия честотен канал.



Фиг. 8.12. Равномерно разпределение на мощността на DVB сигнала в канала за връзка

Съществуват два метода за измерване на изходната мощност на предавателните устройства - термичен метод и с използването на спектроанализатор.

Термичният метод може да се използва, когато в изхода на предавателя съществува спектъра само на един DVB канал. Измерването става с DVB измервател на мощност посредством специална термична измервателна глава, на която се подава изходният сигнал на измерваното крайно стъпало. Важно условие при измерването е в изходния DVB сигнал да не съществува постоянна съставна.

Честотният обхват на термичната измервателна глава като правило е много широк – от постоянна съставна до няколко десетки гигагерца. Точното калибриране на главата става с постоянен ток.

Съвременните прецизни спектроанализатори имат възможност да измерват средната мощност на сигнала в зададени честотни граници. За целта с маркер се задава долната и горната честотна граница на DVB канала. В спектроанализатора се пресмята и се изписва на екрана средната мощност на сигнала в този честотен канал.

Използването на спектроанализатор за определяне на средната изходна мощност е подходящо за случаите, когато изходният сигнал обхваща повече от един DVB канал.

Г л а в а 9

СИСТЕМА ЗА ВИДЕОСТРИЙМ И ПЛЕЙАУТ НА ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ СИГНАЛИ

Нуждата от следене на голям брой видео сигнали идващи от различни източници в сателитните центрове за управление и пренос на сигнали (Transmission headend monitoring facilities), контролните зали в центровете за излъчване (Master control rooms), подвижните телевизионни станции (DSNG OB VAN) и продукционните апаратни (Production control rooms) е накарало индустрията да разработи многокомпонентна технология наречена Система за мониторинг (Multiviewer Monitoring System).

Основното предназначение на системата е да консолидира множество видео сигнали от различни входове и да ги покаже на един изход, който може да бъде монитор, STB приемник или транспортен стрийм за наблюдение с различни софтуерни приложения. Друго основно предназначение е визуалното следене на съответния видеосигнал на входовете, което служи за превключвания при живи предавания, установяване на проблеми с картината, проверки за отпадане на сигнал.

Системата също дава възможност на наблюдаващия оператор да следи различни показатели в параметрите на входящите сигнали и да бъде уведомяван за отклонение в зададените параметри за наблюдение. Възможна е и конфигурация на различен тип аларми при промяна на параметрите за наблюдение, които да бъдат пращани автоматично на отговорните за входящите сигнали технически лица.

С развитието на нов тип протоколи в стрийминг технологията като SRT (Secure Reliable Transport) вече е възможно дистанционно наблюдение на изхода от системата за мониторинг през публичен интернет на криптиран изходен стрийм с високо качество на видеото. От бизнес гледна точка това позволява на мултимедийни компании излъчващи телевизионни канали в различни държави и ползващи множество датацентрове за колокация, да имат един централизиран екип и едно съоръжение за наблюдение на каналите си, като само инсталират и настройват системата за мониторинг в съответния датацентър.

В изграждането на конкретната система за мониторинг именно SRT протокола използван за изходния сигнал играе ключова роля при проектирането, при избирането на оборудване и софтуер и при начина на конфигурация. Разпространението на изходния сигнал през публичен интернет е важен икономически фактор в проекта, понеже спестява наем на оптично трасе и човешки ресурс от страна на датацентъра в който е разположена системата за наблюдение.

9.1. Стандарти за интерфейси и протоколи за плейаут на телевизионно съдържание

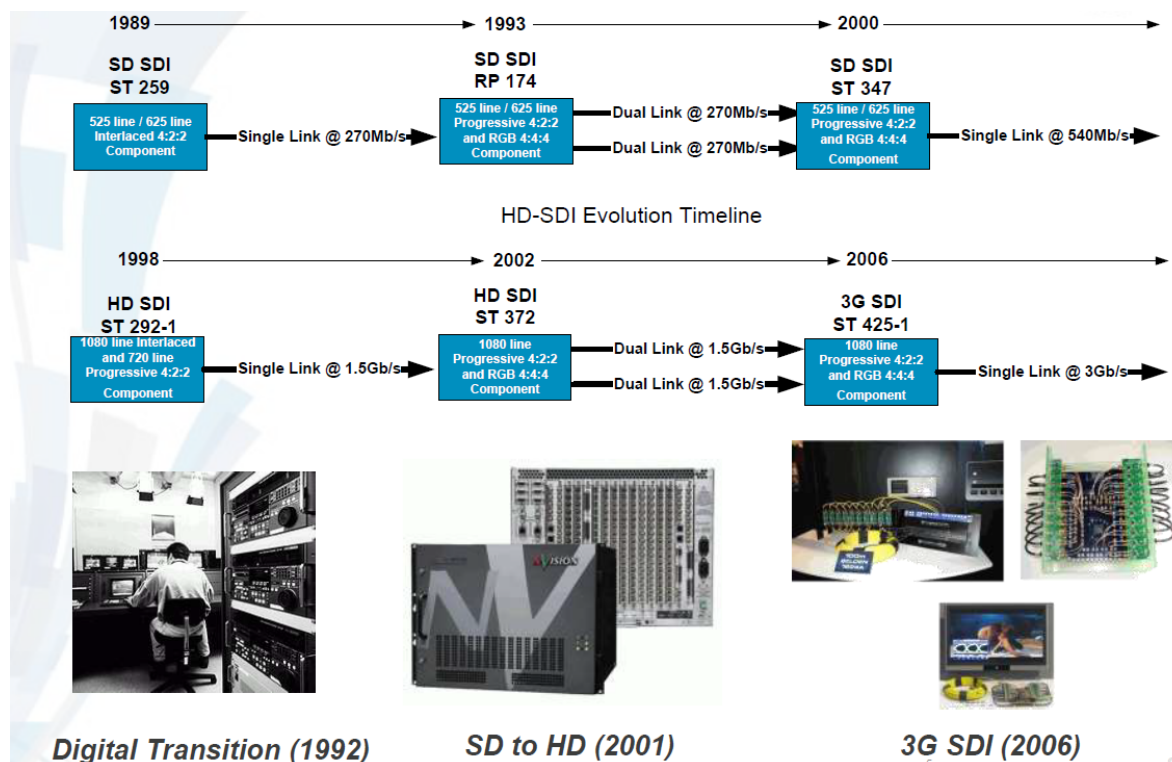
В проекта са използвани три вида сигнал, чийто стандарти ще разгледаме в текущата глава – SDI, UDP, SRT.

9.1.1. *Serial digital interface -SDI*

Професионалната асоциация на обществото на кино и телевизионните инженери (Society of Motion Picture and Television Engineers), известно като SMPTE създава и сертифицира редица стандарти в кино и телевизионната индустрия. През 1989 година SMPTE стандартизира Serial Digital Interface ползван и до днес в своите разновидности под абривиатурата SDI. Стандартът е широко приет от индустрията и се използва за предаване на некомпесиран, некодирен цифров видео сигнал предимно в телевизионни студиа и съоръжения. Най-важния параметър на SDI е битрейта (bitrate), той описва скоростта на битовете прехвърлящи се от един до друг източник или казано с други думи измерва колко данни се предават за даден период от време. Най-често битретите се измерват в битове в секунда (bps), килобити в секунда (Kbps), мегабити в секунда (Mbps) или гигабити в секунда (Gbps). SDI семейството съдържа следните утвърдени стандарти:

- SD-SDI (SMPTE 259M)
- ED-SDI (SMPTE 344M)
- HD-SDI (SMPTE 292M)
- Dual Link HD-SDI (SMPTE 372M)
- 3G-SDI (SMPTE 424M, 424M:2012)
- 6G-SDI (SMPTE ST-2081)
- 12G-SDI (SMPTE ST-2082)

Фиг. 9.1 проследява историческия контекст в развитието на двата от най-ползваните индустрията стандарта SD-SDI и HD-SDI:



Фиг. 9.1. Развитие на SDI линковете и трансформация от SD (Standard Definition) към HD (High Definition)

Тъй като в конкретния проект ще бъде ползван HD-SDI (SMPTE 292M), ще разгледаме по-подробно неговата спецификация.

Стандартът SMPTE 292 поддържа 1.5 Gbit / s интерфейс. Определени са два точни битрета; 1.485 Gbit / s и 1.485 / 1.001 Gbit / s. Коефициентът 1 / 1.001 е осигурен, за да позволи SMPTE 292 да поддържа видео формати с честота на кадрите от 59,94 Hz, 29,97 Hz и 23,98 Hz, за да бъде съвместим със съществуващите NTSC системи. Версията на стандарта 1.485 Gbit / s поддържа други честоти на кадрите в по-широко приложение, включително 60 Hz, 50 Hz, 30 Hz, 25 Hz и 24 Hz.

Стандартът също така определя номинални битрети от 3 Gbit / s за 50/60 кадъра в секунда 1080P приложения. Тази версия на интерфейса не се използва (и не е реализирана в търговската мрежа); вместо това се използва или разширение с двойна връзка на SMPTE 292M, известно като SMPTE 372, или версия, която работи два пъти по-бързо, известна като SMPTE 424, за 1080p60 приложения.

Версията на стандарта 1.485 Gbit поддържаща честота на кадрите 50 Hz е описана и утвърдена от Европейският съюз за радио и телевизия (European Broadcasting Union - EBU) в документа EBU – TECH 3299 от 22 Януари 2010г.

Този документ уточнява основните формати на изображенията и цифровите системи в Телевизията с висока разделителна способност (High-definition television - HDTV) в европейската 50 Hz среда и признава четири HDTV формата наречени системи за Европа:

- Система 1 (S1) с 1280 хоризонтални и 720 вертикални активни линии в прогресивно сканиране с честота на кадрите от 50 Hz, съотношение на страните 16: 9. Съкратено 720p / 50.
- Система 2 (S2) с 1920 хоризонтални и 1080 вертикални активни линии в презредово сканиране с честота на кадрите от 25 Hz, съотношение на страните 16: 9. Съкратено 1080i / 25.
- Система 3 (S3) с 1920 хоризонтални и 1080 вертикални активни линии в прогресивно сканиране с честота на кадрите от 25 Hz, съотношение на страните 16: 9. Съкратено 1080p / 25.
- Система 4 (S4) с 1920 хоризонтални и 1080 вертикални активни линии в прогресивно сканиране с честота на кадрите от 50 Hz, съотношение на страните 16: 9. Съкратено 1080p / 50.

За целите на проекта ще бъде ползвана система 2 – 1080i със следните параметри на сигнала указани в Таблица 9.1:

Таблица 9.1 EBU Спецификация 1080i

EBU Система	Номен-клатура	Luma или R'G'B' на активна линия (S/AL)	Активни линии на кадър (AL/F)	Кадрова честота, Hz	Luma или R'G'B' честота (fs), MHz	Luma период за линия (S/TL)	Общ брой линии на кадър	Нетна скорост на изображение-то (4:2:2, 10 bit) [Gbit/s]	Съответстваща номенклатура в SMPTE
S2	1080i/25	1920	1080	25(50 Hz)	74.25	2640	1125	1.04	SMPTE 274 System 6

Сигнала от система S2 се разпространява по едноканален HD-SDI линк работещ с номинална битова скорост от 1.485 Gbit / s при 8-битова и 10-битова резолюция, като за целта се ползва 75 Ω коаксиален кабел с BNC конектори (фиг. 9.2), обикновено RG-6.



Фиг 9.2. 75 Ω коаксиален кабел с BNC конектори

9.1.2. User datagram protocol - UDP

За разлика от описания горе SDI стандарт, който се използва предимно в телевизионната индустрия и в по специфична среда и съоръжения, UDP принадлежи към новата среда за разпространение на сигнали в компютърни мрежи, базирана на TCP/IP интернет протоколите.

Тези протоколи са е концептуален модел на семейство от протоколи за комуникация между компютрите, който се използва в Интернет и в почти всички други съвременни компютърни мрежи. Моделът TCP/IP е създаден през 1980 г. заради необходимостта от единен начин за комуникация между компютрите, като по този начин предоставя възможност мрежите да бъдат свързвани помежду си. В модела TCP/IP информацията се пренася под формата на пакети. Всеки пакет се състои от 2 части – заглавна част хедър (header) и данни. Често е наричан Интернет модел, а в ранните години на Интернет и DoD модел, тъй като разработването на мрежовия модел е финансирано от агенция на Министерство на отбраната на САЩ.

Моделът TCP/IP се състои от протоколи, които са групирани на базата на предназначението си в четири „слоя“ (layers):

- Приложен слой (Application layer) - отговаря за съхраняването на данните, които са специфични за определен приложен софтуер. Протоколи: HTTP, FTP, DNS, IRC, IMAP, SMTP, POP3, TLS/SSL, SSH, Telnet.
- Транспортен слой (Transport layer) - транспортният слой отговаря за начина на транспортиране на информацията – обикновено тя трябва да бъде разделена на части наречени пакети, за да може да бъде пренесена по мрежата. Протоколи: TCP, UDP, RTP, SRT.
- Мрежови слой (Network/Internet layer) – през мрежовия слой пакетите с данни се транспортират между различните мрежови устройства и достига до предназначения крайно устройство. Протоколи: IP, ICMP, IPsec.
- Канален слой (Physical layer) - Той е комбинация между каналния и физическия слой на OSI модела. Протоколи: ARP, MAC, NDP.

По същество пакетът комуникационни протоколи TCP/IP е практическо приложение на OSI модел, както може да видим в таблица 9.2.

Таблица 9.2. Съпоставка на слоевете от TCP/IP модела със слоевете на OSI модела

TCP/IP	OSI Model	Protocols
Application Layer	Application Layer	DNS, DHCP, FTP, HTTPS, IMAP, LDAP, NTP, POP3, RTP, RTSP, SSH, SIP, SMTP, SNMP, Telnet, TFTP
	Presentation Layer	JPEG, MIDI, MPEG, PICT, TIFF
	Session Layer	NetBIOS, NFS, PAP, SCP, SQL, ZIP
Transport Layer	Transport Layer	TCP, UDP
Internet Layer	Network Layer	ICMP, IGMP, IPsec, IPv4, IPv6, IPX, RIP
Link Layer	Data Link Layer	ARP, ATM, CDP, FDDI, Frame Relay, HDLC, MPLS, PPP, STP, Token Ring
	Physical Layer	Bluetooth, Ethernet, DSL, ISDN, 802.11 Wi-Fi

UDP протокола е проектиран от Дейвид П. Рийд през 1980 г. С този протокол компютърните приложения могат да изпращат съобщения наричани дейтаграми, до други приложения и програми в същата IP мрежа. Приложенията изискващи съобщенията и информацията в потоците от данни трябва да ползват TCP протокола за пренос на данни.

UDP не осигурява повторно предаване на дейтаграмите при съобщение за грешка и затова приложението, което използва UDP трябва да има вградена надеждна проверка. UDP използват номера на порта на получателя, за да демултиплексира данните от IP модула. Полето за дължина (UDP length) задава в брой байтове общата дължина на заглавната част

и на данните в UDP дейтаграмата. Минималната му стойност е 8, което съответства на UDP дейтаграма, състояща се само от заглавна част. Информацията в това поле се дублира, тъй като дължината на IP дейтаграмата е известна от нейната заглавна част, а дължината на UDP дейтаграмата е равна на тази на IP минус дължината на заглавната част на IP дейтаграмата. Контролната сума (UDP checksum) се изчислява върху псевдо-заглавието, заглавната част и данните на UDP дейтаграмата. Поддържането в заглавната част на UDP на това поле не е задължително за разлика от TCP. Ако то не се използва, стойността му е нула. Принципът за изчисляване на контролната сума на UDP дейтаграмата е подобен на този за преместване на контролните суми на TCP сегмента. Модулите и на двата транспортни протокола използват при пресмятането на контролната сума, така наречената псевдо-заглавна част (Pseudo-header). Псевдо заглавието на UDP дейтаграмата е със същия формат като на TCP, с тази разлика, че в полето протокол е записана стойност 17. Псевдо заглавната част включва някои полета от заглавната част на IP дейтаграмата. По този начин се извършва двойна проверка дали данните са пристигнали на коректния адрес, тоест че IP протокола не е приел дейтаграмата, която е предназначена за друг хост и IP не е предал към UDP дейтаграма, предназначена за друг по-горен слой. Ако изчислимата контролна сума е 0, то тя се записва в дейтаграмата като единични битове. Ако предадената контролна сума е 0, това означава че изпращачът не е пресметнал контролната сума. Ако изпращача е пресметнал контролната сума и получателя открие грешка, UDP дейтаграмата се отхвърля, без да се изпраща съобщение за грешка към източника. Това намалява надеждността, но също така намалява служебния трафик между източника и приемника. Контролната сума на UDP дейтаграмата е контролна сума „от край до край”. Тя се изчислява от изпращача и се проверява от получателя. Независимо, че контролната сума в UDP протокола е опция, е желателно тя винаги да се пресмята, тъй като в противен случай не могат да се откриват грешки в дейтаграмата.

Таблица 9.3. Полета в UDP протокола.

Таблица 2.3. Полята в SDT протокола					
0	7 8	15	16	23 23	31
Номер порт на източника			Номер порт на получателя		
Дължина			Контролна сума		
Данни					

9.1.3. Secure Reliable Transport - SRT

Безопасен надежден транспорт (SRT) е безплатен протокол за видео транспорт с отворен код, който поддържа ниско закъснение, и транспортира видео с висока стрийминг производителност през шумни и непредвидими мрежи като обществения интернет.

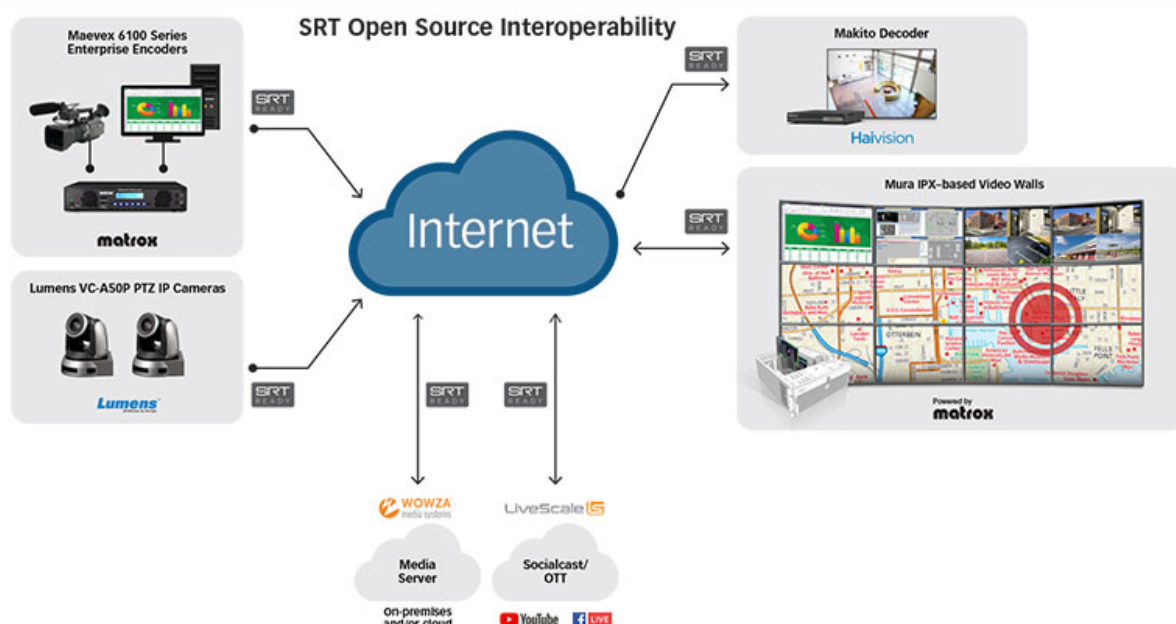
Този тип протокол е разработен първоначално от американската компания Haivision основана през 2004 г. специализирана в технологиите за кодиране на видео. Референтното изпълнение на протокола първоначално е лицензирано под така наречения общ публичен лиценз - LGPL (GNU Lesser General Public License) от организацията Free Software Foundation, но през Март 2018 е релицензиран под Mozilla Public License (MPL) друг безплатен отворен код софтуерен лиценз на Mozilla Foundation собственик на браузъра Mozilla Firefox.

Според SRT Alliance, организацията, която популяризира SRT стрийминг технологията, тя има 3 основни предимства:

- Високо начално и крайно качество на картината поради механизма за защита се от трептене, загуба на пакети и колебание на честотната лента.
- Ниска латентност (забавяне), (eng. -low latency) - конфигурируемо управление на транспортните потоци, позволяващо преодоляване на мрежовите предизвикателства.
- Високо ниво на защита - 128/256 битово AES криптиране от край до край, което гарантира, че съдържание е защитено по време на разпространението.

SRT стрийминг технологията е успяла да оптимизира поточната производителност в непредсказуеми мрежи, като Интернет, чрез динамично адаптиране към условията в реално време на мрежата между транспортните крайни точки. Това помага да се минимизират ефектите от трептене и промените в честотната лента, докато механизмите за коригиране на грешки помагат да се сведе до минимум загубата на пакети. SRT използва технология за повторно предаване, известна като адаптивно повтаряща се заявка (Adaptive Repeat request - ARQ). ARQ е оптималният метод за справяне с най-често срещаните грешки при предаване на видео и аудио данни по интернет, като случайни прекъсвания на загубени пакети. ARQ работи, като първо установява двупосочна връзка между източника и крайната точка. Всеки пакет данни има уникален пореден номер. Получателят използва тази последователност, за да определи дали всички пакети са получени правилно и в правилния ред. Ако пакетите липсват или съдържат грешки, получателят създава списък на тези последователни номера и автоматично изисква от подателя да препредаде само пакетите от списъка.

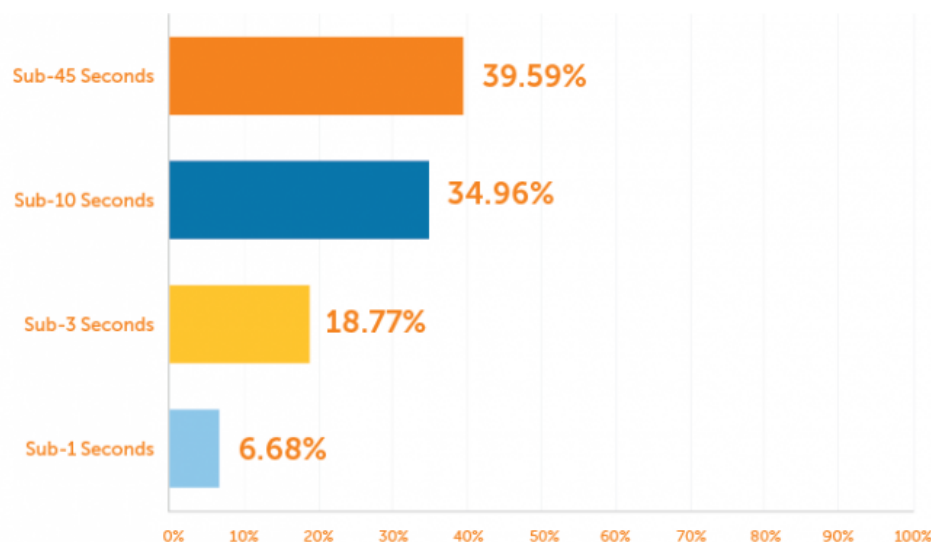
На Фиг. 9.3. е показана схема за предаване на сигнал между две отдалечени локации през публичен интернет, ползващи SRT протокола чрез стрийминг приложение на Wowza в началната точка и Haivision декодер в точката на приемане.



Фиг. 9.3. Схема за предаване на сигнал между две отдалечени локации през публичен интернет, ползващи SRT протокола чрез стрийминг приложение на Wowza в началната точка и Haivision декодер в точката на приемане

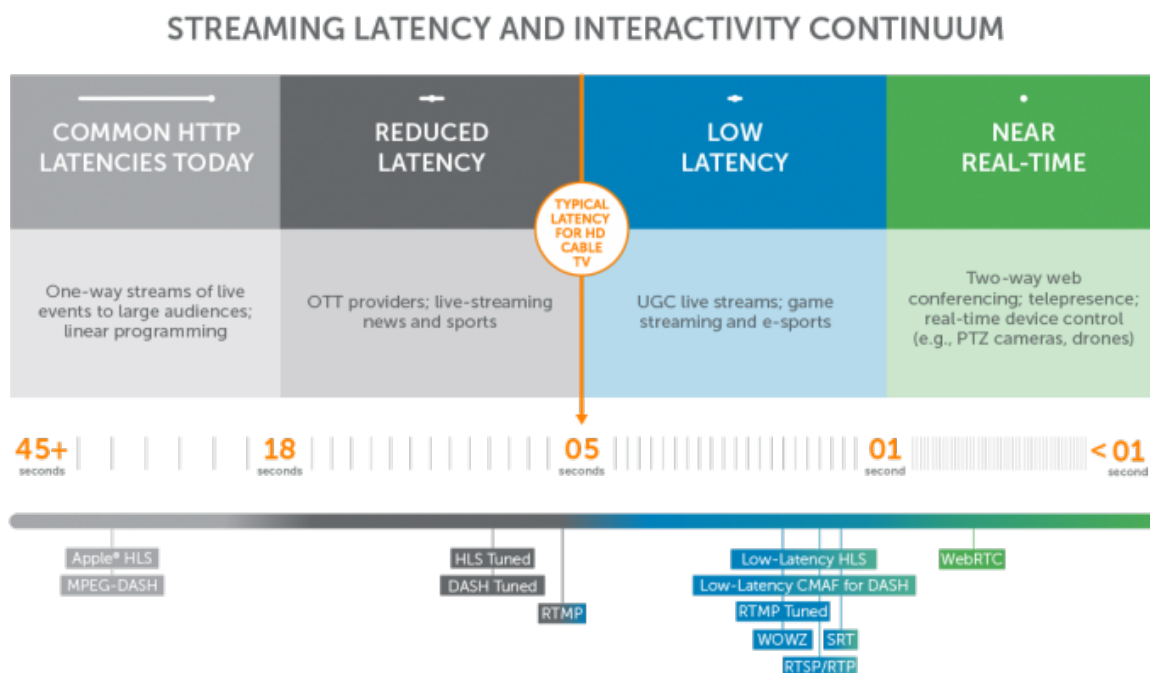
Латентността описва забавянето между момента на предаване на транспортния поток до момента на показване на устройството на зрителя. Преминаването на пакетите от данни от едно място на друго отнема време, така че латентността се влияе и се натрупва във всяка отделна стъпка от предаването и разпространението на стрийминг пакетите.

Традиционните кабелни и сателитни излъчвания се гледат с около пет секунди закъснение зад събитието на живо. Проучване на Wowza Media Systems (Фиг. 9.3), водещ лидер в стрийминг технологиите, публикувано през септември 2019 направено измежду 391 радио и телевизионни оператора по целия свят, в индустрии, вариращи от спортни събития и събития на живо до радио, игри и всичко между тях, посочва че те изпитват забавяне в диапазона 10-45 секунди, което извиква острата нужда от технология с ниска степен на забавяне.



Фиг. 9.4. Време закъснения на телевизионното излъчване

В категорията за ниска, ултра ниска латентност и почти в реално време (Фиг. 9.5), която влиза в рамките на по-малко от една секунда се нарежда и SRT протокола.

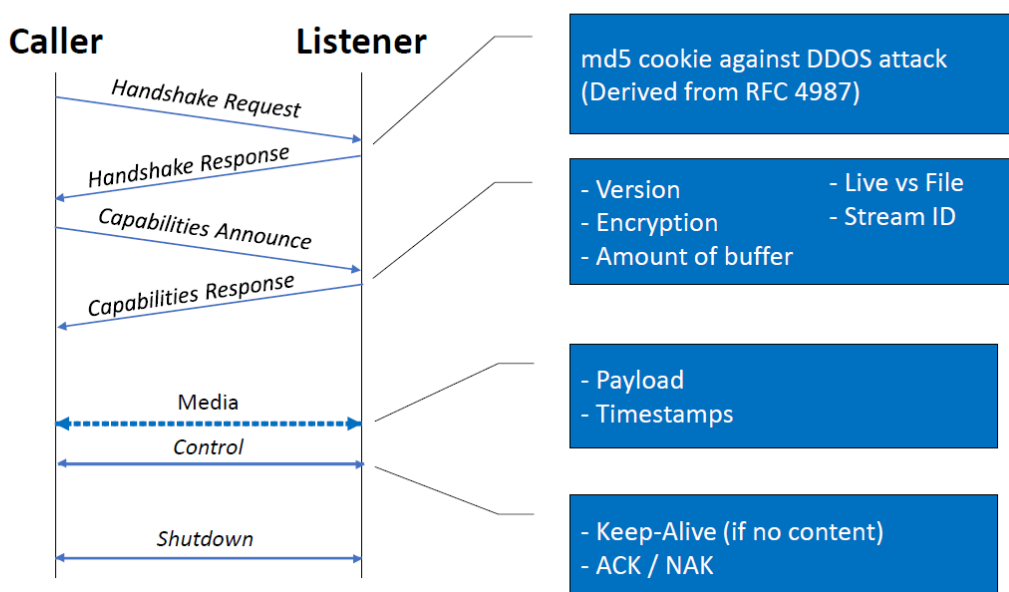


Фиг. 9.5. Сравняване на латентност между протоколите

SRT протокола поддържа криптиране от край до край (End-to-end encryption E2EE) със стандарта за криптиране AES (Advanced Encryption Standard) при който байтовете на входното съобщение „просто текст“ (plaintext) се записват в матрица, за да бъдат трансформирани и криптирани в изходен резултат „шифрован текст“ (ciphertext) и предадени в шифроващ ключ, който има различна дължина според броя на повторенията на криптирането. Декриптирането представлява извършване на криптиращите операции в обратен ред. SRT AES криптираните потоци гарантират достъп до корпоративните мрежи базиран на концепцията caller/listener handshake (Фиг. 9.6). В процесът на ръкостискане (handshake), използван от SRT, идеята е че двете страни – SRT стрийма и защитните устройства в

съответните мрежи в които трябва да достигне транспортния поток са установили набор от параметри, които в случай на отваряне на TCP връзка, са началните последователни номера, които двете страни планират да използват за съответните им байтови потоци. Първо, SRT (активният участник) изпраща сегмент до мрежовото устройство (пасивният участник), като посочва първоначалния пореден номер, който смята да използва (Flags = SYN, SequenceNum = x). След това пасивният участник отговаря с един сегмент, който и двата потвърждава поредния номер на активния участник (Flags = ACK, Ack = x + 1) и заявява свой собствен начален пореден номер (Flags = SYN, SequenceNum = y). Тоест, както битовите SYN, така и ACK са зададени в полето Flags на това второ съобщение. Накрая активния участник отговаря с трети сегмент, който разпознава поредния номер на пасивния участник (Flags = ACK, Ack = y + 1). Причината, поради която всяка страна разпознава пореден номер, който е един по-голям от изпратения, е, че полето за потвърждение всъщност идентифицира „следващия очакван пореден номер, като по този начин имплицитно потвърждава всички по-ранни поредни номера.

Handshake Flow



Фиг. 9.6. SRT AES криптираните потоци, базирани на концепцията caller/listener handshake

По този начин SRT признава и поддържа съществуващите корпоративни политики за сигурност, като позволява изходящите и входящи връзки без да изисква постоянно отваряне на външни портове в защитните устройства на корпоративните мрежи.

9.2. Структура, особености на средата, интерфейса

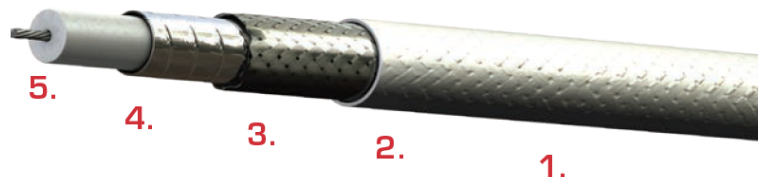
В текущата глава ще разгледаме два типа среди и инфраструктурата им необходима за разпространението на описаните в първа глава сигнали, това са SDI и LAN. Описанието им е съобразено с използваните в практическата част устройства и компоненти и е само част от възможните сценарий за ползване на SDI и LAN архитектурите.

9.2.1. Компоненти на SDI архитектурата

9.2.1.1 Кабели

Както вече споменахме в първа глава HD-SDI сигнала се разпространява по едноканален HD-SDI линк представляващ 75 Ω коаксиален кабел RG-6 с ниска загуба на видеото до номинално максимално разстояние от около 100 метра. Ограничението на

разстоянието възниква когато възприеманият компонент на трептене на сигнала, получен от приемника, нарушава способността му да разпознава и реконструира битовите преходи. Коаксиалния кабел е съставен от пет компонента (Фиг. 9.7):



Фиг. 9.7. Екраниран коаксиален кабел

1. Изолационна обвивка.
2. Калайдисана медна плътка.
3. Сребърна медна спирална лента.
4. Пенен флуорополимерен диелектрик.
5. Медна сребро.

Обхватът на работа за HD-SDI приемник е посочен в стандарта SMPTE 292M до най-малко -20 dB при половината от тактовата честота на данните или около 743 MHz. Следователно, стандартното цифрово предаване от 0,800 волта може да бъде отслабено до 0,080 волта или 80 миливолта, като същевременно работи надеждно. Висококачествен приемник може да възстанови HD-SDI сигнала на ниво от -30 dB или 70 mV. За да извърши изчисление на загубата по SDI кабел, производителите търсят затихването в dB при 743 MHz или честота, много близка до тази стойност, в таблицата на загубите на спецификации на кабела. Загубата на кабелите се основава на дължина 100 метра в зависимост от използваната колона на диаграмата (таблица 9.4). Разделя се разстоянието на кабела на 100 и се умножава по dB стойността, за да постигнете общото затихване в dB за един цикъл.

Таблица 9.4

Application	SMPTE 259								SMPTE 292	
	Level A		Level B		Level C		Level D			
	NTSC 4fsc Composite		PAL 4fsc Composite		525/625 Component		525/625 Component		HDTV	
Data Rate in Mbps (clock)	143		177		270		360		1485	
1/2 Clock Rate in MHz	72		89		135		180		743	
Extron Cable Product	Feet	Meters	Feet	Meters	Feet	Meters	Feet	Meters	Feet	Meters
MHR 26 AWG (22-020-xx)	583	178	531	162	428	130	365	111	94	29
M59, 24 AWG (22-127-xx)	813	248	736	224	600	183	519	158	150	46
RG59, 20 AWG (22-124-xx)	1034	315	944	288	801	244	687	209	188	57
RG6 18 AWG (22-098-xx)	1406	429	1274	388	1067	325	915	279	285	87

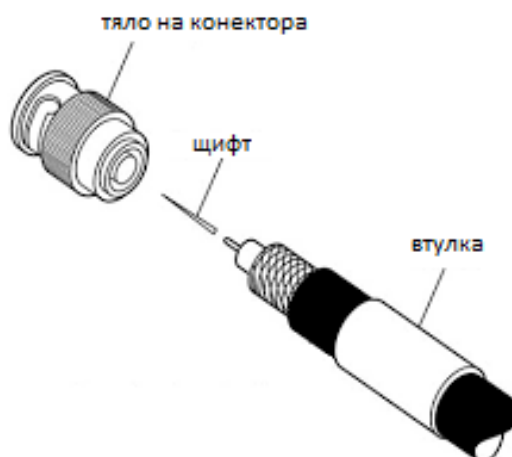
SDI сигнала може да се предава и по оптичен кабел за почти неограничени разстояния, но това не е често ползване практика поради утежняване на необходимата инфраструктура и нуждата от допълнителни устройства.

9.2.1.2. Конектори и интерфейси

Технически погледнато дотук, 75Ω коаксиален кабел пренася HD-SDI сигнал. За разпространението обаче, трябва да имаме подходящите конектори и интерфейси за свързване на кабела носещ сигнала с устройствата, които предават и получават сигнала. За тази цел индустрията ползва коаксиални BNC (Bayonet Neill–Concelman) конектори и интерфейси (Фиг. 9.8) За свързване (терминирание) на коаксиалния кабел се ползват така наречените байонет конектори свързващи се с компонентите на кабела (Фиг. 9.3).



Фиг. 9.8. Стандартен BNC конектор



Фиг. 9.9. Свързване на стандартен BNC конектор към $75\ \Omega$ коаксиален кабел RG-6

Финалният резултат на терминирането е коаксиален кабел два мъжки (male) BNC конектора (Фиг. 9.10) .



Фиг. 9.10

Както споменахме вече по-горе терминирания коаксиален кабел пренася HD-SDI сигнала между устройства с SDI интерфейси. На практика SDI интерфейсите на приемопредаващите устройства са женски (female) BNC конектори (Фиг. 9.10), интегрирани в различен тип входно-изходни карти.



Фиг. 9.11

Стандартния BNC конектор има като недостатък външния си диаметър - 14.5 мм за male и 11.1 мм за female конектори, което ограничава възможния максимален брой конектори, които могат да бъдат интегрирани в карта на входно-изходно устройство за SDI сигнал. Поради това ограничение се разработва серия mini BNC конектори (Фиг. 9.12), които са по-малка версия на стандартния BNC с диаметър на male конектора 11.1мм (Фиг. 9.13) и 7.49мм на female конектора (Фиг. 9.14).



Фиг. 9.12. Съпоставяне на стандартен BNC с mini BNC



Фиг. 9.13. Mini BNC male



Фиг. 9.14. Mini BNC female

Mini BNC стандарта вече позволява по-голям брой входно – изходни интерфейси на единична карта, предимство ползвано при направата на устройства обслужващи разпространението на множество сигнали в тази среда.

9.2.1.3. Входно-изходни устройства

Разгледаните вече в предишните точки на главата кабели и интерфейси са основната част на средата за разпространение на HD-SDI. За да се разпространява даден сигнал в определена среда обаче трябва да има още два важни компонента - източник на сигнала и получател на сигнала.

Както вече споменахме SDI интерфейсите на приемо-предаващите устройства са женски (female) BNC конектори. Те са част от конструкцията специални платки налични в устройствата поддържащи SDI на вход и изход. Източниците на SDI сигнала са разнообразни в зависимост от средата в която се ползва. В студийна среда например източник на сигнала е видеокамерата (Фиг. 9.15), която вместо да записва изображението минало през обектива и сензорите на носител, го предава като некомпесирано видео през SDI изход към друго входящо устройство, най-често видео миксер (Фиг. 9.16) поддържащ множество входи и изходи за управление на сигнала.

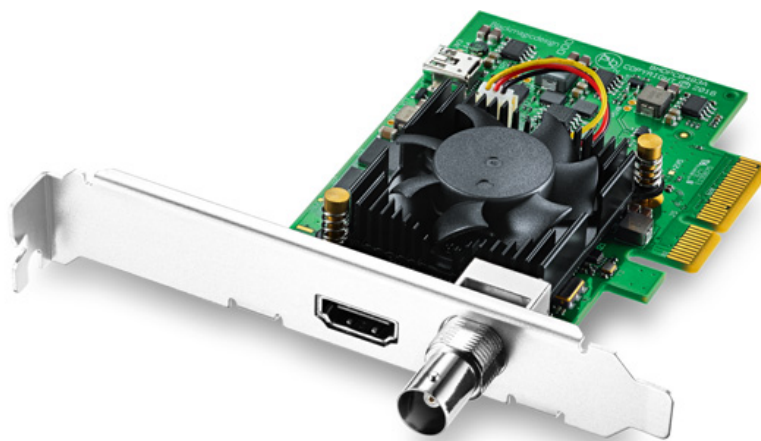


Фиг.9.15. Видеокамера Canon със SDI изходи.



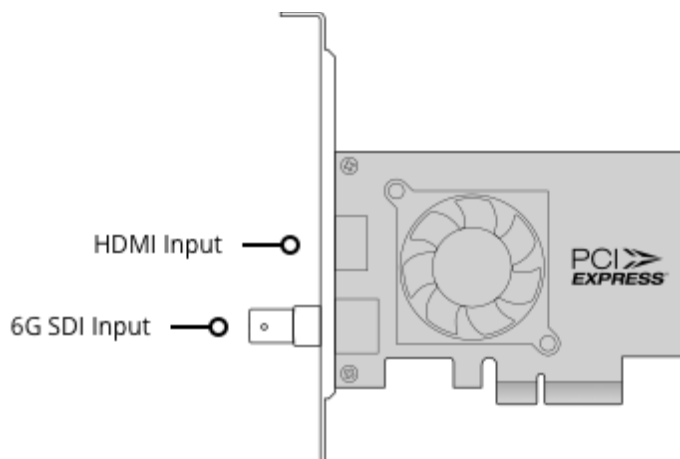
Фиг. 9.16. Продукционен видео миксер Panasonic с множество SDI вход/изходи

Студийния SDI сигнал след видео миксера в повечето случаи се подава като входен сигнал на видео сървър излъчващ телевизионния канал, за да се извърши превключване между сигнала от студиото и останалата част на телевизионната програма. За получаване на SDI сигнала като входящ е нужна SDI карта, която е част от хардуера на дадения видео сървър. На Фиг. 9.17 е показана такава карта, модел Decklink на BlackMagic design поддържаща един SD/HD превключваем 10-bit видео вход с осем канала вградено аудио. Картата може да се монтира на дънна платка поддържаща PCI express шина, съвместима с 4,8 или 16 ленти за предаване на данни .



Фиг. 9.17. DeckLink Mini Recorder 4K

Този модел има и допълнителен HDMI вход, който може да бъде конфигуриран за приемане на 10-bit SD, HD или Ultra HD сигнал.

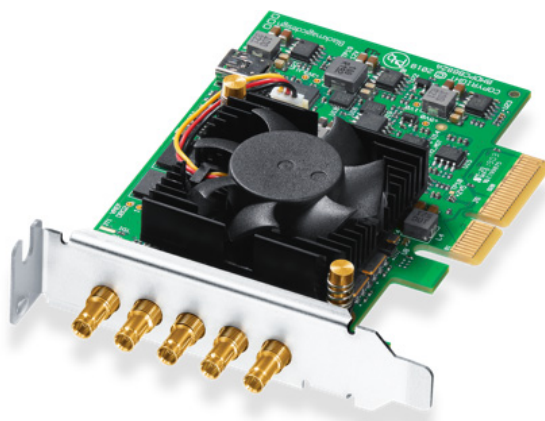


Фиг. 9.18. Входящ интерфейс.

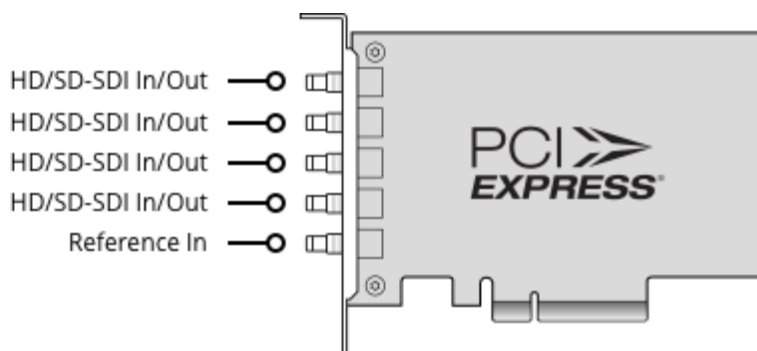
Картата може да работи под различни операционни системи - Windows, MAC OSX, Linux. По този начин се осигурява възможност на различни софтуерни приложения да използват входящия SDI сигнал.

Много от SDI картите имат възможност за конфигуриране на BNC интерфейса като вход или изход с което оптимизират броя на устройствата в SDI инфраструктурата нужна за изпълнение на даден проект. Те са част от групата на професионалните устройства ползвани в центровете за излъчване (playout centers) и сателитните центрове за управление и пренос на сигнали.

Такъв модел карта, ползващ mini BNC интерфейс - DeckLink Duo 2 Mini е показан на фиг. 9.19. При този модел са възможни четири конфигурируеми SDI вход/изходи. Това са така наречените двупосочни (bi-directional) интерфейси (Фиг. 9.20), поддържащи 12-bit SD/HD сигнал с 16 канално вградено в сигнала некомпесирано аудио.



Фиг. 9.19. DeckLink Duo Mini.



Фиг. 9.20. Входно-изходни mini BNC интерфейси.

Картата има също и допълнителен референтен SDI вход служещ за синхронизация с други устройства със SDI интерфейс. Чрез софтуерен драйвер се поддържа широк обхват от SD и HD стандарти - 525i59.94 NTSC, 625i50 PAL, 720p50, 1080p25, 1080p29.97, 1080PsF30, 1080i50, 1080i59.94, 1080i60. Друга много полезна функция на картата е така наречения UP/DOWN conversion, което означава че картата може да прави upscale на SD сигнал към HD, както и downscale на HD сигнал към SD.

9.2.2. Компоненти на LAN архитектурата

В тази точка ще разгледаме LAN архитектурата като среда за разпространение на стрийм сигнали предадени или получени чрез TCP IP интернет протоколи в локална мрежа и по специално най-популярната LAN технология – Ethernet.

Тя е базирана на стандарта IEEE 802.3, който дефинира мрежа, реализираща метода на достъп CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) и използваща теснолентово предаване по коаксиален кабел или кабел с усукана двойка, разположени топологии на свързване. Стандартните скорости на трансфер са 10 Mbps, 100 Mbps или 1000Mbps. Технологията е популярна, защото постига добър баланс между скорост, цена и лекота на инсталиране. Тези предимства, съчетани с широкото приемане на пазара на компютри и възможността да се поддържат почти всички популярни мрежови протоколи, превръщат Ethernet в идеална мрежова технология за повечето компютърни потребители днес.

9.2.2.1. Видове Ethernet:

2.2.1.1 Fast Ethernet

Стандартът за бърз Ethernet (IEEE 802.3u) е създаден за Ethernet мрежи, които се нуждаят от по-висока скорост на предаване. Този стандарт повишава ограничението на скоростта на Ethernet от 10 Mbps до 100

Mbps само с минимални промени в съществуващата структура на кабелите. Fast Ethernet осигурява по-бърза пропускателна способност на видео, мултимедия, графика, сърфиране в Интернет и по-точно откриване и коригиране на грешки.

9.2.2.1.2 Gigabit Ethernet

Gigabit Ethernet (GbE или 1 GigE) масово използван в днешните мрежи за предаване на данни със скорост от гигабит в секунда (1 милиард бита в секунда). Най-популярният вариант 1000BASE-T е определен от стандарта IEEE 802.3ab. Влиза в употреба през 1999 г. и заменя Fast Ethernet в кабелни локални мрежи поради значително подобрене на скоростта в сравнение с Fast Ethernet, както и използването на кабели и оборудване, които са широко достъпни, икономични и подобни на предишните стандарти.

9.2.2.1.3 10 Gigabit Ethernet - най-новият и най-бърз от Ethernet стандартите. IEEE 802.3ae-2002 стандарта дефинира номинална скорост 10Gbits / s, което го прави 10 пъти по-бърз от Gigabit Ethernet. 10 Gigabit Ethernet дефинира само пълнодуплексни връзки от точка-точка, които обикновено са свързани чрез мрежови комутатори. Подобно на предишните версии на Ethernet, 10GbE може да използва така наречения меден кабел. Максималното разстояние с такъв кабел е 100 метра, но поради изискванията за широчината на честотната си лента се изискват кабели от по-висок клас. В Таблица 9.5 е направена съпоставка на видовете Ethernet:

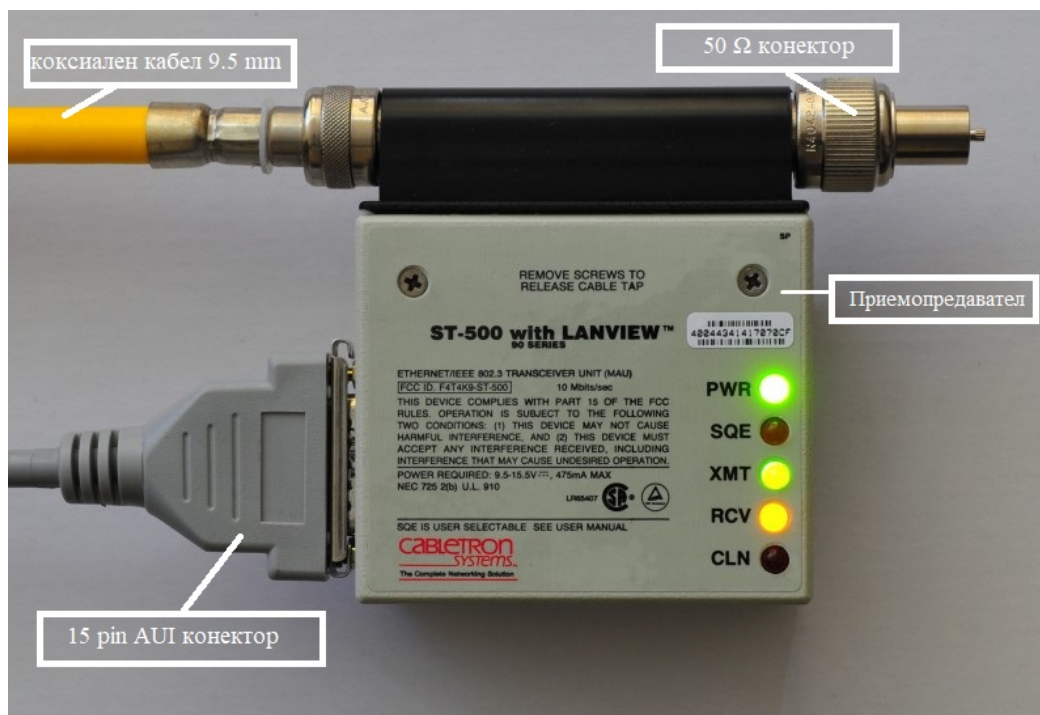
Таблица 9.5

Име	IEEE стандарт	Скорост на данни	Тип конектор	Максимална дистанция
Ethernet	802.3	10 Mbps	10Base-T	100 meters
Fast Ethernet/ 100Base-T	802.3u	100 Mbps	100Base-TX 100Base-FX	100 meters 2000 meters
Gigabit Ethernet/ GigE	802.3ab	1000 Mbps	1000Base-T 1000Base-SX 1000Base-LX	100 meters 275/550 meters 550/5000 meters
10 Gigabit Ethernet	IEEE 802.3ae	10 Gbps	10GBase-SR 10GBase-LX4 10GBase-LR/ER 10GBase-SW/LW/EW	300 meters 300m MMF/ 10km SMF 10km/40km 300m/10km/40km

9.2.2.2. Кабели и конектори:

Важна част от проектирането и инсталирането на Ethernet е избирането на подходящ Ethernet носител. Те се делят на четири основни типа:

9.2.2.2.1 Thickwire за 10BASE5 мрежи (Фиг. 9.21) - При инсталирането 10Base5 използва външни приемопредаватели, които осигуряват предаване и приемане. Те се свързват към мрежовата карта с помощта на приемопредавателен кабел, използващ 15-изводни AUI (DIX) конектори, а към коаксиалния кабел се свързват посредством “вампирски зъб” (vampire tap).



Фиг. 9.21

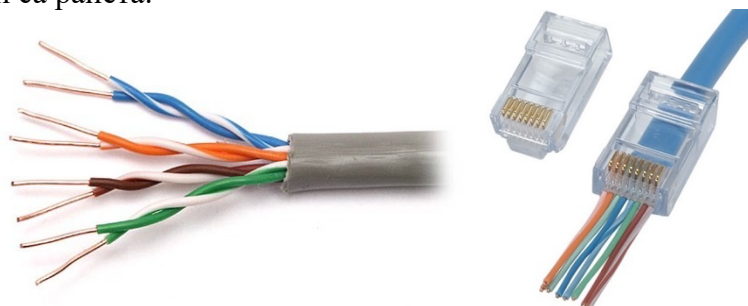
9.2.2.2.2. Thinnet за мрежи 10BASE2 - Thinnet използва BNC конектори - цилиндрични метални конектори и Т-конектори (Фиг. 9.22), също както и BNC терминатори за всеки край на шината.



Фиг. 9.22

9.2.2.2.3. Twisted-pair copper - неекранирана усукана двойка (UTP) за 10BASE-T мрежи - Най-популярните схеми за окабеляване са 10BASE-T и 100BASE-TX, които използват неекраниран кабел с усукана двойка (UTP) (Фиг. 9.23). Предлага в най-различни класове, като всеки по-висок клас предлага по-висока производителност. Кабел от ниво 5 е най-високият, най-скъпият клас, предлагащ поддръжка за скорост на предаване до 100 Mbps. Кабелът от ниво 4 и ниво 3 е по-евтин, но не може да поддържа същите скорости на пропускане на данни; кабел от ниво 4 може да поддържа скорост до 20 Mbps; ниво 3 до 16 Mbps. При UTP се използва стандартизирания мрежов интерфейс RJ45 (registered jack) конектор. "45" просто се отнася до номера на стандарта за интерфейс. Всеки конектор RJ45 (Фиг. 9.23) има осем пина, което означава, че RJ45 кабел съдържа осем отделни проводника. Ако погледнете отблизо края на Ethernet кабел, всъщност можете да видите осемте

проводници, всеки от които е с различен цвят. Четири от тях са плътни цветове, докато останалите четири са райета.



Фиг. 9.23

9.2.2.2.4. 10GBASE-T или IEEE 802.3ap-2006 е стандарт сертифициран през 2006 г. за осигуряване на 10 Gbit / s връзки през неекранирани или екранирани кабели с усукани двойки, на разстояния до 100 метра. Категория 6a (Фиг. 9.24) е необходима за достигане на пълното разстояние от 100 метра, а категория 6 може да достигне разстояние от 55 метра в зависимост от качеството на инсталиране, определено само след повторно тестване до 500 MHz.



Фиг. 9.24. 10GBase-T 10 patch кабел, категория 6a.

10GBASE-T използва IEC 60603-7 8P8C модулни конектори или подобрена версия на споменатия вече RJ45, които широко се използват в Ethernet. Кабел от категория 7 вече позволява 10 гигабита Ethernet над 100 м с медно окабеляване. Кабелът съдържа четири усукани двойки медни проводници, точно както по-ранните стандарти.

Кабел от категория 7 може да бъде завършен или с 8P8C съвместими GG45 електрически конектори, които включват вградения 8P8C стандарт, или с TERA конектори. Когато се комбинира с GG-45 (Фиг. 9.25) или TERA конектори, кабелът от категория 7 е класиран за честоти на предаване до 600 MHz.

9.2.2.3. Мрежови карти

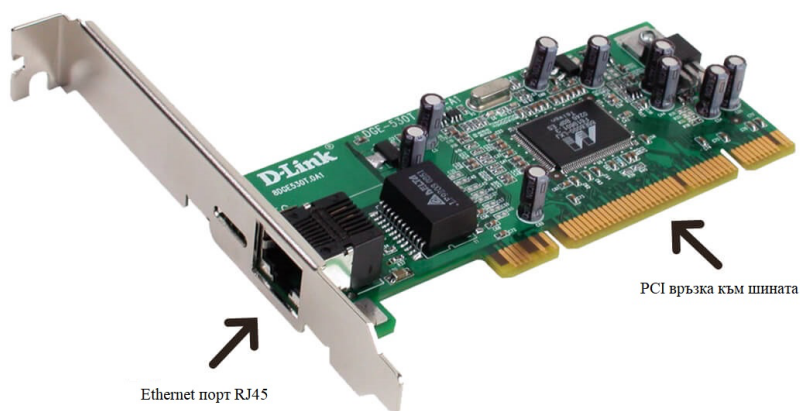
Картите на мрежовия интерфейс, обикновено наричани NIC (Network Interface Cards) или мрежови адаптер, се използват за свързване на компютър към Ethernet мрежа с някои от вече разгледаните мрежови кабели и конектори. NIC осигурява физическа връзка между мрежовия кабел и вътрешната шина на компютъра. NIC се предлагат в три основни разновидности: 8-битов, 16-битов и 32-битов. Колкото по-голям е броят на битовете, които могат да бъдат прехвърлени към NIC, толкова по-бързо NIC може да прехвърля данни към мрежовия кабел. Повечето NIC са предназначени за определен тип мрежа, протокол и среда, въпреки че някои могат да обслужват множество мрежи. Налични са карти, които поддържат почти всички стандарти за мрежи.



Фиг. 9.25. GG-45 patch кабел, категория 7

9.2.2.3.1 Gigabit Ethernet NIC

Такива мрежови адаптери биват обозначени като 10/100/1000, което означава, че могат да поддържат скорост на данни от 10, 100 или 1000 Mbit / s. с възможност за автоматично договаряне (Auto negotiation) в зависимост от настройките на мрежовите устройства в съответната мрежа. Пълнен дуплекс е друга опция, при която специална връзка към комутатор позволява на NIC да работи с двойно по-висока скорост. На Фиг. 9.26 е показана една от най-широко ползваните тип NIC карта.



Фиг. 9.26. Едногигабитов мрежови адаптер

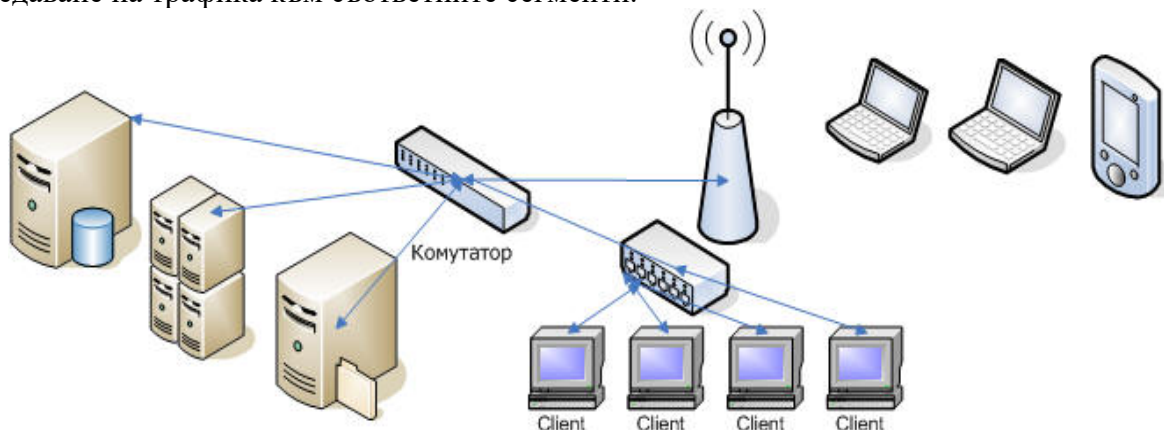
9.2.2.3.2. 10 Gigabit Ethernet NIC – Тези мрежови адаптери осигуряват 10 гигабитова свързаност най-често на работни станции или сървъри към комутатор поддържащ 10GBASE-T вход. Инсталират се на стандартна PCI express шина и имат RJ45 вход.



Фиг. 9.27. 10 гигабитов мрежови адаптер

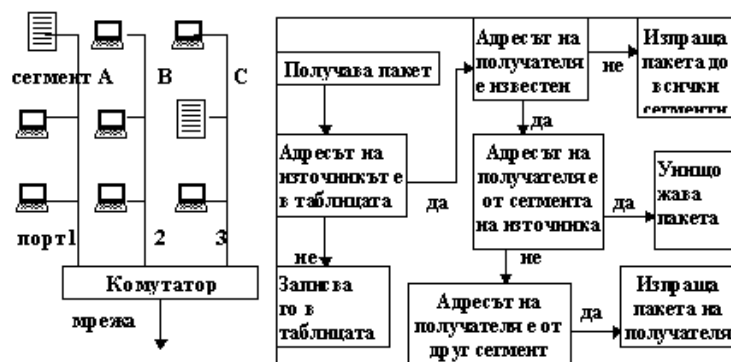
9.2.2.4. Мрежово оборудване – маршрутизатори, комутатори, модеми.

9.2.2.4.1 Комутаторът (switch) е интелигентно устройство, което предоставя на всеки мрежов компютър индивидуална връзка с друг компютър от мрежата чрез виртуална схема, като му осигурява определена скорост на предаване (Фиг. 9.28) Той поддържа списък от адреси на всички мрежови устройства - уникални числа за идентифициране на хардуера, генерирани от мрежовия адаптер, които помагат да се разпредели трафика по ефикасно, като увеличава пропускателната способност чрез разделяне на пакетите на групи и селективно предаване на трафика към съответните сегменти.



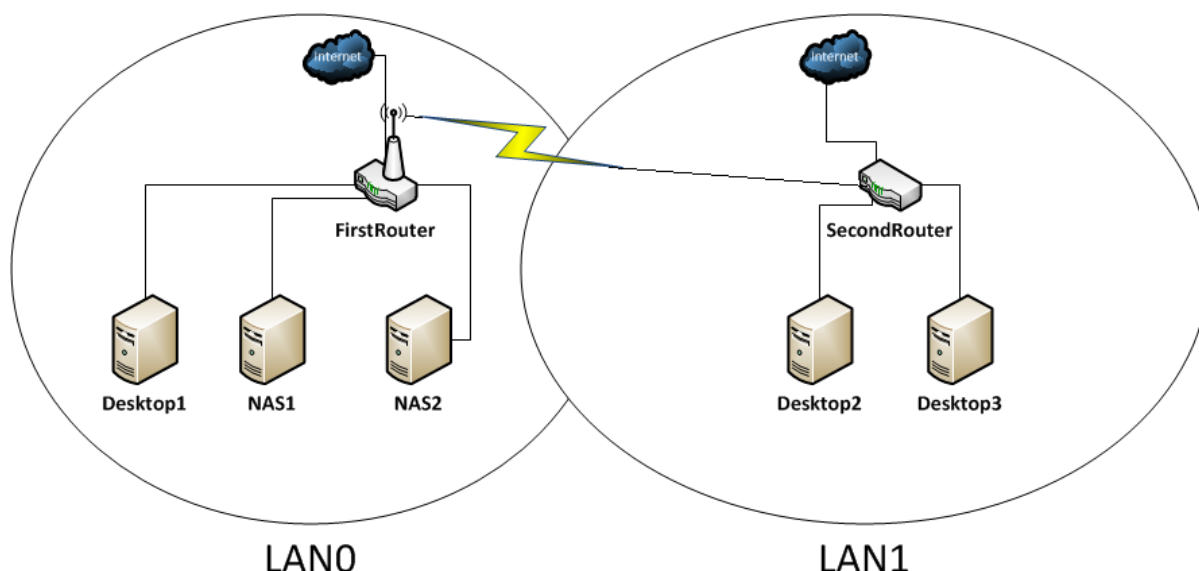
Фиг. 9.28

Комутаторът дава възможност мрежата да се дели на сегменти и да се предават пакети между портите на база адреса на получателя, включен във всеки пакет. Това се постига чрез създаване на вътрешни таблици, свързващи портите с адресите на включените към тях устройства (Фиг. 9.29). Като тази таблица може да се създава автоматично или от администратора на мрежата.



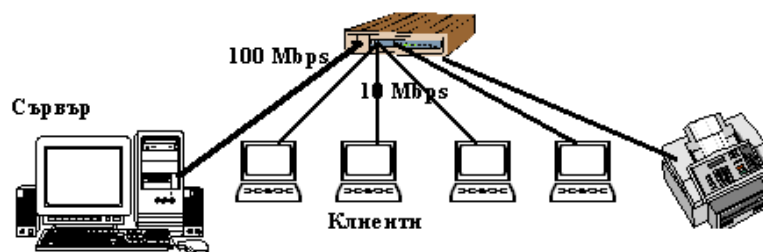
Фиг. 9.29

9.2.2.4.2. Маршрутизатор (router) - Маршрутизаторите са устройства, които анализират информацията, съдържаща се във всеки пакет и го изпращат по - възможно най-късия път до неговото местоназначение. Те свързват мрежи с различни протоколи и архитектури. Разликата комутатора идва от това че комуникират само с други маршрутизатори, не с компютри и крайни устройства (Фиг. 9.30). Поддържат маршрутизираща таблица с адреси на мрежи. Таблицата съдържа информация за всички известни адреси на мрежи, начина за организиране на връзка с другите мрежи и всички възможни пътища до всяка от мрежите. Маршрутизаторът избира най-добрия маршрут за пакетите от наличните маршрути и пропуска информация само, ако адресът на мрежата му е известен.



Фиг. 9.30

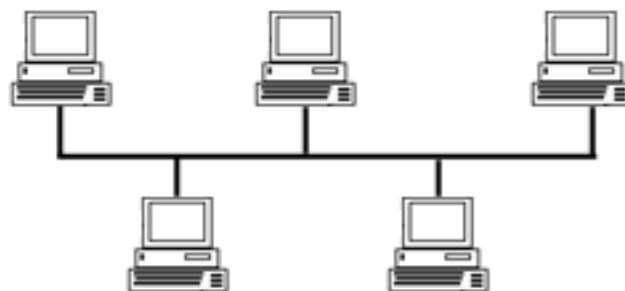
9.2.2.4.3 Концентратор (hub) - Концентраторът представлява многопортов повторител в мрежи с автосегментация. Всички портове на концентратора са равноправни. Получавайки сигнал от някой включен към него компютър, концентраторът го транслира към всички свои активни портове (Фиг. 9.31) При това, ако на някой от портовете е открита неизправност, то този порт автоматично се изключва (сегментира се). Обработката на конфликтите и текущия контрол за състоянието на каналите за връзка се осъществяват от самия концентратор. Концентраторите могат да се използват като автономни устройства или да се съединяват един с друг за създаване на по-сложни топологии.



Фиг. 9.31

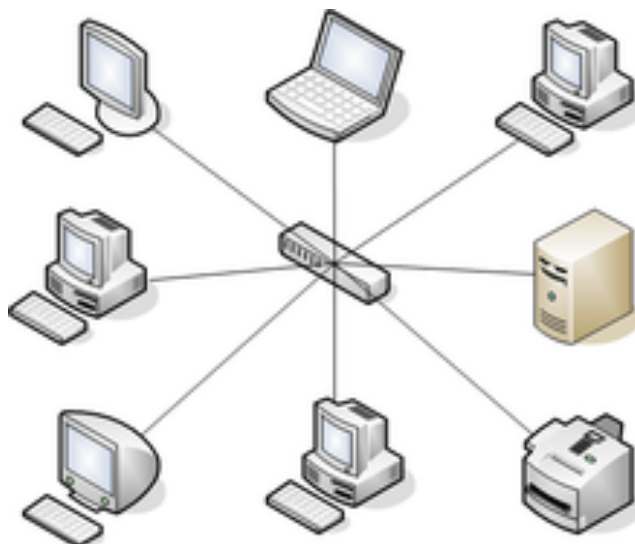
9.2.2.5. Видове топология на свързване - Двете най-популярни топологии за Ethernet свързване са шина (bus) и звезда (star).

9.2.2.5.1. *Bus* е най-простата и традиционна топология. Стандартните Ethernet (10BASE5) и thin Ethernet (10BASE2) мрежи, които са базирани на коаксиални кабелни системи, използват шината. В тази еднокабелна локална мрежа всички работни станции са свързани последователно („шина“ Фиг. 9.32) на един кабел. Всички предавания отиват до всички свързани работни станции. Всяка работна станция след това избира предаванията, които трябва да получи въз основа на информацията за адреса, съдържаща се в предаването.



Фиг. 9.32. Шинна топология

9.2.2.5.2. В Star топология всички прикачени работни станции са свързани директно към централен концентратор, който установява, поддържа и прекъсва в случай на грешка връзката между тях (Фиг. 9.33). Предимството на звездната топология е, че е лесно да се изолира проблемния възел. Недостатъкът е, че ако хъбът се повреди, цялата система е компрометирана. Twisted-Pair Ethernet (10BASE-T), базиран на неекранизирана усукана двойка, и Fiber Optic Ethernet (FOIRL и 10BASE-FL), базирани на оптичен кабел, използват Star топологията.



Фиг. 9.33. Звездна топология

9.2.2.6 Протоколи за комуникация -

След като е установена физическа връзка в мрежата с устройствата и оборудването описано по-горе, мрежовите протоколи определят стандартите, които позволяват на компютрите да комуникират. Протокол установява правилата и спецификациите за кодиране и изпращане на данни. Това определя как компютрите се идентифицират един друг в мрежа, формата, която данните трябва да приемат при транзит, как се обработва информацията, за да достигне крайното си местоназначение. Протоколите също така определят процедурите за определяне на типа проверка на грешки, методът за компресиране на данни, как изпращащото устройство ще покаже, че е приключило изпращането и как приемащото устройство ще покаже, че е получило съобщението.

Основните видове мрежови протоколи, които се използват днес са:

9.2.2.6.1. Протокол за контрол на предаването (Transmission Control Protocol - TCP), мрежов протокол за управление на обмена на информация. Използва набор от правила за обмен на съобщения с други интернет точки на ниво информационен пакет.

9.2.2.6.2. User Datagram Protocol (UDP), който действа като алтернативен протокол за комуникация с TCP и се използва за установяване на връзки между приложения и интернет с ниска латентност и толерантност към загуби.

9.2.2.6.3. Интернет протокол (IP), който използва набор от правила за изпращане и получаване на съобщения на ниво интернет адрес. Протоколът се използва съвместно с TCP, като обикновено комплекта се нарича TCP/IP.

9.2.2.6.4. Допълнителни мрежови протоколи, включващи Hypertext Transfer Protocol (HTTP) и File Transfer Protocol (FTP), всеки от които има определени правила за обмен и показване на информация.

Всеки мрежов протокол е различен, но всички работят през едно и също физическо окабеляване и мрежа. Този метод за достъп до физическата мрежа позволява на множество протоколи спокойно да съществуват съвместно през мрежовата медия и позволява на създателя на мрежа да използва общ хардуер за различни протоколи.

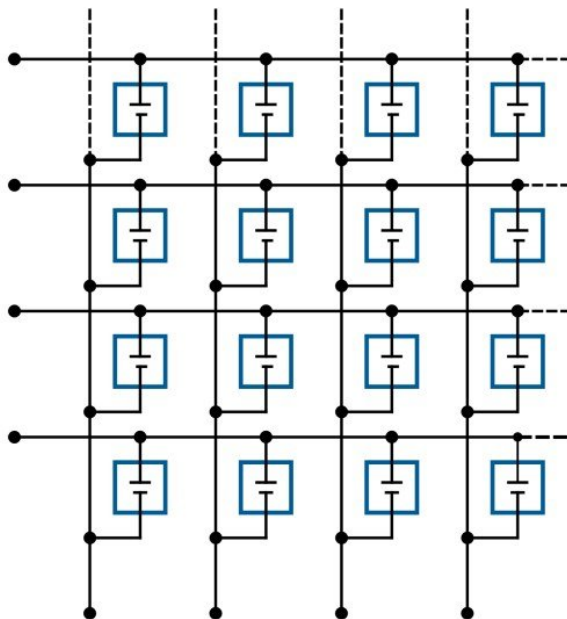
Глава 10

ТЕЛЕВИЗИОННИ ДИСПЛЕИ

Екранът (дисплеят) е най-важното изходно устройство на компютъра и съставна част от съвременните телевизионни приемници. Той осигурява моментално потвърждение на това, което правите чрез входните устройства (мишка, клавиатура и др.) като показва текст и графика, докато работим или играем. Доскоро повечето дисплеи за настолен компютър използваха катодно лъчева тръба (cathode ray tube - **CRT**), докато портативните компютърни устройства като лаптопите, камери и телефони използват монитори с течни кристали (liquid crystal display - **LCD**), светодиоди матрици (light-emitting diode - **LED**), плазмени (Plasma display panel - **PDP**) или изработени с по-новите технологии, като плазмени LCD (Plasma Addressed Liquid Crystal – **PALC**), органични светодиоди (Organic Light Emitting Diode – **OLED**), "емисионно поле" (Field Emission Display - **FED**), светещи полимери (Light Emission Plastics – **LEP**).

10.1. LCD с пасивна матрица

Течнокристалните дисплеи се разделят на два вида според това как се пропуска тока, който поддържа техните нематични молекули. Повечето течнокристални панели имат мрежа от хоризонтални и вертикални проводници и точките на пресичане оформят пикселите. Всеки пиксел потъмнява когато се пропуска ток по проводниците през течния кристал. Този тип дисплей се нарича пасивна матрица и е неговата схема е показана на фиг. 10.1.



Фиг. 10.1. Схема на пасивна матрица

При LCD екраните с пасивна матрица всяка клетка се контролира от електрическите заряди на два транзистора, определени от позицията по ред и колона на съответната клетка. Броят на транзисторите по краищата на хоризонтала и вертикала определят разделителната способност на екрана. Например един екран с разделителна способност 1024*768 има 1024 транзистора по своя хоризонтален ръб и 768 по вертикалния. Когато клетката реагира на пулсиращия заряд на своите два транзистора, тя усуква светлинната вълна като по-силните заряди усукват светлинната вълна повече. Терминът супер усукване се отнася до ориентацията на течните кристали, като се сравняват режимите на включено и изключено състояние – колкото по-голямо е усукването, толкова по-голям е контрастът.

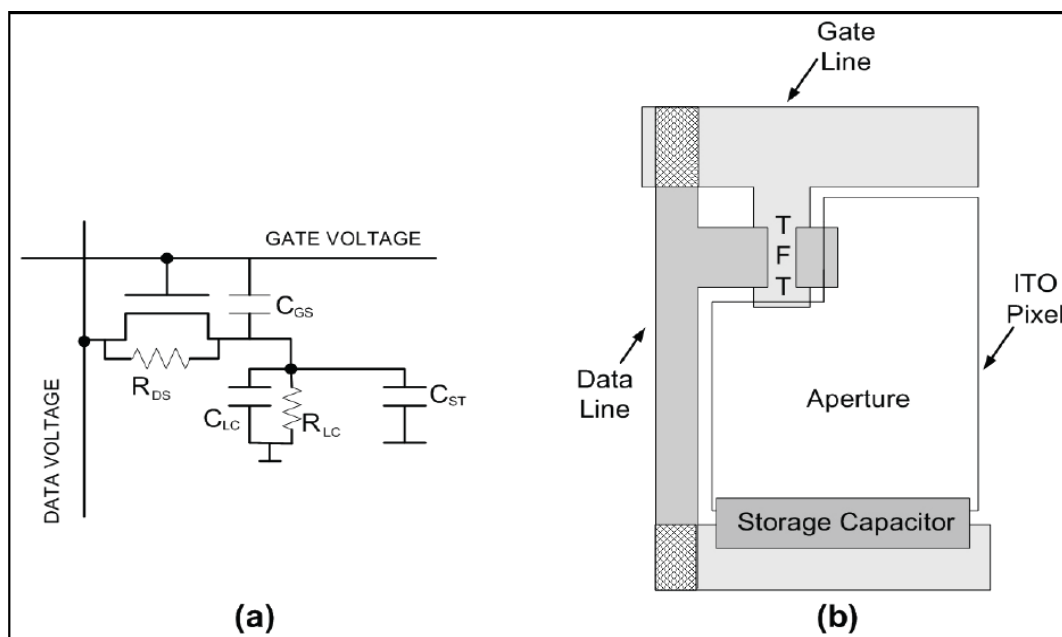
Зарядите в LCD екраните с пасивна матрица се създават с импулси; ето защо при тези екрани липсва яркостта на активната матрица, която осигурява непрекъснат заряд за всяка клетка. За да подобрят качеството се въвежда техника, наречена **LCD с двойно сканиране**, като се повишава честотата на сканиране. Екранът се разделя на горна и долна половина, намалявайки времето между всеки импулс. Двойно-сканиращите пасивни дисплеи сканират екрана два пъти за същото време. Освен повишаването на яркостта и контраста, двойното сканиране увеличава и времето за реакция, а оттам се получава приемлива скорост на изобразяване, което прави този тип екрани по-използваеми там където е необходимо изобразяваната информация да се променя бързо – видео с кинематографично качество и др.

Дисплеите с двойно сканиране имат тенденция към по-неясно изображение, защото пикселите работят чрез модифициране на свойствата на отразената светлина, вместо да генерират своя собствена. Освен това са предразположени към остатъчни изображения и трудно могат да бъдат гледани под ъгъл. По-новите технологии с пасивни матрици като CSTN (color super-twist nematic), DSTN (double-layer super-twist nematic), както и HPA (high-performance addressing) предлагат по-добри скорости на реагиране и по-добър контраст, но те все още не могат да изместят екраните с активна матрица.

Простотата на пасивната-матрична система е красива, но има значителни неудобства, значително бавно време за сработване и неточно регулиране на напрежението. Времето за отговор има отношение към способността на LCD да опреснява показваното изображение. Най-лесният начин да наблюдава бавното време за сработване е да се премести мишката бързо от единия край на екрана до другия. Ще се забележат серия от "ореоли" да следват мишката. Неточният регулатор на напрежение пречи на способността на пасивната матрица на влияние само на един пиксел от изображението наведнъж. Когато напрежението е отнесено към разсукването на един пиксел от изображението, пикселите от изображението около него също така частично се разсукват, които правят образа неясен и с недостиг на контраст.

10.2. LCD с активна матрица

Активната матрица е известна като технология на тънкослойния транзистор (TFT- Thin Film Transistor).



Фиг.10.2. Схема на активна матрица

В основата си, тънкослойните транзистори са мънички превключвателни транзистори и кондензатори. Те са подредени в матрица на стъклена подложка. За да се адресира определен пиксел се включва правилният ред и след това се изпраща заряд по правилната колона. Тъй като всички останали редове които колоната пресича са изключени само кондензатора в посочения пиксел получава заряд. Кондензаторът е способен да задържи заряда до следващия цикъл на опресняване. И ако ние внимателно управляваме количеството напрежение подадено на кристал, ние може да го накараме да се разсуче само колкото да пропусне малко светлина. Правейки това с много точни, много малки увеличения LCD –то създава скалата на яркостта. Повечето дисплеи днес предлагат 256 нива на яркост. Технологията TFT е била разработена от фирма Toshiba. Освен за увеличаването на показателите на течнокристалните монитори – контраст, яркост, зрителен ъгъл, тя допринася и за създаването на цветна ТК матрица.

TFT представлява метод за пакетиране на от един (монохромен) до три (RGB цвят) транзистора на пиксел във вътрешността на гъвкав материал, който е със същия размер и форма като дисплей. Ето защо транзисторите за всеки пиксел се разполагат непосредствено зад клетките от течен кристал, които управляват. Транзисторът работи като ключ. Той се отпушва от малък ток, за осигуряването, на който има мрежа от хоризонтални и вертикални проводници; в отпушено състояние транзисторът пропуска сравнително голям ток, който активира съответния пиксел. Използването на активна матрица значително понижава нивото на управляващия сигнал и с това решава проблема за частичното осветяване на съседни пиксели от екрана.

Предлаганите на пазара TFT панели се произвеждат по един от двата най-разпространени метода: хидрогениран аморфен силиций(a-Si) и нискотемпературен полисилиций(p-Si). Тези процеси се различават главно в цената.

Предимство на активните матрици е, че през мрежата от проводници преминава много по-малък ток, и пикселите могат да бъдат превключвани много по-бързо. Тъй като всеки пиксел се захранва поотделно, то всеки генерира своя собствена светлина със съответния цвят, създавайки дисплей, който е много по-ярък и по-жив от панела със двойно сканиране. Зрителния ъгъл също е по-голям, което позволява множество зрители да се събират около екрана. Опресняването е по-бързо и по-остро, без размитостта на двойното сканиране.

Недостатък на TFT-конструкцията е, че тя изисква за всеки пиксел по един транзистор, т.е. комбиниране на течнокристалната и полупроводниковата технология. При наличието на повече транзистори дисплеят с активна матрица изисква много повече енергия. Не е изключено и възникването на повреди, в резултат на които се появяват “мъртви пиксели” (субпиксели, представляващи отделните транзисторни елементи в RGB триадите, които създава всеки пиксел), дължащи се на неизправни транзистори. Субпикселите могат да излязат от строя във включено или изключено състояние, но първото се случва по-често. Тъй като всичките пиксели на TFT дисплеите са интегрирани в един компонент, няма начин за излекуване на мъртвия дисплей, освен чрез замяната на целия масив от транзистори.

За да се подобрят хоризонталния зрителен ъгъл в най-новите си продукти, някои производители модифицираха класическия TFT дизайн. Например технологията **IPS(In-Plane Switching)**-превключване в равнината) на Hitachi – позната като **STFT** –поддържа индивидуалните клетки на LCD панела паралелно на стъклото, провеждайки електрическия ток през страните на клетките, въртейки за да осигури по-равномерно разпределение на изображението по цялата повърхност на панела.

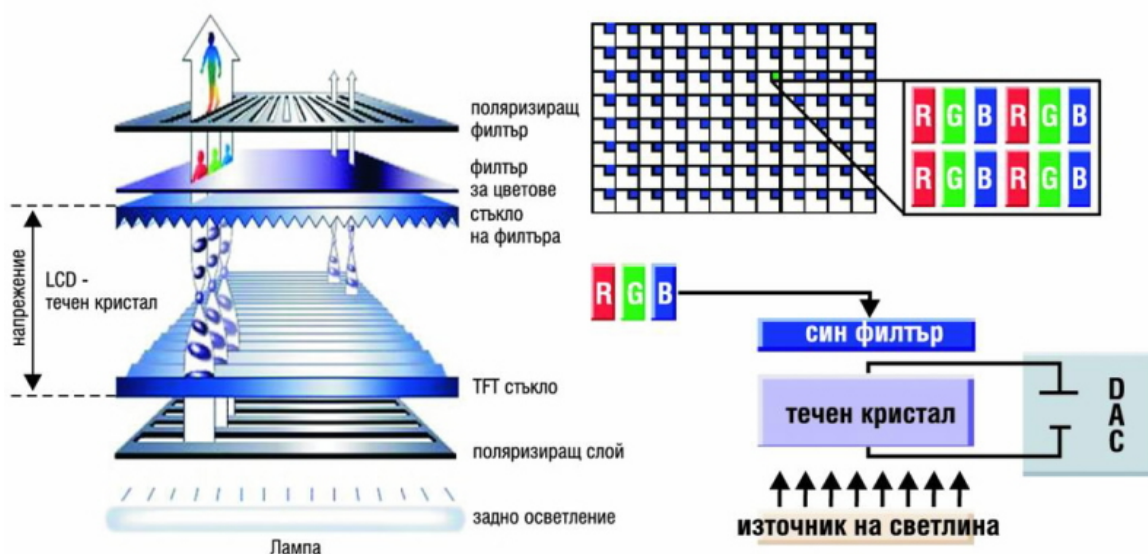
Super-IPS технологията на Hitachi също така пренаглежда молекулите на течния кристал на зиг-заг, вместо да ги ориентира по редове и колони, за да намали изменението на цвета и да подобри неговата равномерност.

Една подобна технология, разработена от Fujitsu и наречена **MVA (Multidomain Vertical Alignment)** – многообластно вертикално ориентиране) разделя екрана на различни области и променя техния ъгъл.

10.3. Принцип на работа на LCD дисплей

В LCD панелите течните кристали се затварят между две успоредни стъклени пластини с нанесени върху тях електроди. Стъклените плоскости притежават много фино набраздена вътрешна повърхност, а външните им страни са покрити с поляризиращи слоеве. Двете плоскости са набраздени под ъгъл 90° една спрямо друга. При движението си от единия поляризатор към другия, молекулите на течния кристал се опитват да се ориентират в посока, еднаква с разположените перпендикулярно едни на други набраздявания. В резултат на това течнокристалните молекули се завъртат плавно и образуват обемна спираловидна структура, наречена **Twisted Nematic (TN)**. Ако през тази структура се пропусне светлинен поток, той преминава през първия поляризиращ слой, след което преминава през спираловидната структура на нематика и се завърта постепенно, докато не съвпадне с оптичната равнина на втория поляризатор и не премине от другата страна на LCD панела. За наблюдателя панелът ще бъде прозрачен.

Ако обаче се приложи напрежение на панела, молекулите на течните кристали ще се ориентират по посока на това напрежение, т.е. нематичната структура на нематика ще се разруши и той няма да е в състояние да „преведе“ светлинния поток между разположените перпендикулярно един на друг поляризатори. С други думи, променяйки приложеното напрежение, може да се регулира прозрачността на панела.



Фиг. 10.3. Конструкция на LCD дисплей

На фиг. 10.3. е показано конструктивно решение на LCD панел. Общо взето, светлината преминава или не преминава през кристала в зависимост от ориентацията на молекулите му, т.е. течнокристалните дисплеи не излъчват светлина, а или я пропускат, или я блокират. Затова е необходимо тези дисплеи да имат някакъв източник на светлина. Най-често за тази цел се използват една или повече лампи, наречени подсветка (backlight). За да се осигури еднакъв интензитет на светлината, преди попадането ѝ в екранния панел, тя преминава през сложна система от рефлектори.

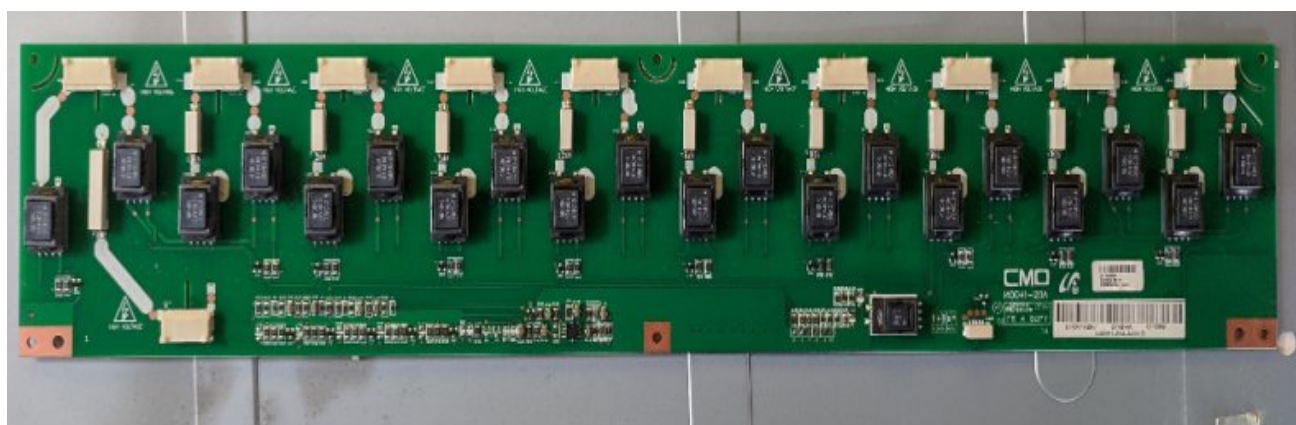
Тъй като течните кристали не влияят на дължината на вълната на светлината, панелът би трябвало да възпроизвежда само цвета на подсветката. За да се получат цветове се поставя т.нар. цветоотделителна маска, като всеки пиксел на панела се разбива на три независими подпиксела (**RGB – red, green, blue**). Цветоотделителната маска представлява филтър, който оцветява преминаващата през всеки подпиксел светлина в един от основните

цветове – червен, зелен или син. По този начин чрез осветяване на панела с бяла светлина се получават обичайните за всеки монитор RGB цветове. При дисплеите с активна матрица всеки подпиксел се управлява с отделен транзистор, на който се подава определено напрежение. Промените на това напрежение заставят течния кристал в съответния подпиксел да се завърта на определен ъгъл. Ъгълът на завъртане определя количеството светлина, което преминава през подпиксела.

За осигуряването на подсветка (backlight) производителите са използвали различни конструкции и източници на светлина. Първите LCD дисплеи са произвеждани с лампи със студен катод (CCFL). За тяхното запалване и управление са използвани инвертори-драйвери. Снабдени са с високоволтови изходи необходими за запалването на CCFL. На фиг.10.4. е показана подсветка с CCFL лампи, а на фиг.1.5. драйвер за CCFL лампи.



Фиг 10.4. Дисплей с подсветка от CCFL лампи



Фиг.10.5. Драйвер за 10 CCFL лампи

В последните модели светлината се осигурява от светодиоди. Предимството пред CCFL, е че се управляват с много по-ниско напрежение, могат да се управляват на групи, като променят интензитета на осветеност и постигат ефекта на микро диминг. Това води до по-голям контраст, защото ниво черно при липса на светлина става по-дълбоко. Има производители които са разделили дисплея на 64 зони за управление на осветеността в

зависимост от изображението. На фиг. 10.6. е показано изображение на телевизор използващ микродиминг, а на фиг. 10.7. са показани самите светодиодни групи – 64 броя.



Фиг. 10.6 Изображение при micro dimming



Фиг.10.7. Подсветка при micro dimming

Основни характеристики и параметри на плоски течнокристални екрани

- **максимален зрителен ъгъл (ъгъл на гледане)**

По възможност да е не по-малък от 120 радиални градуса вертикално (хоризонталният зрителен ъгъл има по-малко значение). В съвременните дисплеи този ъгъл може да достигне 160 радиални градуса и в двете направления.

- **максимална вертикална честота на опресняване**

При LCD дисплеите максималната вертикална честота на опресняване на кадрите не е толкова важен показател за високото качество, както при мониторите със CRT тръба. На практика при LCD и при по-ниски честоти на опресняване отсъстват нежеланите трептения и дразнене на окото. В съвременните дисплеи достига 75Hz, желателно е да е над 60 Hz.

- **необходимото време за реакция на пикселните диоди (response time)**

Измерва се в ms и за най-модерните дисплеи е от порядъка на 10 ms, като това е сборът от времето за включване и времето за изгасване на пикселите. Не трябва да е над 50-60ms.

- **яркост (brightness)**

Измерва се в cd/mm^2 и в съвременните дисплеи не трябва да е по-малка от 200 cd/mm^2 , а при най-модерните може да достигне и до 400 cd/mm^2 . Този показател показва осветеността на пикселите.

- **контраст (contrast)**

Измерва се в съотношение, като минимум трябва да е 300:1, най-новите дисплеи са със съотношение над 500:1. С този показател показваме пълноценно изобразяване на всички цветови оттенъци и нюанси.

- **размер на видимото пространство**

Той варира от 15" до над 21" при новите дисплеи, като за разлика от CRT мониторите, размера на видимата област е и реалният размер на дисплея. Измерва се най-често в инчове, считано от долния край на екрана до срещуположния му горен такъв. Както знаем, при CRT мониторите диаметърът на видимата област е по-малък от реалният размер на екрана.

- **максимална и минимална резолюция на екрана (разделителна способност)**

Силно зависи от диаметъра на дисплея, като колкото е по-голям той, толкова е по-висока резолюцията. ВАЖНО е да отбележим, че при новите дисплеи се поддържат няколко разделителни способности чрез интерполация, докато при по-старите тя е само една и това

е съществен техен минус. Нормално е основните разделителните способности да варират от 1024x768 при 15" дисплеи, до 1600x1200 и нагоре при 20" и по-големите дисплеи.

- **размер на пиксела**

Желателно е да е около 0.28mm, при най-модерните е под 0.26mm

- **разстояние между пикселите**

Като цяло е по-високо от това при CRT мониторите, но е от порядъка на 0.3 mm

- **вид на интерфейса**

Някои, дори и от най-новите дисплеи, имат само аналогов интерфейс, докато други поддържат както само цифровият DVI интерфейс (за който ще стане дума по-късно), така и комбинация от двата.

- **брой изобразявани цветове**

Докато при старите дисплеи е можело да се изобрази до 16 битов цвят, то при сегашните може да се възпроизведе дори и 32 битов цвят.

- **мобилност**

При повечето дисплеи тя се изразява във възможността за завъртане на дисплея на 90° хоризонтално, а дори и вертикално, като това е едно незаменяемо преимущество на този тип дисплеи.

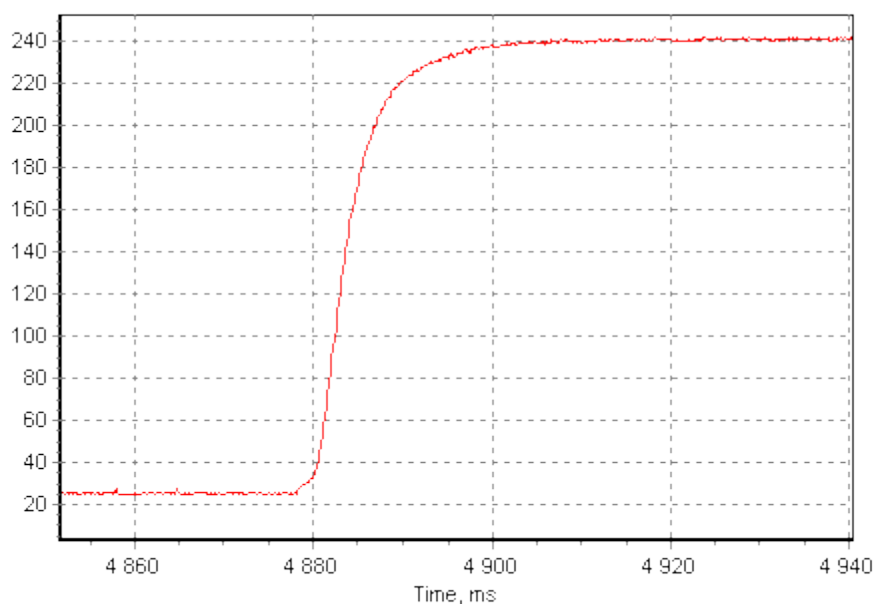
- **физически и други характеристики**

Тук ще отбележим много ниският разход на енергия, ниски напрежения на работа, много малки размери и тегло, както и никакво електромагнитно (вредно) излъчване.

Време за реакция

Изглежда времето за реакция се явява най-популярната характеристика на всеки един течнокристален монитор – популярна в този смисъл, че първоначално на него се обръща внимание потребителя при избор на монитор.

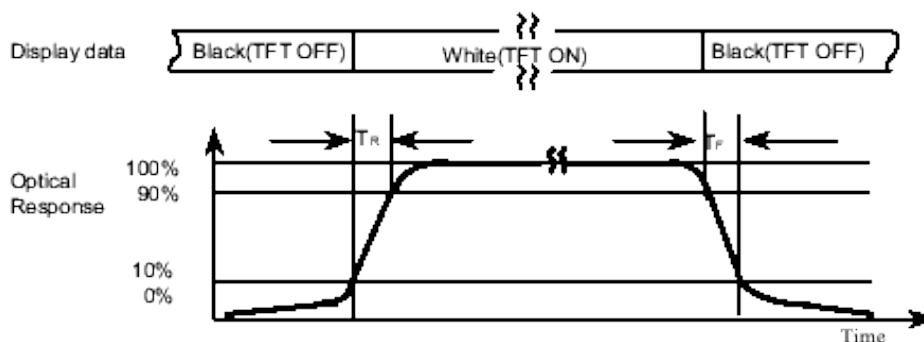
Както е известно, състоянието на пикселите в LCD панела се променя за сметка на изменение ъгъла на обръщане на течните кристали под действието на приложеното към тях електрическо поле. Но течния кристал е вещество сравнително латентно, затова обръщането става не мигновено, а за достатъчно голямо време от порядъка на единици или даже десетки милисекунди. На графиката на фиг. 10.8 този ъгъл изглежда така (по хоризонталната ос е времето в милисекунди, а по вертикалната ос – някое условно ниво на яркостта на пиксела, пиксела мени своето състояние от пълно закриване до пълно откриване):



Фиг. 10.8

Традиционно производителите на матрици и монитори измерват времето на реакция като сумарно време от превключването на пиксела от черно на бяло и обратно, при което се измерва времето за изменение яркостта на пиксела от 10 % до 90 % (такова определяне, въпреки разпространеното мнение, се явява не уловка от страна на производителя, а по скоро необходимост – работата е в това, че момента на точното загасване на пиксела и момента на точното му достигане на яркост на 100 % принципно е невъзможно да се определи поради наличието на шум и крайната точност на измервателното оборудване, а поради това има смисъл да говорим единствено за приемане яркостта на пиксела в някакъв интервал, който в дадения случай се определя като 10 %) – фиг. 10.9.

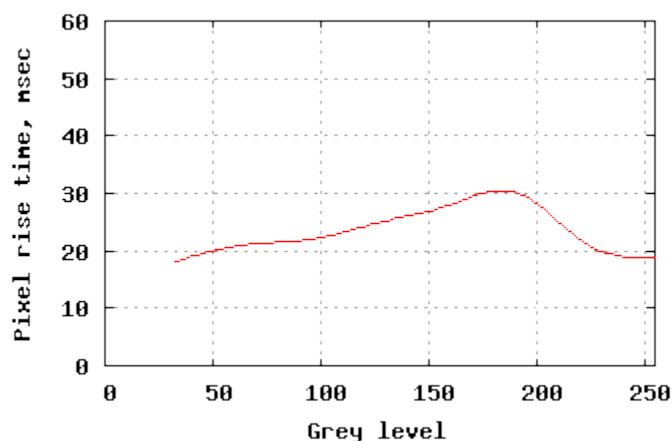
4) Definition of Response time : Sum of T_r , T_f



Фиг. 10.9

За съжаление, такова измерване на практика не дава пълна представа за това, как ще се държи монитора при работа с динамична графика – работата е в това, че измереното по този начин време за реакция се явява минималното, което въобще може да покаже матрицата. Да допуснем, че ни интересува превключването на пиксела не от черно на бяло, а от черно на тъмно сиво (такава ситуация в живота се среща, например в много „тъмни“ играчки). Тогава от една страна, кристалите трябва да се обърнат на по-малък ъгъл, но от друга страна скоростта им на обръщане да е пропорционална на напрежението на приложеното електрическо поле, а именно с тях се определя ъгъла на обръщане – колкото по-малък ъгъл ни е нужен, толкова по-малко трябва да е електрическото поле. По този начин, имаме две противоборстващи се тенденции – да се намалява не само ъгъла на обръщане, но и неговата скорост, така че на практика времето на реакция на кристала (т.е. времето на отзвук на монитора) ще зависи от съотношението на тези тенденции. Както показват измерванията, времето за реакция винаги е по-голямо при превключване от черно на бяло, а колко повече зависи от типа на матрицата.

И така, въпреки че по паспорт времето на реакция не е задължително дадено, да се каже доколко е бърз монитор, така както при различни типове матрици зависимостта на времето на реакция от начално и крайно състояние на пиксела изглежда различна, но и не е задължително непременно да се сравняват мониторите с различни матрици (например TN+Film и PVA), прилагаме само заявените от производителя цифри. За коректно сравнение е нужно или двумерна графика на зависимостта на времето на реакция от крайното състояние на пиксела (има време на реакция за преход от черен на сив), или триизмерна графика (повърхност) времето на реакция при всички възможни преходи, включвайки и прехода между две промеждутъчни нива (между две градации на сивото). За съжаление, в повечето случаи производителите на матрици и монитори не предоставят такава информация. За пример по-долу е показана графика на времето загряване на пиксела (вертикалната ос) при преход от черно към различни нива на сиво (хоризонтална ос) за 25 ms TN+Film матрица.



Фиг.10.10. Графика на времето загаряване на пиксела

В първата редица тази особеност на LCD матрицата ще се проявява в динамична игра с недостатъчно контрастно изображение – смазваният в тях може да се окажат повече от очевидни, въпреки че формално за дадената матрица може да е заявено и твърде малко време на реакция.

Освен това, дори и времето на превключване от черно към бяло да не се явява в общия случай някакъв абсолютен показател – на практика той зависи от установената на монитора контрастност и в някои случаи, яркост.

Въобще се казва, че яркостта на конкретния пиксел L се определя като

$$L = B + x \cdot C,$$

където B – величина пряко зависеща от положението на регулатора "Brightness" на монитора; C – величина, зависеща от положението на регулатора "Contrast"; x – сигнал подаван на дадения пиксел от компютър ($x=0$ съответства на черен цвят, а максималната стойност на x е бялото).

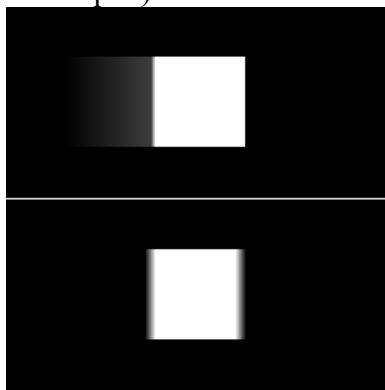
Регулировката на контраста се осъществява достатъчно просто – идващия от видеокартата сигнал x не се подава направо на матрицата, а отначало се умножава с коефициент C , а след това вече се подава на матрицата. По този начин е очевидно, че най-белият цвят съответства на максимален ъгъл на обръщане на кристала, дефакто се достига само при максимална контрастност; ако тя е по-ниска от максимума, то кристалите се обръщат на по-малък ъгъл, и поради това във връзка с написаното по-горе, времето на това обръщане е повече от заявеното от производителя. Така снижаването на контраста винаги ще води до увеличаване времето на реакция на монитора.

Регулировката "Brightness" – при повечето монитори е реализирана с изменение яркостта лампата на осветяване, а поради това не е свързана с матрицата и не влияе на времето на реакция. Има и монитори, в които яркостта се регулира от матрицата – например, в моделите на Sony съществува отделна регулировка "Backlight", изменяща яркостта на лампата на осветяване и регулировка "Brightness", управляваща матрицата. В случая използвайки последната, очевидно, времето на реакция също ще зависи от положението на регулатора – както показват измерванията, при ниски установени стойности то може много силно да се увеличи.

Така също трябва да се обърне внимание на несиметричността на времето на реакция – иначе казано, на разликата между времето на загаряване и времето на гасене на пиксела. Например, ако вземем два монитора с време на реакция 30 ms, но при първия от тях съотношението време на загаряване и гасене е 25/5 ms (типична ситуация за TN матрица), а при втория – 15/15 ms (а това вече е типично за MVA и PVA матрици), то движението на обектите при тях ще изглежда различно – например, тънките черни линии при движение на бял фон при първия монитор ще изглеждат значително по-тънки, отколкото трябва да бъдат, в това време при втория те ще съхранят своята дебелина, ще бъде единствено малко по-светло, възприемайки се от очите значително по-добре, и поради това ще кажем

привиквайки с текста MVA матрицата субективно ще изглежда по-бърза от TN матрицата с толкова по-дълго време на реакция. Ето още една причина, по която е некоректно да се сравняват различните типове матрици само по сумарно време за реакция – като минимално трябва да се знае как това време се дели на времето за загряване и времето за гасене на пиксела.

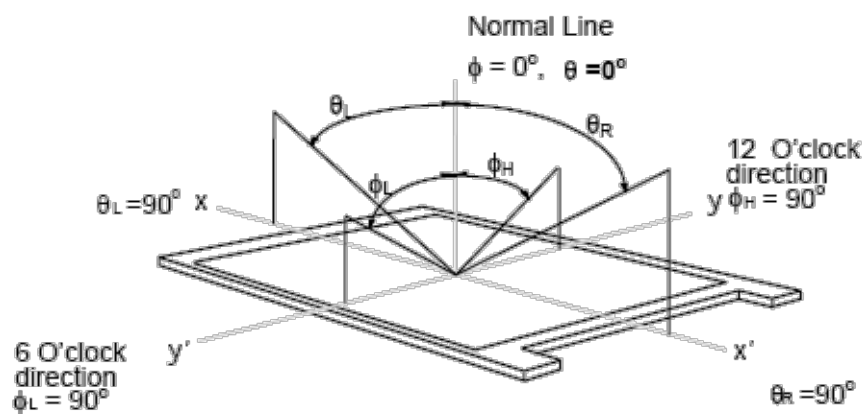
Много често потребители задават един и същи въпрос – как да се измери времето на реакция без използването на каквото и да е специално оборудване. Уви това е невъзможно – като максимум, може единствено субективно да се оцени в категория „това ме устройва” или „това не ме устройва”, пускайки някаква динамична игра. Потребителите, опитващи се да оценят времето за реакция по специални тестове, в които обичайно се използват бягащи на черен фон бели квадрати (например Passmark Monitor Test), правят като минимум една грешка - по замазването на тези квадрати може само да се оцени времето на превключване от черно на бяло и обратно, а както се каза по-горе, реално бързодействащите матрици в повечето случаи не определят това. Освен това, често потребителите прилагат на LCD монитора опити за тестване на ЕЛТ монитори, оценявайки времето за реакция по простиращия се зад бягащите квадрати шлейф. При ЕЛТ монитор действително, имайки предвид техните специфики (практически мигновено загряване на пиксела и експоненциална графика при неговото гасене) бягащите квадрати ще имат ясен край и слабо светещ сравнително дълъг шлейф („опашката” на експоненциалната функция, описваща гаснещия пиксел); при LCD мониторите такъв шлейф ще има не винаги, тъй като при много от матриците графиката има съвършено друг вид, без дълга „опашка” – много хора си правят от това извода, че съвременните LCD монитори надминават електролъчевите тръби (ЕЛТ). Трябва да се обърне внимание на размазаните предни и задни граници на квадрата – именно те демонстрират времето за реакция на матрицата. По долу на фиг.10.11 е показана типична картина за бял квадрат, движещ се по черен фон от ляво на дясно: най-отгоре е фигурата за ЕЛТ монитор (ясен край, но дълъг слабо светещ шлейф), а отдолу LCD монитор (липса на шлейф, но силно размазан край):



Фиг. 10.11

Друг традиционен проблем при LCD мониторите се явява ъгъла на видимост – ако изображението при ЕЛТ практически не се променя при гледане почти паралелно на екрана, то при много от LCD матриците даже малко отклонение от перпендикуляра води до забележимо падане контраста и изопачаване на цветоподаването.

В същото време производителите заявяват, (оказвайки се, повече от колкото е достатъчен) ъгъла на видимост, при повечето модели монитори, че той представлява не повече от 160° както по вертикала, така и по хоризонтала. Проблема тук е, както и с времето за реакция, в това как тези ъгли да се измерят.



Фиг. 10.12

Съгласно текущите стандарти, производителите на матрици определят ъгъла на видимост като ъгъл на относително перпендикулярен на центъра на матрицата при наблюдаване, под който контраста на изображението в центъра на матрицата пада до 10:1 – фиг.10.11.

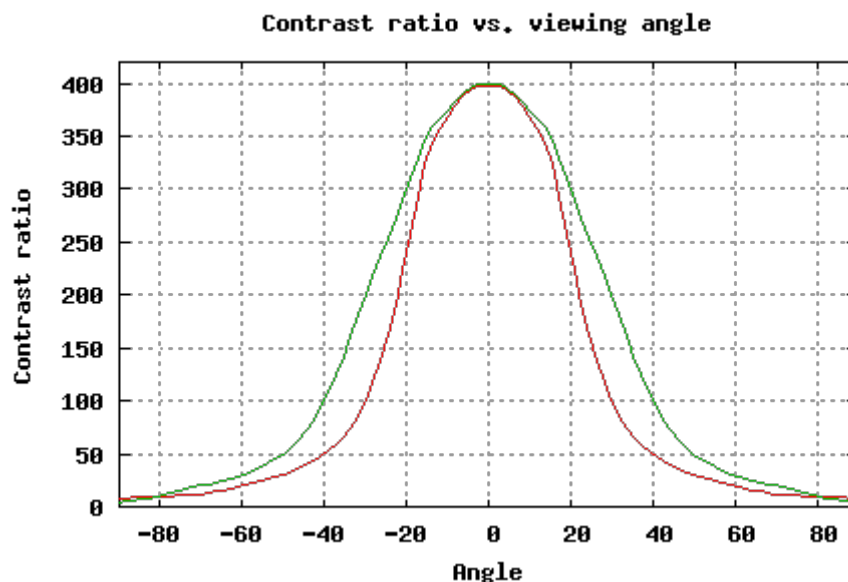
Първо, считайки, че изопачаването на изображението става леко замъглено при падане контраста вече няколко пъти, то има до 100:1 – казано иначе, използваните от производителя критерии е много деликатно, и вече поради това в повечето случаи към заявления ъгъл на видимост следва да се отнасяме скептично, защото на практика ще забележим, че картината ще се отличава от идеалната при много по-малък ъгъл. Освен това, някои производители указват ъгъл на видимост при определен контраст не 10:1, а два пъти по-малко – 5:1, в резултат на което на светлина „леко движение на ръката“ евтината TN+Film матрица с ъгъл на видимост 150/140 градуса ще се превърне в матрица с ъгъл на видимост вече 160/160 градуса. Очевидно, че от гледна точка на потребителя от такава „модернизация“ нищо не се променя – матрицата остава същата, а ето на от точка на зрението заявените характеристики на пръв поглед изглеждат така, сякаш производителя на монитора е почнал да установява нова матрица, с увеличен ъгъл на виждане, и единствено с малки букви е написано под чертата, че се изменя само метода на измерване.

Второ, измерването на контраста става в центъра на екрана, в това време в което човек, намиращ се пред монитора, вижда края на екрана под друг ъгъл, отколкото центъра.

На монитора има абсолютно равномерен сив фон (RGB: {128; 128; 128}), а такава силно падане яркостта между горния и долния край на екрана възниква от недостатъчно големия ъгъл на виждане по вертикала. Не по-малко, яркостта в центъра на екрана е съществено по-близо към идеалната, отколкото горната част на монитора (която изглежда практически черна), а поради стандартния метод за измерване на ъгъла на виждане показва достатъчно голям контраст, за да не се счита вертикалния ъгъл на виждане - 25° (а примерно под такъв ъгъл камерата да вижда екрана) в границата.

Трето, например тази фотография също може да илюстрира още една особеност на заявления от производителя ъгъл – като правило, се оказва сумарния ъгъл в двете страни на нормалата (т.е. в случай с вертикален ъгъл на виждане – се сумират пределния ъгъл при поглед на матрицата отгоре и при поглед отдолу), в това време както за дадения монитор (впрочем, така и за другите модели на TN+Film матрици) ъгъла на виждане отгоре е съществено по-голям, като и ефекта там се проявява по друг – при поглед отгоре долната част на изображението отначало избелява, а после по мерното увеличаване на ъгъла, се инвертира (белия цвят придобива характерния синкав оттенък и потъмнява към светлия оттенък на сивото). В резултат в паспортните характеристики ще получим достатъчно голям ъгъл на виждане по вертикала, пък в реалността малко отклонение от екрана на монитора назад води към повече отколкото е забележимо потъмняване горната част на екрана.

Четвърто, с ъгъла на виждане възниква ситуация, приличаща на описаната по-горе за времето за реакция, измервано само в пределните случаи на превключване на черното към бялото и обратното – да производителя указва контраста, наблюдаван при поглед строго перпендикулярно на екрана, да той също указва под какъв ъгъл този контраст спада до 10:1, но ние нищо не знаем за това как той се изменя между двете точки. По долу на графиката на фиг. 10.13 е показан пример на зависимост на контраста от ъгъла за два различни вида матрици (това е чисто теоретичен пример, даден за нагледност, а не резултат от каквото и да било измерване):



Фиг.10.13

Както се вижда, матрици с такива криви ще имат съвършено идентични паспортни характеристики – максимален контраст от 400:1; ъгъл на виждане (измерен при падане на контраста до 10:1) равен на 160° (по 80° от всяка страна). В същото време ако погледнем матриците под ъгъл, да кажем 40° - то една от тях ще има два пъти по-голям контраст от другата; казано иначе, от гледна точка на потребителя при едната матрица ще има по-голям ъгъл на виждане, отколкото при другата, като в същото време паспортните им характеристики са съвършено идентични.

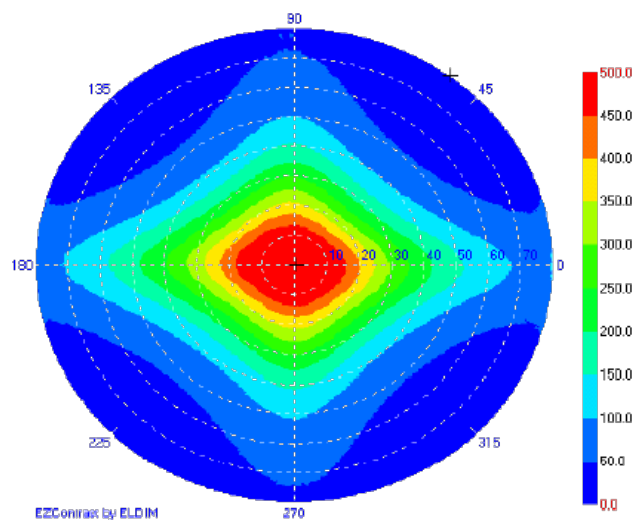
Пето, при измерване ъгъла на виждане се отчита само понижаването на контраста, но и изопачаването на цветоподаването.

Както се вижда, освен потъмняването на белия цвят при поглед отстрани, той също придобива жълто-кафяв оттенък – по този начин в някои случаи изменението на цвета може да бъде дори забележимо, отколкото намаляването на контраста, но при измерването на ъгъла на виждане производителя това не го уточнява.

И накрая, *шесто*, производителите указват само вертикален и хоризонтален ъгъл на виждане, като в същото време очевидно на монитора може да се гледа да кажем и отдясно и отгоре. По долу е показана графика на зависимостта на контраста от ъгъла на виждане (по данни на фирмата Fujitsu – фиг.10.14).

По този начин се получава, че ъгъла на виждане по вертикала и хоризонтала (т.е. именно тези ъгли, които се указват в спецификацията) като един път са максимални, в същото време като „диагонални” ъгли на виждане са съществено по-малки.

И така, паспортния параметър на монитора „ъгъл на виждане”, казано най-общо, говори достатъчно малко за това, как ще изглежда изображението на този монитор.



фиг.10.14

Освен това, с него е свързано такова количество уговорки и специфични особености на различните типове матрици, че за обективна оценка на реалния ъгъл на виждане са необходими достатъчно много изследвания, и поради това единствения практически приложим за потребителя метод на оценка качествата на монитора – това се вижда при различните монитори на живо, не предполагащи на паспортните данни.

10.3. Яркост и контраст

Нека първоначално да се запознаем с терминологията: под яркост се разбира яркостта на белия цвят (т.е. на матрицата се подава максимален сигнал) в центъра на екрана, под контраст – отношението ниво на белия цвят към ниво на черния, също в центъра на екрана.

Проблема с контраста принципно за LCD матрицата е в сила само за техния принцип на действие. За разлика от абсолютно повечето електронни устройства отразената информация (ЕЛТ, електролуминисцентни и светодиодни табла, OLED и т.н.), по отношение към светенето на матрицата се явява не активен, а пасивен елемент – казано иначе, тя не е способна да излъчва светлина, а единствено е способна да модулира преминаващи през нея. Поради това зад LCD матрицата винаги се намира модул за подсветка, а матрицата управлява единствено своята прозрачност, отслабвайки светенето от модула за подсветка в зададеното количество. Регулирането на прозрачността се осъществява за сметка обръщането равнината на поляризация – течните кристали разположени между двата сънаправляващи поляризатори: сънаправляващи означава, че ако светлината между тях не измени своята поляризация, то той ще премине през втория поляризатор без загуба. Ако пък равнината на поляризация бъде променена от течните кристали, то втория поляризатор ще задържи своя поток и съответстващата клетка ще изглежда черна. Но по различни причини поради неидеалността на поляризаторите, не идеално точното разположение на кристалите и т.н. – задържането на цялата светлина е невъзможно, и поради това някакъв процент винаги ще преминава през матрицата, „подсветвайки” малко черния цвят на монитора.

Тези измервания се дават от производителя на матриците, а не от тези на мониторите, и поради това се правят на специален стенд, където матрицата се включва към източник на тестов сигнал, а лампата за подсветка се захранва с така определена величина – по този начин се получават някои еталонни стойности. Но реално към мониторите се добавя влиянието на неговата електроника, която на първо място тя е различна от лабораторния генератор на сигнали, на второ, в някаква степен се управлява от потребителя, регулирайки яркостта, контраста, цветовата температура и други параметри, и поради това и реалните параметри на монитора много често не съответстват на заявените. Например, ако

електрониката на монитора даде не голяма „подсветка” на черния цвят (разбира се този ефект единствено за някои евтини модели той е достатъчно разпространен), то реалния контраст ще се окаже значително по-нисък от заявения.

При това дори заявената от много производители на матрици за своите изделия контрастност 500..700:1, въпреки че на оказващата се най-голяма стойност на практика все още не може да обезпечи действително дълбок черен цвят, ако се погледне екрана при неярко външно осветяване, то той ще изглежда тъмно сиво, но не и черно. При реален контраст от 200...300:1 се вижда, че прониквайки черния цвят просветва лампата за подсветка, и това не представлява никаква трудност.

За оправдания на производителите на LCD монитори понякога се среща мнение, че прекалено големия контраст на матрицата влияе негативно на зрението, излишно уморявайки очите. Това е коренно грешно – няма „твърде ниско” ниво на черното, защото в идеалния случай той трябва да бъде не просто ниско, а нулево, и именно това ще означава, че монитора може да произведе настоящия черен цвят без каквито и да е уговорки. Очевидно при това паспортният контраст ще бъде безкрайно голям (разбира се, понеже повърхността на екрана не се явява абсолютно черно тяло, то тя ще отразява в едно или друга степен падащите на нея външна светлина, но все пак в дадения случай се говори именно за паспортната контрастност, при измерването на която външно осветяване няма). Съществува и още един мит, при който с лека ръка се заключава, че производителите увеличават паспортния контраст на матрицата, увеличавайки яркостта на белия цвят при неизменена яркост на черния, което води до това, че паспортния контраст се увеличава, а реално – не, защото потребителя работи при такава яркост, която за него е най-комфортна, а не при максимално възможната. Очевидно, че е в сила принципа на действие на LCD матрицата, че увеличаването на яркостта е възможно само при увеличаване интензивността на подсветка. Нека яркостта е равна на L , тогава нивото на белия цвят ще бъде равно на

$$L_w = L \cdot n_w,$$

където n_w е коефициентът на пропускане на открития пиксел (той е много по-малка стойност, когато част от светлината при прехода си през кристала и поляризатора винаги се губи), а нивото на черния цвят е съответно

$$L_b = L \cdot n_b,$$

където n_b е коефициентът на пропускане на затворения пиксел (той не е повече от нула). Съответно, контраста ще бъде равен на

$$C = L \cdot n_w / L \cdot n_b = n_w / n_b$$

при това коефициентите на пропускане на откритите и закритите пиксели ще зависят само от характеристиката на самата матрица, но по никакъв начин не и от яркостта на подсветка, и поради това и паспортната контрастност на матрицата няма да зависи от яркостта на подсветка и ще се определя само от вътрешните характеристики на самата матрица. По този начин, увеличаването на яркостта никак не помага на производителите да вдигнат заявения контраст на матриците, а разпространеното мнение за обратното няма никакво фактическо основание.

Понякога в оправдание за съществуването на този мит се цитира мнението, че в реални условия също ще играе роля и външната осветеност на матрицата, понякога – например, при нормална дневна осветеност на помещението – даваща очевиден принос към нивото на черното (в този случай „визуалния” контраст ще бъде равен на

$$C_{vis} = (L \cdot n_w + L_{ext}) / (L \cdot n_b + L_{ext})$$

където L_{ext} е външната осветеност; в този израз очевидно, с увеличаване L се увеличава и C_{vis} , но още един път да подчертая, че идва дума за паспортния контраст на матрицата, който се измерва от производителите им без отчитането на каквато и да било външна осветеност.

Освен това, за да се измери контраста на матрицата в условията на специален тестов стенд, а не като готов монитор (т.е. без отчитане особеностите на електрониката на този монитор) потребителя може сам да регулира яркостта и контраста, като така също ще влияе

на много параметри на изображението, при което как именно влияе – зависи от реализацията на тези регулировки отново пак в конкретните модели монитори.

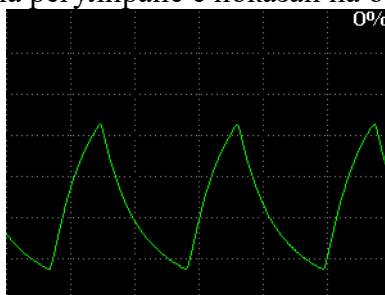
Първо, не е съвсем коректно да се говори, че потребителите променят контраста и яркостта ръчно със съответно “Brightness” и “Contrast”, тъй като вече възниква въпроса – яркостта на кое те регулират, и за сметка на кое променят контраста. Както вече отбелязах по-горе, в идеалния случай яркостта на пиксела L се определя като

$$L = B + x \cdot C,$$

където B – величина, непряко зависеща от положението на регулатора “Brightness” на монитора; C – величина, зависеща от положението на “Contrast”; x – сигнал, подаван на даден пиксел от компютъра ($x=0$ съответно за черен цвят, а максимална стойност на x – при белия цвят).

От тук е очевидно, че регулирайки с “Contrast” потребителя променя яркостта на белия цвят (а по точно казано и всички оттенъци на сивото, но при това черния цвят остава непроменен), а с регулировката “Brightness” – яркостта както на черното, така и на бялото едновременно.

При повечето монитори регулировката “Brightness” е реализиране с изменението на яркостта на лампата за подсветка – впрочем, това е съвсем очевиден начин. Използваните в мониторите лампи за дневна светлина със студени катоди (CCFL – Cold Cathode Fluorescent Lamp) позволяват това да става по два начина – или регулирайки тока на разряд в лампата, или (както и първия метод позволява регулирането на яркостта единствено в сравнително не големи граници, при силно напускане тока от номинала се загубва стабилността на разряда в лампата) с помощта широчинно-импулсна модулация захранването на лампата при сравнително не голяма честота (сравнително – поради това, че тя е достатъчно малка за точката на зрение физическия разряд на лампата, но при това е достатъчно голяма, за да не забележат очите блещукането на подсветката; на практика честотата е обикновено от 200 до 500 Hz). Широчинно – импулсната модулация – това е много разпространен метод за регулиране напрежението и тока, заключавайки се в това, че в зависимост от нужното напрежение се регулира ширината на подаваните импулси при постоянната им честота и амплитуда – и средното напрежение като единица се оказва пропорционално на тази ширина. На практика процеса на регулиране е показан на осцилограмата долу на фиг.1.12:



Фиг.10.15

Този сигнал е снет не от захранващата мрежа на лампата, а с помощта на фотодатчик вече от екрана на монитора, поради това импулсите са силно изгладени за сметка на послесветването на луминофорната лампа, и на картината ясно се вижда, как нараства средната яркост. При това разстоянието между пиковете не се променя с изменението на яркостта, и поради това е очевидно, че се използва именно широчинно – импулсна модулация.

Също така се среща регулиране яркостта с помощта на матрицата – при увеличаване яркостта потребителите на монитора добавят към подавания на матрицата сигнал постоянна съставяща. При този начин на регулиране, уви е забелязано, че страда контраста – наистина лампата за подсветка винаги работи на мощност, необходима за обезпечаване на максимално възможната за монитора яркост, и поради това при работа на не голяма яркост, даже добавяйки към сигнала на постоянна съставяща вече ще се равнява на нула, такъв

монитор ще покаже нарочно по-високо ниво на черното, отколкото модел с регулиране яркостта с помощта на лампи за подсветка – нека при нас яркостта на черното да е равна на:

$$L_b = L \cdot n_b,$$

където L – яркостта на подсветка, а n_b – коефициента на пропускане на пиксела в закрито състояние. Така също при нашите монитори матриците са еднакви с максимална яркост 250 кд/м^2 (съответно, n_b при тях също ще са еднакви), ние искаме да получим яркост на екрана 100 кд/м^2 – тогава в монитора регулирайки яркостта на лампата за подсветка L ще падне до 2,5 пъти по малко, отколкото на монитора с регулирайки матрицата.

Освен това, регулирайки яркостта с помощта на матрицата се влияе и негативно на времето за реакция. Най-вече нагледно всички тези ефекти могат да се наблюдават при мониторите Sony, при които възможност за регулиране яркостта както с матрицата (параметърът “Brightness” е в екранно меню), така също и с лампата за подсветка (параметърът “Backlight”).

За самата величина яркост може да се каже единствено това, че тя зависи от конкретната задача и от външната осветеност – ако за работа с текст яркостта трябва да е от 70 до 130 кд/м^2 , то за игри и гледане на филми комфортната яркост може да стигне до 200 кд/м^2 и дори повече. Ако сравняваме LCD монитор с ЕЛТ, то при последния типичната работна яркост е $80\ldots 100 \text{ кд/м}^2$ (при моделите, произведени през последните няколко години, има режим за повишаване яркостта – те са се появили след като е станало възможно постигането приемлива фокусировка на лъча в такива режими; въпреки, че така или иначе в повечето случаи са пригодими само за филми и игри – с тази точка на виждане LCD панелите, имащи идеално точно изображение при каквато и да е яркост, отдавна са ги превзели), но контраста на хубавите ЕЛТ монитори леко превишава 1000:1, остава недостижима за повечето LCD монитори.

Така също при LCD мониторите често страдат и други техни параметри, като равномерността на подсветка, като на практика той обикновено силно страда като единица матрици с нисок контраст. По-често това се проявява при светли или тъмни ивици или петна (светлите петна понякога могат да съответстват на разположението на лампата за подсветка), понякога също при вида на светли ивици непосредствено в края на матрицата – те възникват, ако матрицата при сглобяването на модулите леко се притиска в корпуса (има се предвид именно метален корпус на модула, а не пластмасов корпус на монитора, играещ чисто декоративна роля).

10.4. Цветово предаване

От точка на зрението за цветовото предаване производителите обикновено указват само една цифра – качеството на цветовете, което традиционно е равно на 16,2 млн. или 16,7 млн. Въпреки, че тук вече има измама – работата е в това, че много от произвежданите сега матрици (а от „бързите“ матрици – всички погледом) не могат да изобразяват повече от 262 хиляди цвята (това съответства на 18 бита, или по 6 бита на всеки от трите базови цвята).

Изображението на 18 битова матрица без допълнителни мерки изглежда почти винаги трагично – фактически такава матрица е пригодима само за работа в офис и още за игри (и то само в някои случаи). По тази причина производителите на матрици реализират в тях т.нар. FRC (Frame Rate Control) – метод за симулация на недостигащите цветове, при който цвета на пикселите се променя с всеки кадър в не големи граници. Да допуснем, че трябва да изведем цвета RGB: {154; 154; 154}, който физически нашата матрица не поддържа, но тя поддържа два съседни цвята - RGB: {152; 152; 152} и RGB: {156; 156; 156}. Ако един след друг (с честотата на кадровата разбивка) изведем тези два цвята, то в резултат на близостта на техните цветове и инерционността както човешките очи (очевидно, не възприемащи блещукането на честота 60 Hz), така също и самата матрица („изглаждащ“ момент на превключването на цветовете) ще видим някакъв усреднен цвят, т.е. търсения

RGB: {154; 154; 154}. Разбира се, това е симулация, не достигаща до пълноценен “true color” цвето предаване, и поради това в описанията на монитори с такива матрици обичайно се указва, че те възпроизвеждат 16,2 млн. цвята – казано иначе, указването на толкова цвята говори за това, че монитора има 18 битова матрица. За съжаление, указвайки, че монитора възпроизвежда 16,7 млн. цвята, още не говори за нищо – много от производителите така маркират моделите с тези 18 битови матрици.

На практика могат да се прилагат по-сложни механизми от FRC, работещи в съчетание с по приемливи за потребителя механизми (когато нужния цвят е формиран от няколко разположени близо пиксели с не много различаващи се цветове), т.е.менящия се на всеки кадър цвят не на един пиксел, а да речем, на група от четири пиксела – това позволява по-точно предаване на недостъпни за матрицата оттенъци на цвета, но в същност от това като цяло не се променя – такива матрици може да се наричат единствено условно „пълноцветни”.

Съответно, качеството на цветовото предаване на такива матрици в голяма степен се определя от качеството на реализация на FRC. Основно, се срещат два проблема – първо, това че напречните полюси на плавния цветови градиент, в най-лошия случай ще изглежда така, както ще бъде в матрицата и няма да има никаква FRC. Впрочем, този недостатък по скоро се отнася към първото поколение „бързи” матрици и за последните модели монитори се среща рядко, макар че леко проявяване „на ивици” на градиента от време на време също има. Второ, при някои сложни картини (например, при еднопикселна мрежа, наистина е толкова по-голяма, ако се съчетае с плавен градиент) алгоритмите на FRC могат да дадат резултат, водещо до мъждукане на изображението – от едва видимо до много силно, правещо невъзможно работата с монитора. Впрочем, последното при съвременните монитори също се среща достатъчно рядко и обичайно се оказват част от съвсем евтините модели на производителите. Също така трябва да помним, че качеството на работа на FRC (и съответно, свързаните с него второстепенни ефекти) може да зависят от установените на монитора контраст и яркост (в случай че последната се регулира от матрицата, а не от лампата за подсветка) – в такъв случай мъждукането на картината може да възникне само при определени настройки на монитора. Впрочем, при всички случаи мъждукане, като правило, възниква само при достатъчно специфични изображения, не пречейки на обичайната работа с монитора.

Следващия след разрядността на матрицата проблем за обезпечаване качеството на цветовото предаване – това е гамма-компенсацията. По-горе, говорейки за яркостта и контраста, бях казал, че зависимостта между входния сигнал и яркостта на пикселите е линейна ($L = B + x \cdot C$), но на практика това не е така – тази зависимост е степенна и изглежда така

$$L = B + x^{gamma} \cdot C,$$

където – *gamma* е някакво число.

Може да се каже, че гамма-компенсацията се е появила и съществува повече по исторически причини, отколкото по технически – работата е в това, че електронно лъчевите тръби сами по себе си имат предавателна характеристика (т.е. зависимост между входните и изходните сигнали), близка към степенна с показател около 2,5. При операционните системи за РС дълго време нямаше никакви средства за управление на цветовете (CMS – Color Management System), и поради това *gamma* = 2,5 традиционно се съчетава със стандартните стойности за Wintel платформи. При Apple Macintosh, използващи се традиционно за полиграфия, обработка на фотоизображения, цветови корекции и подобни задачи, стойностите на *gamma* частично се коригират – намалява до 1,8. Разбира се, за да може потребителя да види на екрана неизопачена картина, тя трябва предварително обработена с функцията

$$I = I^{1/gamma},$$

където i – общата яркост, I - изходната яркост на картината, а $gamma$ – същото това число $gamma$, както и при системата, на която тази картинка се обработва; тогава за потребителя картинката ще се опише с формулата

$$L = B + (I^{1/gamma})^{gamma} \cdot C = B + I \cdot C$$

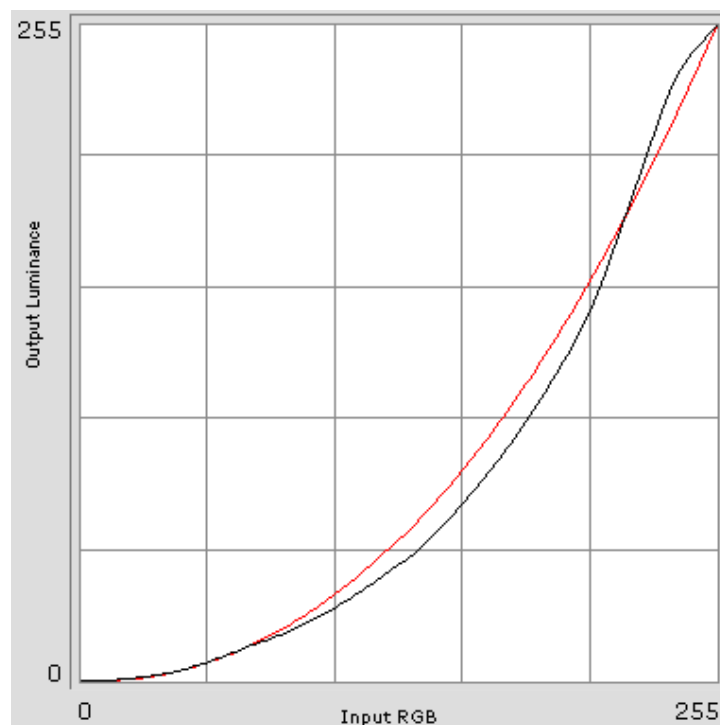
т.е., ако той види оригинала I , коригиран единствено с отчитане контраста C и яркостта B на монитора. Тъй като стойностите на $gamma$ са различните платформи, то и изображенията е необходимо да се компенсират различно, и поради това, например, изображение, подготвено за Mac`a, на PC ще изглежда твърде тъмно, а подготвено за PC – на обратно, ще изглежда твърде светло на Mac`-а. Поради това преди около 10 години с активно участие на Microsoft и HP е разработен стандарта sRGB “A Standard Default Color Space for the Internet”, в който стойностите за $gamma$ са били определени да са равни на 2,2 (казано точно в sRGB гамма-кривата е съставена от две независими функции, но едната достатъчно точно се описва и една функция при $gamma=2,2$) – по този начин, подготовката на изображенията в съответствие с sRGB ще изглеждат еднакво хубаво (или, както предпочитат да казват скептиците, еднакво лошо) както на Mac, така и на старите PC с $gamma=2,5$. На дадения момент sRGB се явява стандарт както de jure, както и de facto, и съвременните монитори в повечето си случаи първоначално се калибрират на $gamma=2,2$.

Обикновено, за обосновка от необходимостта от компенсация се казва, че тя позволява увеличаването на точността на предаване на тъмните отенъци (разбира се, за сметка намаляването на точността на предаване на светлите) – наистина човешките очи имат логаритмична характеристика на чувствителността, т.е. той много по-лесно ще забележи изменението на тъмните тонове, отколкото такова по нарастващо изменение на светлината, и поради това точността на предаване на светлите тонове може и да се пожертва. Теоретичния разчет показва, че при $gamma=2,2$ точността, еквивалентна на 9-битово кодиране, достига само за 7 % най-тъмните отенъци, а еквивалентното 10-битово – само за 3 % (очевидно, че няма смисъл да говорим за 11-битовата точност на предаване на тъмните отенъци – до тези цветове, до които достига, практически са неотличими от черното), но при това за 75 % светли отенъци точността на цветовото предаване намалява – това е сравнимо със загубите при съхранение в JPEG със средно качество (ако, разбира се, не се отчита, това, че JPEG внася още и геометрични артефакти, а не само влошаване на цветовото предаване). Оказва се, всичко е добре, с отчитане гореспоменатите особености на зрението може да се заблуждаваме, че сме подобрили точността на предаване на тъмните цветове и на да не обръщаме внимание на влошаването на качествата на светлите, но уви, на практика всичко не е така хубаво. Първо, изображенията имат не идеално качество – те са ограничени от възможностите на фотоапарата (скенера, et cetera), с помощта, на който са получени; ако говорим за тъмните тонове, то точността на тяхното предаване на първо място се определя от нивото на шума CCD или CMOS – матрицата на камерата (причините за шума може да са много – фотонен шум, сверяващ шум, тъмния ток на матрицата и т.н.). Така отношението сигнал / шум дори за висококачествени камери с охлаждащи се матрици, приложими за научни цели (в астрономията, спектроскопията, микробиологията, и т.н.), при много добрите камери е 60...65 dB (за достигането на такива цифри се прилагат минимум двустепенно охлаждане по Пелтие на елементите с активно въздушно оглаждане на радиаторите им и обща температура на CCD – матрицата от порядъка – 10...40°) – което съответства с точност около 10 бита (1 бит = 6,2dB); но обичайно фотокамерите, включително и професионалните, осигуряват отношението сигнал/шум в по-добрите случаи до 40...50 dB, което съответства на точност само 7...8 бита. Казано иначе, какъв е смисъла от допълнителни битове точност, ако дори при стандартна 8-битова точност младшият бит фактически ще предава само шум от матрицата.

Освен това, гамма компенсацията сама по себе си снижава точността на цветовото предаване – както непосредствено при изпълнението на тази компенсация за сметка на грешките от окръгляване, така и при последваща обработка на компенсиращите изображения, при което най-забележими са тези изкривявания именно в тъмните области

от изображението, които гамма компенсацията би трябвало да предаде с голяма точност, отколкото линейното отразяване. Не по-малко, в близко бъдеще отказа от гамма компенсация не ни заплашва – твърде голямо количество оборудване разчита на работата с нея.

При ЕЛТ зависимостта е изначално близка към степенната, то при LCD матриците тя ще е по форма близка към S-образна – казано иначе, за получаване на необходимата степенна зависимост в LCD монитора е жизнено необходимо да има корективна таблица, привеждаща наличната зависимост към желаната. Съответно, качеството на цветовото предаване на монитора от тази точка на зрение ще зависи от това, доколко щателно производителя ще опише профила на монитора в брошурата му. Първо, на практика производителите намират някой компромис между калибровката на всеки монитор (което е неприемливо от зрителна гледна точка скоростта на работа на конвейра – калибровката заема не по-малко от четвърт час) и еднократна калибровка в началото на пускането на нов модел (което е неприемливо от зрителна гледна точка качествата – характеристиките на матриците от разни партии могат да се различават); второ, дори калибрирането, разделено за всяка партида матрици, още не гарантира, че тази калибровка ще бъде направена добре и качествено. По-долу на фиг.10.16 е показан пример на калибровъчни криви за монитор Acer AL1715 (червената, синята и зелената линии – разчетни криви за $\gamma=2,2$, черните – експериментално измерени криви за съответстващия цвят):

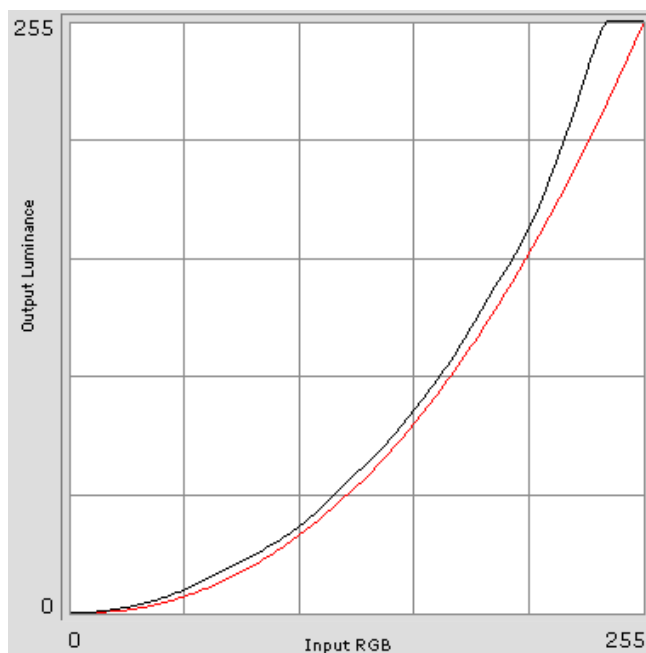


Фиг. 10.16

На тази графика хубаво се вижда, че „първоначалната” S-образна характеристика на матрицата компенсирана не напълно – в средата на диапазона яркостта спада надолу, в областите със светли оттенъци, наобратно, монитор отразява цветовете по-ярко, отколкото те трябва да бъдат. Впрочем, такова отклонение още не е много критично, а домашните потребители дори няма и да го забележат, но се срещат и значително по-сериозни случаи.

Това е графика за монитор Iiyama e-Yama. Както се вижда, тук производителя се е престарал – цветовете преминават в насищане малко по-рано в крайната права и точка на графиката. На практика това означава, че да кажем, цвят RGB: {224; 224; 224} ще се изобразява не като светло сиво, а като чисто бяло – казано иначе, монитора няма да различава частите със светли оттенъци, и ще ги възпроизвежда всички като бял цвят. Има аналогична ситуация и с тъмните оттенъци – в този случай монитора ще възпроизведе

тъмно сивия цвят като черен (понякога се срещат даже парадоксални ситуации, когато цвят RGB: {5; 5; 5} се оказва по-тъмнеещ от черния RGB: {0; 0; 0}). Освен това, качеството на настройката на цветовото предаване също зависи от установените яркост и контраст – ако хубаво настроен монитор възпроизвежда пълен цветови диапазон в достатъчно широки граници на потребителските настройки (да кажем при яркост на белия цвят от 50 до 150 /кв.м), то в някои модели дори сравнително малко изменение регулировката за контраст или яркост от идеалното положение (т.е. положение, при което се възпроизвежда целия диапазон на оттенъка) ще доведе до загуба или на тъмните (при намаляване яркостта), или на светлите (при увеличаване на контраста) тонове.



Фиг. 10.17

Също на графиката бързо може да се види, че кривите за различните цветове не съвпадат – едни преминават по-ниско, други по-високо. Това води до отклонение тоналността на изображението на монитора (казано иначе – цветовата температура) от зададеното, при което, при различни участъци от динамичния диапазон разликата в кривите на различните базови цветове ще бъде различна, също и отклонението на цветовата температура ще се променя в зависимост от това, какво въвеждаме ние светли или тъмни оттенъци. Това е невъзможно да се направи с точно коректировка на тоналността с помощта на щатните настройки на монитора – т.е. разделна регулировка RGB – като настройваме точния баланс на цветовете за един участък от диапазона (да кажем за светло сивия цвят), в друг диапазон (например при тъмно сивия) ние, наобратно ще влошим този баланс. Единствения изход от тази ситуация – е калибровка на монитора с помощта на апаратния калибратор, който създава ICC-профил, отчитащ всички особености на цветовото предаване на монитора. Впрочем, може да се пробва да се създаде профил и ръчно, като в някой случаи цветовото предаване на монитора първоначално е настроено толкова лошо, че да се поправи ситуацията напълно не може дори с апаратен калибратор.

Цветовата температура определя тоналността на изображението на екрана на монитора – колкото по-ниска е температурата, толкова е по-топъл цвят (наистина такава е възприятието на човек – като най-студен той възприема спектъра на излъчване на тела, които дефакто са най-горещи). Необходимостта от нея възниква поради това, че от зрителна гледна точка човешките очи нямат като този универсален бял цвят, който очите винаги ще възприемат като бял – в зависимост от условията очите се подстрояват под някакъв диапазон. Това е възможно да се наблюдава, например, да вземем мобилен телефон с

подсветка на екрана в бял цвят, полагайки го на лист бяла хартия и гледайки на него първоначално при обичайна дневна светлина, а после при осветяване с лампа – в първия случай екрана на телефона ще изглежда бял или дори леко жълтеещ, а във втория неочаквано придобива синкав оттенък, тъй като очите ще се ориентират в своя „баланс на бялото“ по листа хартия, на който лежи телефона, а този цвят, по своята същност, се определя от спектъра на източника на светлина, който при лампа на дневна светлина има явно отклонение в „синята“ област, а при битовите лампи с нажежаване – към „жълто“. Точно по този начин и оттенъка на белия цвят на екрана на монитора леко ще се променя в зависимост от външната осветеност – само в малка степен, защото площта на екрана на монитора е много по-голяма, отколкото при телефона, и очите вече в по-голяма степен се приспособяват и по нея също. По тази причина се препоръчва установяване на екрана на монитора на такава цветова температура, при която – при дадена външна осветеност – белия цвят на екрана няма да има каквито и да е допълнителни оттенъци.

Цветовата температура се измерва в Келвини (K) и е равна на температурата на абсолютно черно тяло, излъчващо в такъв спектър. Съществуват три най-разпространени стойности – 5500 K (тази температура е била въведена в обръщение от специалистите на компанията Kodak под наименованието „daylight“, благодарение на което се носи шегата, че в природата тя съответства на цветовата температура на полудневна слънчева светлина около офисите на тази компания), използващи се предимно при печат и във фотографията, 6500 K (за сравнение – цветова температура 6000 K съответства на ярка слънчева светлина при безоблачно небе, а температура 6500...7000 K има небе с лека облачност), използваща се при обработка на изображение на монитора, също и температура 9300 K, съответстваща в природата на цветова температура на лек тон в ясен ден. Ако говорим за изкуствените източници на светлина, то обичайната битова нагряваща лампа и лампа за дневна светлина с „топъл“ луминофор – около 3000 K, лампа за дневна светлина с „студен“ луминофор – 4000 K.

При гореспоменатия стандарт sRGB се препоръчва цветовата температура 6500 K(D65), и поради това при абсолютно повечето монитори именно тази температура е установено по подразбиране. Впрочем, и не минава без специфичните за LCD-мониторите капани – първо, цветовата температура може съществено да се различава за различните оттенъци на сивото. Ако за отделно добре настроени монитори температурата на бялото и 50 % сив цвят обичайно се различават максимално с няколко десетки градуса, то за повечето (за съжаление) модели разликата може да достигне 500 K и повече, включително до хиляди градуса за високите температури – това означава, че например, ако белия цвят изглежда действително бял, то светло сивия ще придобие леко синкав оттенък (обичайно температурата е по-голяма именно за сивия, макар че понякога се срещат и изключения). Второ, LCD мониторите в абсолютно си болшинство имат три-четири стойности на температурата, а потребителя трябва да избира от тях най-подходящата; за ръчна и плавна регулировка на температурата може възползвайки се от разделната регулировка на трите основни цвята (R, G, B), което е по-малко удобно и са необходими по-големи навици за достигането на добри резултати.

Още един пример, в някаква степен определящ качеството на цветовото предаване, се явява така наречения цветови обхват. Както е известно, човешките очи възприемат светлина в диапазона на дългите вълни примерно от 390 nm до 760 nm, възприемайки различните по дължина вълни като различни цветове – от виолетово до червено. В същото време различните устройства за изобразяване на информацията, като правило, възпроизвеждат съществено малък диапазон от цветове. Най-удобно това се наблюдава на така наречената цветова диаграма CIE. В цветовото пространство CIE необходимият тон се задава с три координати – две от тях задават цвета, а третата – яркостта; но на диаграмата присъстват само две координати, определящи цвета, при това там се отделя пространството от цветове, видими за човешките очи (границите на това пространство съответстваща на

чистите цветове, които могат да създадат монохроматичните източници на светлина, вътрешната област – цветовете с по-сложни спектри)



Фиг. 10.18

На тази диаграма отделената с бял триъгълник област, съответстваща на цвето предаването на устройство, на съответния стандарт sRGB, а белия кръг в центъра – точка на белия цвят при цветова температура 6500 K. Както се вижда, диапазона цветове sRGB е много по-малък в сравнение с видимия с очи диапазон, и поради това много цветова на етапа на получаване на изображение се оказват за него пределни (например, sRGB монитор по принцип е неспособен да възпроизведе нито един действително чист цвят) – в този случай те се заменят с цветове, лежащи на границата описана от sRGB триъгълник. В някои случаи това, разбира се, води до достатъчно забележими артефакти.

Освен sRGB, има също и други цветови пространства, описващи значително голям цветови диапазон – това са Adobe RGB и NTSC (като най-често срещани се обсъждат на монитори). Ако sRGB пространство обхваща единствено 35 % от видимите от човешките очи цветове, но при Adobe RGB пространство този показател е 50,6%, а при NTSC – 54,2%. Впрочем, на дадения момент практически всички монитори съответстват на sRGB стандарт, при това, благодарение на това, че цветовия обхват се определя физически само от характеристиките на лампата за подсветка и цветовите филтри на панела при LCD мониторите и характеристиките на луминофора при ЕЛТ, различията между различните модели (включително до различията между ЕЛТ и LCD мониторите) не са толкова големи, за да е забележимо влиянието на цветовото предаване – качествата му първоначално се ограничават от други фактори. Работата е в това, че лампите имат много неравен спектър на излъчване, състоящ се от няколко пикове и ивици, в същото време както при светодиодите той е много равномерен и много хубаво се вписва в периодите от време на пропускане светлинно филтровите матрици, което и позволява съществено подобряване на изображението. На дадения момент такива монитори се намират в стадии на разработка. И разбира се, това на първо време ще бъдат професионални монитори със съответстващи им цени – макар че, с времето светодиодната подсветка по-скоро от всичко ще достигне и до домашните монитори само ако по-първите LCD матрици не предадат своите позиции на OLED матриците, на които не е необходима въобще подсветка. Както се вижда, обезпечаването на качеството на цветовото предаване – е твърде сложна и комплексна задача и ако при случая с контраста, ъгъла на виждане или времето за реакция може да се каже, че заявената от производителя стойност описва само част от характеристиката, то тук само един надпис “16,7 millions of colors” на телевизионния приемник не говори практически нищо.

10.5. Сравнителен анализ и характеристики на използваните матрици при телевизионните приемници

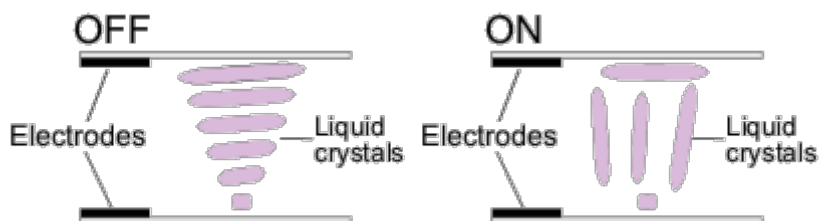
Тъй като значителна част от параметрите на монитора се определят от типа на използваната в него матрица, на този етап са се наложили четири основни (TN+Film, S-IPS, MVA и PVA), като в тази глава ще представим характерните особености на различните типове матрици.

10.5.1. TN+Film матрици

TN матриците (на ранния си етап от своето развитие са получили и приставката “Film”, означаващ допълнителен тънък слой, подобряващ ъгъла на виждане – така както в настоящия момент всички матрици от този тип имат такъв слой, то отделното упоменаване за него вече е престанало да бъде задължително, и поради това, говорейки за съвременните матрици, “TN” и “TN+Film” може да се счита за синоним) – са най-старите типове матрици, водещи своето съществуване още от времето на пасивните матрици.

TN матриците никога не са се отличавали с високи параметри, като на първо място страда цветоподаването, което при старите LCD монитори е толкова специфично, че към него често пъти е трябвало да се привиква дори в офисните приложения, а за работа с фотографии най-добре и да не се споменава. По тази причина TN матриците дълго време отлагали замяната и заместили на пазара, отначало в лицето на IPS матриците, а после MVA матриците, като на практика всичко се е получило съвсем по друг начин, не както прогнозирали аналитиците.

Своето име – TN се разшифрова като “Twisted Nematic” – тези матрици получават за метода на организиране на течните кристали в панели, при които при подаване на напрежение кристалите се разполагат в спирала оста, на която е перпендикулярна на плоскостта на панела. За съжаление, формата на спирала се оказва леко изкривена (крайните кристали не са точно паралелни на повърхността, а се намират под неголям ъгъл към нея), поради което, очевидно оптичните характеристики на спиралата при поглед от долу (фиг. 10.19) на нейната ос и под ъгъл силно ще се различават – заради първия недостатък TN матриците не могат да се похвалят с голям контраст, а поради втория – голям ъгъл на виждане.

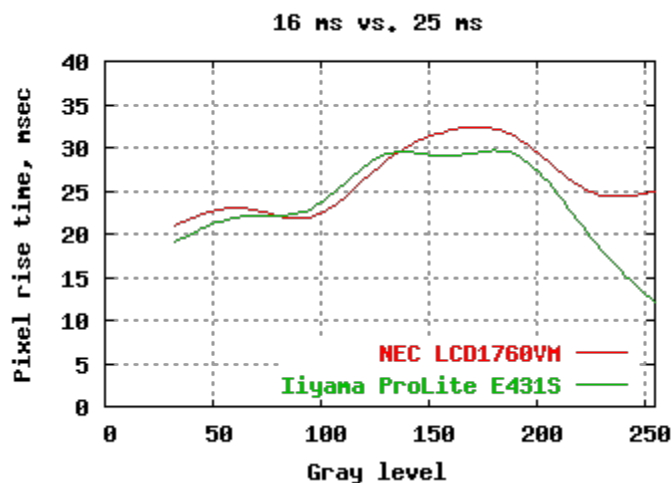


Фиг.10.19

Втория полъх към технологията TN е дошъл с появата на матрици с време на реакция 16 ms. Първо, на този момент това са били единствените матрици, за които може да се укаже такова време за реакция – и следователно, това е било голяма подкрепа за маркетинговите отдели, които вече могли гръмки да рекламират ненадминатите бързи матрици. Освен това, технологията TN – е най-евтината от наличните технологии за производство на LCD матрици, и значи, LCD дисплеите с такива матрици могат да се продават по-евтино, отколкото конкурентните изделия с друг тип матрици. Това съчетание – евтиния и интуитивно разбираема за потребителя характеристика – се оказва практически убийствена за другите типове матрици. Именно тази ситуация е реализирана от производителите на LCD дисплей две години след това – на пазара са пуснати TN матрици, мониторите, на които са едновременно по-евтини от конкурентите на IPS или MVA матрици и „по-качествени” от тях (тази дума е в кавички, защото под качество маркетинговите отдели разбират една-единствена достойна за внимание характеристика на TN – времето за

реакция). В резултат в настоящия момент всички монитори и телевизори, освен буквално няколко модели (някои монитори на Samsung са пуснати на базата на PVA матрици, а Iiyama има модел на базата на S-IPS матрица), се пускат на базата на TN-матрици, и започва настъплението на TN на базара на монитори – до този момент го е спасило фактически само отсъствието на много форматни TN матрици.

За съжаление, на практика времето за реакция съвсем не се явява показател за качество. Първо, времето за реакция от 16 ms за новите матрици е достигнато за сметка на трик, възможен благодарение методиката за измерване времето за реакция. То се измерва само при превключване на матрицата от черен на бял или обратното ... и сега погледната на показаната по-долу графиката времето на превключване на пиксела от черно при грацията на сивото – фиг. 10.20.



Фиг. 10.20

На тази графика са представени резултатите за два монитора – NEC LCD има време за реакция 25 ms, а Iiyama ProLite – 16 ms. За невъоръжено око е видно, че графиките съвпадат практически напълно, с изключение именно при превключване от черно към бяло, където 16 ms матрица се откъсва рязко напред. Такава ситуация не е уникална за дадения монитор – всички TN матрици с време на реакция по-малко от 25 ms демонстрират такива графики. Разбира се, времето за реакция при прехода от черно към сивото също намалява – за съвременните 12-ms матрици то съставлява вече по-малко от 25 ms максимално, и очевидно, че ако продължи по-нататъшното развитие на 25 ms матрици, то и те могат да достигнат такива показатели, с изключение на рязкото падане времето за реакция при преход от черно към бяло. Впрочем, компанията Samsung успяла да постигне време за преход от черното към сивото по-малко от 20 ms в своя модел Sync Master, но все пак това е единствения случай където максималното време за реакция в достатъчна степен съответства на паспортното време – при всички останали монитори сред простиращите се в специализираната лаборатория изгодно „бързи“ матрици при преход от черно на сиво не са много бързи и съставляват не повече от 2-3 ms сравнени с матриците от предходното поколение. Казано иначе, на практика ще открием, че в много случаи 16 ms матрици са по-бързи от 25 ms съвсем не в един път и половина пъти, а 12 ms матрици са по-бързи от 16 ms отново не в 1,333 пъти, а няколко пъти по-малко.

Към настоящия момент 12 ms матрици вече напълно са изместени от пазара, а над тях господстват 2-4 ms модели (говорим за TN+Film). Така смазването на движещите се изображения стана неразлично, необходимото време за реакция от порядъка на 4 ms, при това не само при прехода от черно към бяло, а при целия диапазон на отънъци.

Проблемът на първите 4 ms матрици се заключава в това, че ъглите на виждане са толкова малки, че това е направило фактически неприемлива работата с тези монитори – даже стоейки пред тях неподвижни, все едно невъзможно е да не се отметне, че горната част на екрана е сравнително по-тъмна от долната, а по страните цветовете започват малко да

жълтеят. Казано общо, такава особеност – очевидно потъмняване при поглед отдолу – еднозначно се наблюдава при TN матриците, тъй като при другите типове матрици не се наблюдава.

Разбира се, до този момент възникват забележими подобрения – хоризонталния ъгъл на виждане е станал достатъчен, за това, че стоейки пред монитори дори двама, няма да се оплакват от „мръсно” белия цвят, да и вертикалният ъгъл вече не представлява голямо неудобство, макар че неравномерната яркост на екрана по вертикала до този момент е очевидна дори и при най-добрите матрици.

Контраста на TN матрицата също се запазва сравнително добър. Не гледайки на това, че повечето производители заявяват контраст от порядъка на 500:1, реалният контраст на такива матрици рядко достига дори 300:1, и единствено на не много монитори се отдава да достигнат до 400:1. На практика това означава, че получаването на монитора с TN матрица на качествен черен цвят е практически невъзможно, а вече в полутъмна стая (например, при гледането на филм) черният фон на екрана леко отчетливо ще се осветява.

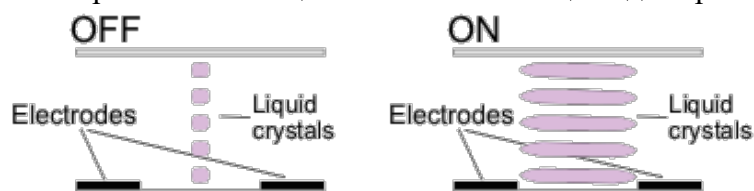
Още един недостатък на TN матриците – в случай на излизане от строя на тънкослойния транзистор на екрана се появява ярка точка, тъй като в неактивно състояние пикселите в TN матриците свободно пропускат светлина. Такива точки са значително по-забележими, отколкото просто тъмните пиксели, особено, ако се каним да използваме монитора в къщи, т.е. преимуществено вечер и за гледане на филми или игри.

Не по-добро е и цветовото предаване в този тип матрици. Освен това, че всички без изключение „бързи” матрици – 18 битови, т.е. изобразяването на 16,2 млн. цвята при тях се достига изключително за сметка на FRC, и още дори без отчитане на тези цветове за TN матриците остава да се желае повече – те са по-бледи, неизразително и сравнително далече от естествените, което прави TN матриците малко пригодени за работа с цветове дори на средно любителско ниво.

По този начин, малкото време за отзвук се оказва не само главно но и единственото предимство за TN матрици – всички останали параметри се намират на твърде средно ниво. Мониторите с този тип матрици са подходящи само за игра или за гледане на филми, а също за обичайните офисни работи, но за сериозна работа по-добре да се обърне внимание на другите типове матрици.

10.5.2. IPS-матрици

Технологията IPS е разработена от компанията Hitachi през 1996 г. именно за отстраняването на двата проблема на TN матриците – малък ъгъл на виждане и ниско качество на цветовото предаване. Своеето название – In – Plane – Switching е получила за сметка на това, че кристалите в клетките на IPS-панела винаги са разположени в една плоскост и винаги в паралелната плоскост на панела (не смятайки малките изкривявания, вносими от електродите). При подаване на клетката напрежение всички кристали се преобръщат на 90°, при това, за разлика от TN, в активно състояние панела пропуска светлина, а в пасивно (при отсъствие на напрежение) – не, така че при излизане от строя на тънкослойния транзистор съответстващия пиксел винаги ще бъде черен – фиг. 10.21.



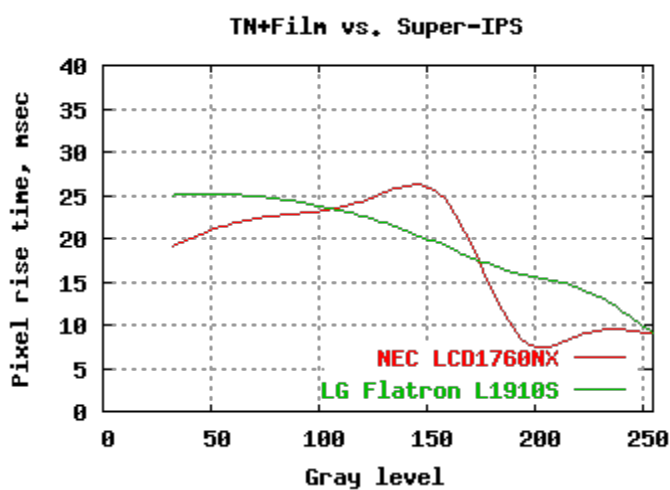
Фиг. 10.21

Както се вижда от фигурата, IPS матриците се отличават от TN не само по структурата на кристалите, но и по разположението на електродите – двата електрода се намират на една пластина, и поради това заемат по-голяма площ, отколкото електродите в TN матриците, което снижава контраста и яркостта на матрицата.

В следствие на базата на IPS са разработени няколко технологии с подобрени характеристики – Super – IPS (S-IPS), Dual Domain (DD-IPS) и Advanced Coplanar Electrode (ACE). Последните две технологии принадлежат на IBM (DD-IPS) и на Samsung (ACE) и фактически не се срещат в продажба – пускането на ACE панел въобще е прекратено, а панелите по технологията DD-IPS се пускат съвместно от предприятията IBM и Chi Mei Optoelectronics, на компанията IDTech; като правило, това са много скъпи модели с високи разрешения, и поради това на пазара те заемат особена ниша, малко пресичаща се с обичайните потребителски пазари. Също и компанията NEC пуска IPS панели под наименованията A-SFT, A-AFT, SA-SFT и SA-AFT, това като цяло и общо не е повече от вариации и следващо развитие на технологията S-IPS.

Но панелите, изпълнени по технологията S-IPS са получили голямо разпространение, на първо място в старанието на още едно съвместно предприятие – LG.Philips LCD, уреждат пускането на сравнително евтини и много качествени матрици.

Освен това – че са скъпи, сериозен недостатък на IPS панелите се явява и времето за реакция – за първите панели то е до 60 ms (и това при „официален” преход от черното към бялото и обратно, при преход между отънъци на сивото), постепенно се отпушва до 35 ms – но дори такова подобрение все още не позволява използването на IPS матриците за игрови монитори. За щастие, в последно време на инженерите се отдаде постигането на снижение на пълното време за отзвук до 12 ms, при което тази цифра практически по равно се дели между времето за загряване и гасене на пиксела. За това при прехода от черния към сивия цвят времето за отзвук сравнено с паспортното расте малко, което позволява съвременните S-IPS матрици практически на равно да се конкурират с TN матрици по този параметър. По долу на графиката на фиг. 10.22, е показано сравнение между времето на загряване на пиксела за 16 ms TN+Film матрици на монитора NEC LCD и 25 ms S-IPS матрица на монитора LG Flatron – както се вижда, графиките са много близки:



Фиг. 10.22

А това, в което IPS матриците винаги са превъзхождали TN+Film, е цветовото предаване и ъгъла на виждане. По качество на цветопрераждане S-IPS матриците фактически не оставят шанс на другите точно кристални технологии – само те демонстрират толкова приятни и меки цветове, много естествени и близки до качествените ЕЛТ монитори. Благодарение на това всички LCD монитори без изключение за професионална работа с цветове се базират именно на S-IPS матриците – от сравнително евтините модели до hi-end монитори от серията Eizo Color Edge са построени със средствата на професионална апаратурна калибровка.

Ъгълът на виждане след TN матриците също не може да не ни радва – стоейки пред телевизора, невъзможно е да се забележи нито дори малки изкривявания на картината, каквито има при мониторите на базата на TN+Film. От тази гледна точка има само един специфичен за технологията IPS недостатък – при отклонение встрани черния цвят

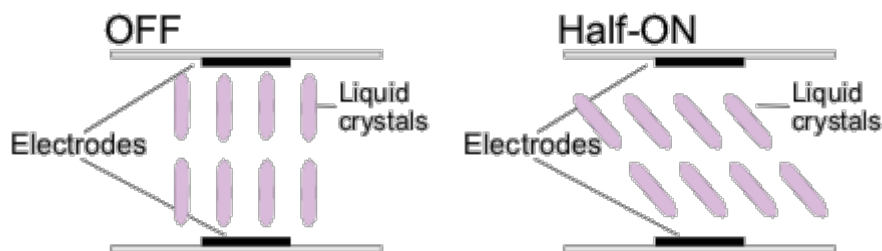
придобива характерния виолетов оттенък (по който, може леко да се различават IPS матриците от всяка друга технология). Единствения действително добре забележим проблем при S-IPS матрици на дадения момент се явява невисокият контраст – като правило, той се намира на нивото на TN матриците от среден клас. На практика това води, че вместо черен цвят на монитора ще се наблюдава тъмносив и ако при работа на дневна осветеност това практически е незабележимо, то при използването на монитора в къщи вечерта, при неярко осветяване постоянната подсветка на черния фон (а вече толкова повече в съчетания с характерния виолетов оттенък при поглед леко отстрани) може малко да ни разочарова.

От гледна точка на целите и задачите монитора на базата на S-IPS матрици са единствения разумен избор за всякаква колкото и да е сериозна работа с цветове. Освен това, тези матрици се явяват най-разумния компромис между различните нужди – те обезпечават отличен ъгъл на виждане и достатъчно малко време за реакция, и поради това отлично прилягат на хора, избиращи за себе си телевизор или домашен монитор за игра, филми и интернет.

10.5.3. MVA матрици

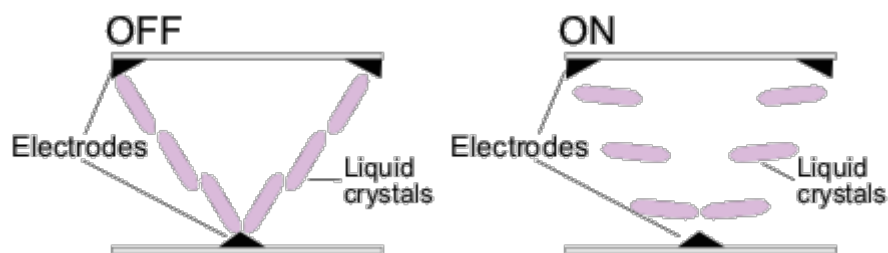
Технологията MVA (Multidomain Vertical Alignment) е разработена от компанията Fujitsu през 1998 г. като компромис между TN+Film и IPS матрици – от една страна, тази технология е позволила да се обезпечи пълно време за отзвук от 25 ms (което на този момент е било свършено недостижимо за IPS и трудно достижимо за TN), от друга страна, MVA матриците имат ъгъл на виждане от 160...170°, което им позволява леко да превъзхождат по този параметър TN и открито да се конкурират с IPS. Освен това, технологията MVA позволява да се получи значително по-висок контраст, отколкото при TN или при IPS.

Предшественик на технологията MVA е била едноименната технология VA, също разработена от Fujitsu две години по-рано. Основният и недостатък се явява малкият ъгъл на виждане. Погледнете показаната по-долу схема – на нея отдясно е специално изобразен напълно открит пиксел. Ако се погледне на него от горе – всички ще бъдат както са и установени, кристалите ще бъдат разположени относително очите под ъгъл 45°, а поради това пикселите ще имат сив цвят; но ако погледнем отдясно, ще видим същите тези кристали под прав ъгъл, което съответства на бял цвят, а ако погледнем отляво – ще видим по дължина кристали, което ще съответства вече на черно – фиг. 10.23. По този начин, VA матриците имат не просто малък ъгъл на виждане – конкретният ефект от увеличаването на ъгъла на виждане още зависи и от това, в каква страна потребителя се отклонява от центъра на екрана.



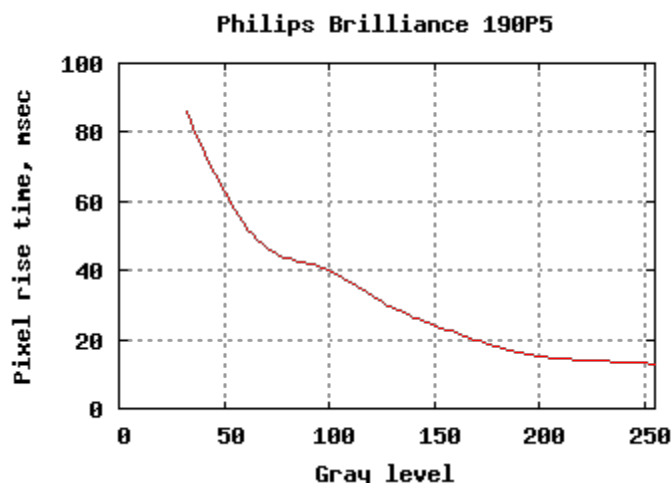
Фиг. 10.23

Решението на този проблем е намерено в разбиването на всеки пиксел на домейни, сработващи се синхронно. Кристалите в домейна са ориентирани различно, и поради това, от каква страна потребителя гледа на екрана, ако кристалите на един домейн са обърнати така, че да пропускат светлина, то кристалите на съседния домейн ще се окажат под ъгъл към тях и светлината ще се задържа (разбира се, освен този случай, когато трябва да се изобрази бял цвят – тогава всички кристали се разполагат паралелно на плоскостта на матрицата) – фиг. 10.24. Както и при IPS матриците, при изключено състояние пиксела не пропуска светлина, а поради това разбитите пиксели на MVA матриците ще изглеждат като черни точки.



Фиг. 10.24

В течение на няколко години аналитиците предричат на MVA матриците светло бъдеще и голяма част от пазара – TN матриците по прогнози трябва да бъдат изместени в ниския сегмент на пазара (те първоначално бяха по-евтини от MVA), скъпите IPS матрици – напротив, в горната, а в основната част от пазара трябва да тържествуват MVA. На тези прогнози не е писано да се сбъднат – вината е в това, освен описания по-горе ефект от появата на по-евтините 16 ms TN матрици, цената на MVA стана сравнително висока в съчетани с много малката скорост на тези матрици. Хитростта тук, както и в почти всички случаи с времето за отзвук, се оказва в методиката за измерване. Впрочем, нека видим графиката на фиг. 10.25.



Фиг. 10.25

Такава ситуация се наблюдава за абсолютно всички MVA матрици – с намаляване разликата между началното и крайното състояние на пиксела времето за отзвук расте много бързо, правейки тези матрици практически непригодими за динамични игри – т.е. за домашно използване. Разбира се, „годност” – това е много субективно понятие и който напълно го устройва изображението на MVA, но не признава, че по този параметър те обективно отстъпват както на TN, така и на IPS матрици, е невъзможно.

Така също се оказва не дотам гладко и цветовото предаване при MVA. Тези панели дават сочни, ярки цветове, но поради особеностите на доменната технология при поглед точно перпендикулярно на екрана много тънки отънъци (на пръв поглед тъмните) се губят напълно, а при неговлямо отклонение в страни – се появяват отново. Производителите на тези панели понякога също упоменават голям цветови обхват, това по-скоро са свойства на световите филтри и подсветки, отколкото на матриците. По този начин, от гледна точка на цветовото предаване MVA матрици заемат промеждутъчно положение между IPS и TN – от една страна те са значително по-добри от TN матриците по този параметър, но, от друга страна, при равна конкуренция с IPS не им отстъпват по този недостатък.

Впрочем, при MVA матриците има и несъмнени достойнства. Първо, това е контраста. Освен това, MVA матрици, първоначално разработени от Fujitsu, в даден момент се произвеждат от няколко компании на различни нива – и ако при съвременните матрици

Premium MVA от Fujitsu или AU Optronics реалния контраст е от порядъка на 600:1, то изделията да кажем на Chi Mei Optoelectronics (CMO) рядко може да се похвалят с контраст, значително превишаващ 500:1 – казано иначе, по този параметър те не само не са по-добри от TN матриците, а често пъти дори и по-лоши, особено, ако ги сравняваме с новите модели TN матрици на крупни производители, такива като LG, Philips или Samsung. По този начин, само един факт, че в телевизора е монтирана MVA матрица, още не дава гаранция, че неговия контраст ще се окаже на подобаващо ниво.

От гледна точка на обзор, въпреки, при MVA всичко е действително както трябва – както и при IPS матриците, заявените цифри се оказват действително „реални”. Казано иначе, стоейки пред телевизор с MVA матрица, да забележиш каквато и да е неравномерност, предизвикана от недостатъка на ъгъла на виждане, е твърде трудно – дори и при поглед под достатъчно голям ъгъл изображението остава сравнително контрастно и без силни изкривявания на цвета (както това се наблюдава, например при TN матрици с техните бели цветове, преминаващи при поглед от страни в мръсно жълто). Така също трябва да отбележим, че и вертикалният ъгъл на виждане при MVA матриците съвсем не е по-лош от хоризонталния.

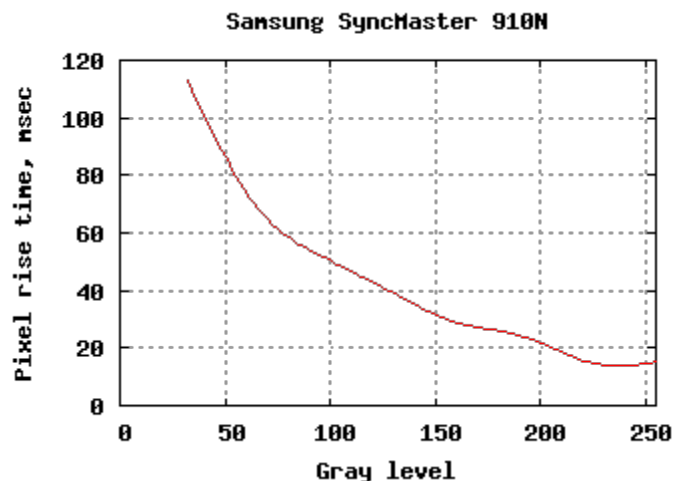
Дисплеите на базата на MVA технология в качеството на домашни телевизори и монитори за хора, не интересуват се от динамични игри – за гледане на филми и пускане на стратегии (и други игри, не критични към скоростта за реакция), бързодействието на тези матрици е напълно достатъчно, а дълбокият черен цвят (благодарение на високия контраст) ще бъде много на място за хората, често използващи компютрите и телевизорите си вечер или нощем. Ако Ви е нужен монитор за работа с цветове или за бързи игри, то въпреки уверенията на производителите на MVA матрици, много по-разумен избор ще бъде монитор на базата на S-IPS матрица.

10.5.4. PVA матрици

Технологията PVA – Patterned Vertical Alignment – е била разработена от компанията Samsung в качеството на алтернатива на MVA. Ще отбележа, че такъв модел на разработка за Samsung не е нов – в това време е съществувала и също технологията ACE, фактически аналогична повече на IPS. Не по-малко, говорим за това, че PVA има копие на MVA, създадени само с цел излизане от лицензираното плащане на Fujitsu, погрешно – както ще видите после, параметрите и пътя на развитие на MVA и PVA матриците се различават достатъчно, за да може да се говори за PVA като за самостоятелна технология.

Не по-малко, структурата на течните кристали при PVA е такава, както и при MVA – домейни с различна ориентация на кристалите позволява съхраняването на необходимия цвят практически независимо от ъгъла, под който потребителя гледа на монитора. Фактически в последните модели монитора от Samsung ъгъла на виждане при традиционното му измерване при падане на контраста се ограничава дори не от матрицата, а по-скоро от пласмасовата рамка около екрана.

Уви, но с времето на реакция при PVA матриците съществува същият проблем, както и при MVA – то катастрофално расте при намаляване разликата между началното и крайно състояние на пиксела фиг. 10.26.



Фиг. 10.26

Такъв проблем, както и при MVA, има и с цветовото предаване – при поглед перпендикулярно на екрана матрицата „губи” някоя част от оттенъците си, които се появяват отново при неговлямо отклонение настрани.

Това, с което PVA е по-добра е контрастът. Първо, PVA матрици се произвеждат само от Samsung, и поради това проблем с разногласие в качествата между различни производители няма и не може да има по принцип. Второ, Samsung много активно работи над увеличаването на контраста, като цяло можем да кажем, че PVA матриците на дадения момент се явяват единствения тип матрици, за които показателя реален контраст е горедолу не по-малък, а често пъти и по-голям, отколкото заявения от производителя. Това фактически е единствената на този момент LCD матрица, способна да продемонстрира действително дълбок черен цвят.

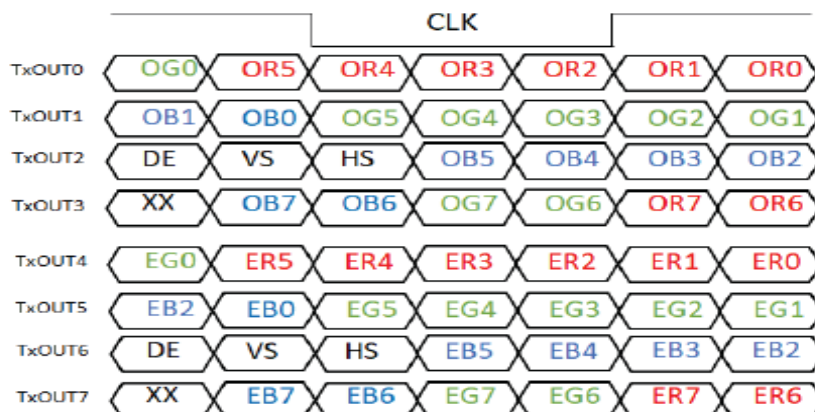
Казано иначе, можем да кажем, че PVA матриците се явяват подобрен вариант на MVA – нямат каквито и да било недостатъци, освен вече съществуващите при MVA, те демонстрират много по-висок контраст и имат значително по-предсказуемо качество на изготвяне благодарение на заводите само на една компания. По този начин, PVA матриците имат такива предназначения и противопоказания, както и MVA – те отлично прилягат за работа с чертежи, текстови и графики, хубаво прилягат за гледане на филми и малкоподвижни игри, но ще бъдат далеч не добър избор за динамични игри или за работа с цветове.

10.6. Стандарт VESA и JEIDA

LVDS(Low Voltage Differential Signal) възниква като специална интерфейсна технология за дисплей с течни кристали. LVDS е диференциален режим на предаване, определен от стандарта TIA / EIA-644. Тъй като може да се предава с висока скорост, сигналът на изображението на дисплея с течни кристали може да се предава като сериен сигнал. Тъй като 18-битовият дисплей на цветната скала беше основният по време на въвеждането на тази технология, RGB три цвята имаха по 6 бита, а контролният сигнал имаше общо 21 бита, така че беше предложено този 21-битов сигнал да бъде разпределен на 3 канала, всеки канал Той се разделя на 7-битови сигнали, плюс 1 канал за предаване на тактовия сигнал и използва общо 4 двойки окабеляване за серийно предаване на данни. С други думи, 22-те проводника, необходими за паралелна комуникация, ако се използва последователна комуникация, са достатъчни само 8 проводника. Този метод е приет от VESA (Video

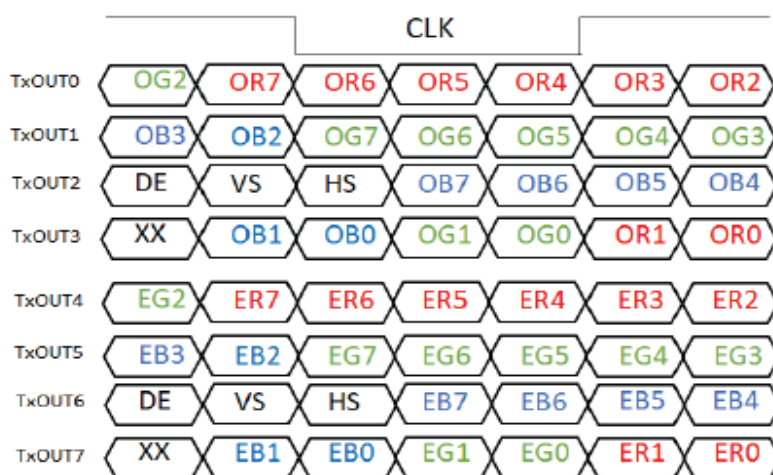
Electronics Standards Association), организация за определяне на стандарти в индустрията на свързаното с видео оборудване, като стандартна спецификация. В резултат

на това технологията LVDS е широко популяризирана като интерфейсно решение за дисплеи с течни кристали. Алтернативно на VESA в Япония са приели JEIDA LVDS формат (Japan Electronic Industry Development Association)



Фиг. 10.27. Предаване на RGB сигнал при VESA LVDS стандарт

Ако разгледаме изображение 1920 x 1080 x 60 Hz, тактовата честота за предаване на сигнала ще е равна на: $1920 \times 1080 \times 60 = 124416000$ или около 124 Mhz. Ако трябва да се предава изображение с по-висока резолюция и по-бързо опресняване тактовата честота ще бъде много висока. За целта е добавен още един канал и LVDS става двуканален. Използването на двуканален LVDS означава разделяне на интерфейса на дисплея на нечетни и четни пиксели. В един тактов цикъл на пиксели на сканиране на нечетни и четни пиксели необходимата тактова честота се намалява значително. Първият канал се означава ODD(first), а вторият EVEN(second). По-долу е показано предаването по двуканален LVDS стандарт VESA и JEIDA



Фиг. 10.28. Предаване на RGB сигнал при JEIDA LVDS стандарт

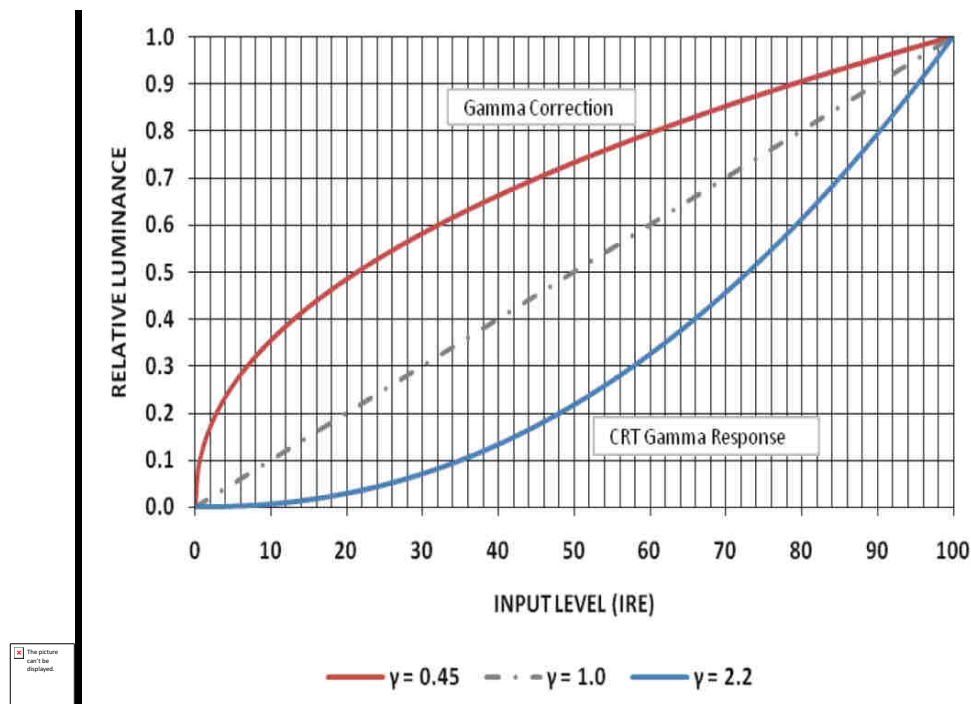
Тези стандарти са доста сходни, но има значителна разлика в това как те подравняват MSB и LSB. VESA подравнява MSB и LSB в прост последователен ред, докато JEIDA комбинира всички LSB в последния канал на LVDS потока. Тъй като форматът JEIDA комбинира всички LSB в един канал, лесно може LSB да се игнорират ако премахнем последния канал и да се комбинира 10 bit дисплей с 8 bit контролер, т.е. има по-добра съвместимост между дисплеи и контролери.

В разглеждания дисплей имаме 8 bit цвят и LVDS формата е двуканален. Първият канал има 4 екранирани двойки за **data** и една двойка за **clock**. При другия канал нещата са

идентични. На всеки сигнал **clock** се предават 7 bit информация. Три цвята R,G и B по 8 bit = 24 bit, DE(data enable) – 1 bit, HS(horizontal synchro) – 1 bit, VS(vertical synchro) – 1bit и 1 bit резерва. Общо 24 bit + 4 bit = 28 bit

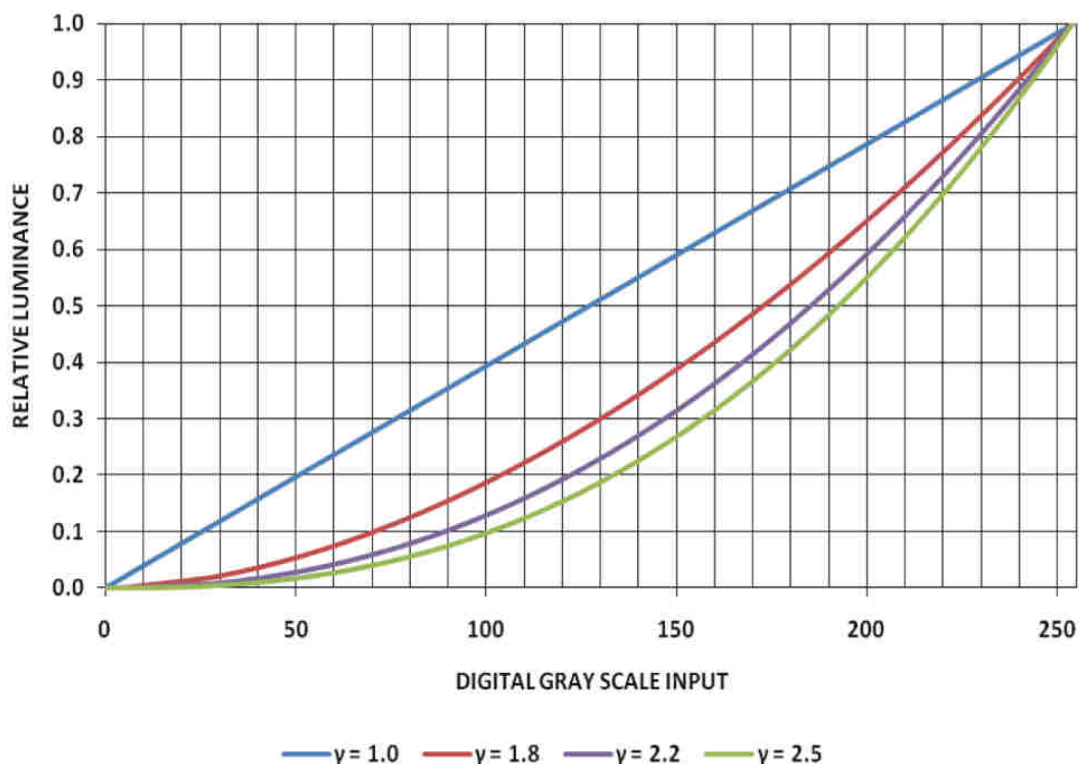
10.7. Необходимост от гама корекция

CRT телевизорите работят чрез използване на електронен лъч за възбуждане на луминофори на екрана. Изображението може да бъде „нарисувано“ на екрана чрез съответно сканиране на електронния лъч и възбуждане на тези луминофори. Връзката между управляващото напрежение, приложено към електронния лъч, и получения интензитет на светлината на екрана по своята същност е нелинейна. Тя може да бъде апроксимирана в първи ред чрез уравнение на степенен закон (под формата на $Y(x) = x^a$) и това е известно като гама реакция на CRT. Човешкото око естествено има нелинейна чувствителност към интензитета на осветеността (възприеманата яркост), която се нарича „лекота“. Окоето е най-чувствително към промени при по-ниски нива на сивата скала (потъмни). Случва се така, че естествената реакция на окоето е много близка до обратната на присъщата реакция на CRT. Това е непреднамерен, но изключително полезен страничен ефект, който позволява извършването на единична корекция на изходните данни, за да се компенсира нелинейността на системата и да се създаде усещане за равномерни промени в осветеността на окоето. Изходните данни трябва да бъдат кодирани по начин, който отчита отговора на CRT и известната реакция на светлината на окоето. Гама корекцията се извършва от камерата върху компонентите на червения, зеления и синия цвят (RGB) на видеосигнала. Просто видеото трябва да бъде кодирано по такъв начин, че системата на камерата да реагира на промените в осветеността подобно на човешкото око. Тъй като CRT има обратен отговор на това, тогава полученият интензитет на осветеност ще бъде перцептивно линеен. Гама корекцията също има предимства като намаляване на шума на видеосигнала и увеличаване на ефективната разделителна способност при ниски нива (и двете са свързани със създаването на еднородност). В уравнението на степенния закон, за дадена система, интензитетът на светлината е (просто) равен на приложеното напрежение на електронното оръжие, повишено до известна степен. Тази мощност е гама коефициентът (γ) и формулата приблизително определя общата трансферна функция на CRT. Като цяло, типичната гама на CRT би била около 2,2 до 2,5. Гама коефициентите с по-голям брой са склонни да дават повече контраст на изображението, но увеличават количеството на затъмнената област (поради увеличаване на разделителната способност при ниски нива). Гама коефициентите с по-нисък брой са склонни да измиват или изравняват изображението (поради намаляване на разделителната способност при ниски нива). Система с гама реакция 1.0 се счита за линейна и не е добра по различни причини. Най-критичното е, че той не възпроизвежда гама-коригирани изображения с перцептивно правилен цвят и контраст. В обобщение, гама корекцията е необходима, за да компенсира гама реакцията на системата и да гарантира, че (поне приблизително) интензитетът на това, което влиза в камерата, е същото като това, което излиза от CRT телевизора, като по този начин се осигурява правилно представяне на изображението за окоето



Фиг 10.29. Гама корекция при CRT телевизори

TFT-LCD има много малко общо с CRT, с изключение на факта, че и двата вида могат да показват видео изображения. Най-вече, LCD няма електронен лъч и фосфор за генериране на интензитет. Вместо това използва пиксели, контролирани от напрежението, за да контролира пропускането на светлина през пиксела. Светлината се получава от подсветка, която обикновено е флуоресцентна лампа със студен катод (CCFL) или диодна матрица (LED). Накратко, има крива на предаване на напрежение (V/T), която определя реакцията на панела към даден вход и по този начин неговия интензитет на осветеност. Въпреки че не е същото като CRT, TFT-LCD има „гама“, но терминът трябва да бъде леко предефиниран. За да може LCD да освети пиксел, пикселната клетка с течни кристали (LC) трябва да има напрежение, приложено върху нея, като по този начин ѝ позволява да предава светлина, която след това се възприема като яркост на екрана (обърнете внимание, че „източникът на светлина“ е подсветката на LCD панела, която обикновено е CCFL или LED). Аналоговото напрежение, приложено към пиксел, се определя от цифров/аналогов преобразувател, където цифровият код се генерира въз основа на входящите изходни изображения/видео данни (когато говорим за телевизионно видео съдържание, исторически то е гама кодирано от дните на CRT TV). Връзката между приложеното напрежение и пропускливостта (V/T трансферната функция) е гама-отговорът на TFT-LCD и по своята същност е нелинейна поради естеството на способността за пропускане на LC клетката. Въпреки това, този отговор не е непременно желателен нелинеен отговор, както видяхме в CRT телевизора. По този начин често се желае гамата на LCD телевизора, за да симулира отблизо гама реакцията на CRT. Това е по няколко основни причини: първата е историческа, тъй като цялото наследено видео е гама-коригирано за CRT, и второто е да се възползва от естествената реакция на човешкото око (лекота). Разбира се, не всички LCD дисплеи имат еднакъв присъщ гама отговор, който може да варира в зависимост от технологията на панела и производителя. Гама реакцията на панела може да бъде променена от производителя, който може да принуди определен гама отговор въз основа на желаната визуална производителност на крайната система



Фиг. 10.30. Гама корекция при LCD телевизори

10.8. Блок схема на LCD телевизор

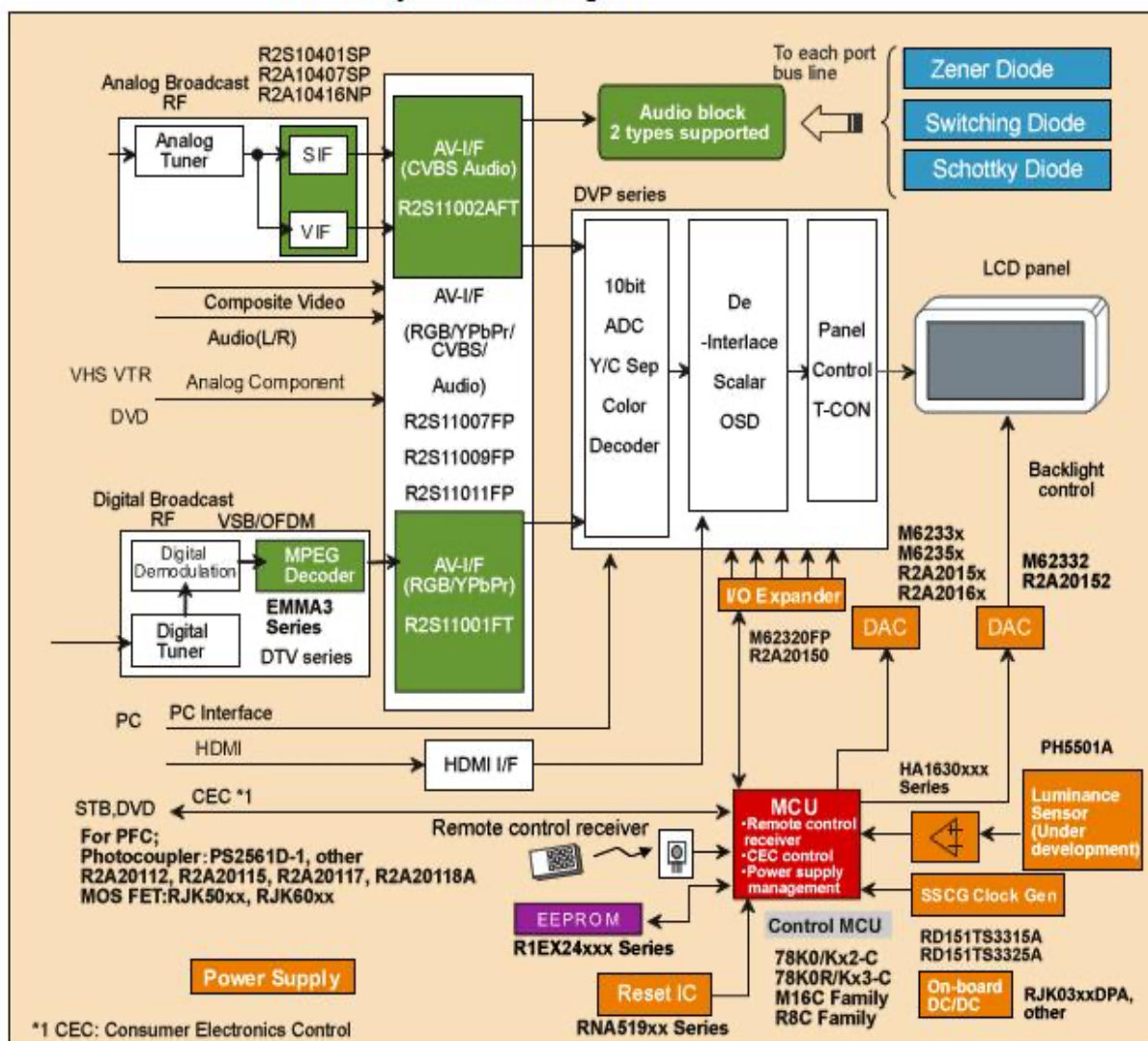
Основните блокове и връзките на съвременен LCD телевизор са показани на фиг.10.31.

Идеята на всеки телевизор е да възпроизведе на своя дисплей изображение, което е подадено на даден вход, бил той аналогов или цифров. В блок схемата показана по-горе можем да различим следните блокове:

-Міsom(микропроцесор)

Микропроцесора осъществява синхронно управление на видеопроцесора и външните входове или тунер, осъществява и запамята настройките на тунера, управлява включване и изключване от локална клавиатура или инфра червен приемник. Нуждае се от RAM, за да може да извършва своите математически изчисления по задания firmware от производителя и от EEPROM, за да съхрани текущите настройки от потребителя. Контролира осветеността на изображението. Осъществява връзка към интернет посредством LAN порт. Може да обслужва различни приложения през USB порт или обновява своя firmware, който се съхранява във FLASH памет.

LCD TV System Block Diagram



Фиг 10.31. Блок схема на LCD телевизор

-Video processor(видео процесор)

Монолитна IC с много изводи, обикновено в BGA корпус. Обслужва всички външни видео входове на телевизора, като получава команди от μcom по I2C шина кой от всичките да бъде активиран. Има вградени ADC, за да може да се обработят аналоговите входове и бъдат обработени по-нататък. Има вградени различни кодеци, за да може да се обслужват входове от USB и цифров сигнал от тунер за DTV. Нуждае се също от много бърза RAM памет. След като е направена обработката на видео сигнала се преобразува в подходящ формат за LCD дисплей и се предава към него по LVDS. LVDS може да бъде 8 bit, 10 bit, 12 bit.

-Audio processor(аудио процесор)

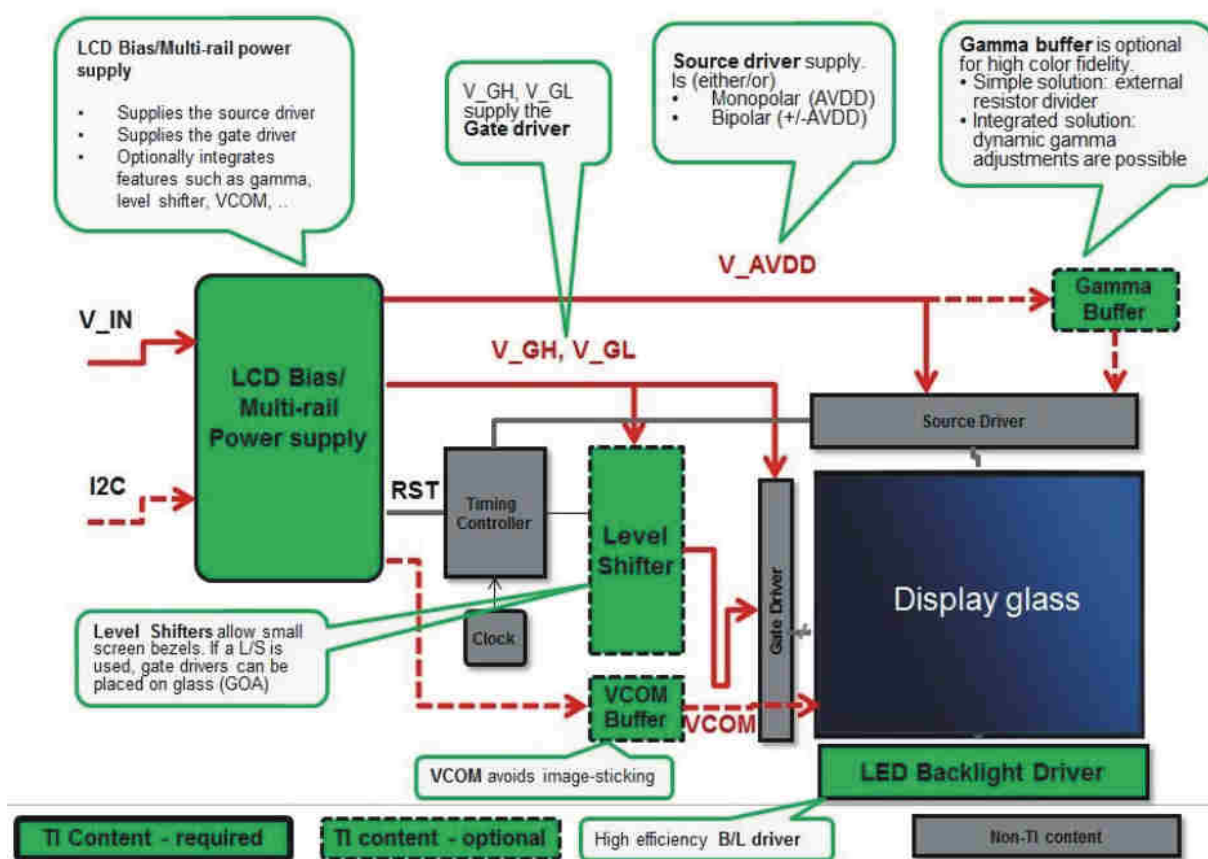
. Обслужва всички външни видео входове на телевизора, като получава команди от μcom по I2C шина кой от всичките да бъде активиран. Има вградени ADC, за да може да се обработят аналоговите входове и бъдат обработени по-нататък. След обработка сигнала отново се преобразува в аналогов и се възпроизвежда от говорители.

В съвременните LCD телевизори Micom, Video processor и Audio processor са интегрирани в една монолитна IC и работят с обща памет RAM, запомнят в обща EEPROM памет и firmware, съхранен във Flash памет.

-Tuner(тюнер)

Блок от LCD телевизора, който осъществява приемането на телевизионен сигнал по висока честота от наземна антена, сателитна антена или кабелна телевизия. Управлява се от μcom и след посочване на определена програма от потребителя настройва своя синтезатор на необходимата честота и модулация. В изхода се получава демодулиран сигнал в зависимост от типа телевизия. При аналогова телевизия в изхода излиза директно аналогов видео сигнал, а звука е модулиран на междинна честота 5.5 или 6.5 Mhz.

-T-CON(timing control board) борд – изработва необходимите захранващи напрежения за панела. Синхронизира отделните пиксели на панела, като получава необходимата информация от LVDS постъпила от видео процесора. Извършва гама корекция на изображението. Управлява драйверите по колони и по редове.



Фиг 10.32. Блок схема на T-CON

10.9. Сравнение между съвременни технологии при телевизионните дисплей

OLED-телевизори

Синята светлина при OLED е само 60% от същата при LCD телевизор със същия размер. Синята светлина може да увеличи умората на очите и лесно да причини нарушения на съня. OLED телевизор излъчва 29% от синята светлина, което е далеч под минималните 50% от стандарта за комфорт на очите. Можете да играете игри или да гледате телевизия с увереност, значително намалявайки тежестта върху очите ви. Телевизорите LG OLED превишават стандартите, определени за синя светлина, трептене и висококачествени изображения.* Функцията без трептене е предназначена за стандартната настройка. Ако са активирани OLED Motion или OLED Motion Pro, може да възникне трептене.

Как да разчетем моделният код на LG OLED телевизори? – пример фиг. 10.33.



Фиг 10.33. Примерен етикет на цифров телевизионен приемник

OLED65C1 -> Customer Model (Модел на клиента)

OLED65C16LA -> Factory Model (Фабричен модел)

AEUPLHX -> Factory Suffix (Фабричен суфикс)

OLED и QLED технологиите усвояват фундаментални разлики помежду си.

Кратко сравнение на технологиите:

1. Съкращението OLED означава „органичен диод, излъчващ светлина“. Samsung твърди, че QLED означава „LED TV с Quantum dot технология“.
2. OLED е фундаментално различен от LCD, най-често срещаният тип екран.
3. С добавянето на филм с квантови точки към LCD „сандвич“, QLED е адаптация на LED LCD.
4. OLED имат „емисионни“ пиксели, което означава, че произвеждат собствена светлина.
5. QLED е „трансмисивен“ и зависи от LED подсветка.
6. Най-важното заключение е, че QLED е по-сходен с конвенционалния LCD, отколкото с OLED, и е напълно нов клас телевизори, подобно на плазма TV преди него.

Когато светлината удари малките молекули, наречени квантови точки, те освобождават своя собствена уникална такава, но с различни нюанси. Точките в QLED екраните са затворени във филм и LED подсветка ги осветява. След това картината се произвежда от светлината, преминаваща през слой от течен кристал и още няколко слоя вътре в телевизора. Излъчването от LED източника се нарича „пропусклива“, тъй като тя преминава през слоевете и върху повърхността на екрана.

OLED дисплеите са уникални с това, че не генерират светлина чрез LED подсветка, а вместо това, милиони отделни субпиксели излъчват такава – това се нарича „емисионна“ дисплейна технология.

Качество на изображението

В сравнение с OLED, качеството на картината на QLED екраните варира значително в зависимост от цената. Най-скъпите серии се представят значително по-добре от по-евтините. За разлика от това, визуалното качество на всеки OLED телевизор е забележително постоянно. Въпреки че има някои промени между различните OLED модели – пример за това е LG A2 има 60Hz панел за разлика от 120Hz при други OLED телевизори

– те не са толкова важни като вариациите между различните серии QLED дисплеи. Стандартната честота на опресняване е 60Hz. Но през последните години бяха разработени по-специализирани монитори с висока производителност, които поддържат 120Hz, 144Hz и дори 240Hz честоти на опресняване.

- ***OLED предлага по-високо ниво на черно и контраст***

Нивото на черното е един от най-важните аспекти на качеството на изображението и тъй като OLED екраните са излъчващи, те могат ефективно да изключат всички неизползвани пиксели за практически неограничен контраст. Дори най-добрите QLED/LCD дисплеи с най-доброто локално затъмняване с пълнен масив все още позволяват преминаване на малко светлина, което води до по-измити, по-сиви нива на черното и цъфтеж около светлите зони.



Фиг 10.34. Примерен OLED екран на цифров телевизионен приемник

- ***QLED е по-ярък***

В ярка среда и с HDR съдържание най-ярките QLED и LCD екрани могат да светят по-ярко от всеки OLED модел, които, от своя страна, успяват да предложат по-добро цялостно HDR изображение.

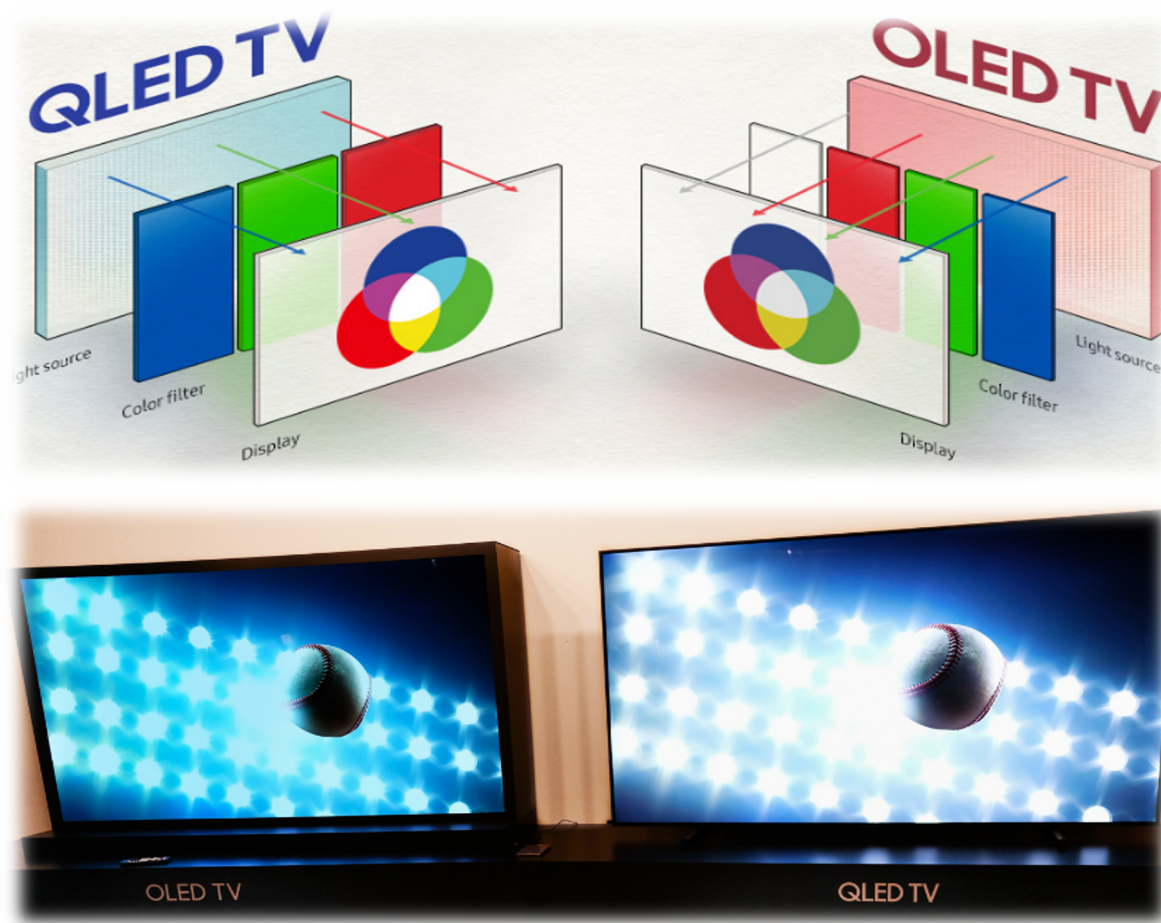


Фиг 10.35. Примерен QLED екран на цифров телевизионен приемник

QLED по-добър ли е от OLED?

QLED телевизорите в момента представляват основната конкуренция на големите OLED панели, които доминират на пазара на първокласни дисплеи. Те са известни със

своите по-високи нива на яркост, благодарение на специална LED подсветка и изключително качество на изображението благодарение на интегрирането на филм за подобряване на квантовата точка (QDEF) в ламеларния стек на панела.



Фиг 10.36. Сравнение на OLED и QLED технологии

Технологиите с органични светодиоди (OLED) заеха все по-голям дял от пазара на премиум дисплеи през последните години, предлагайки отлично изживяване при гледане, подкрепено предимно от безпрецедентни нива на черно. Със сравнително ниска консумация на енергия, отлични ъгли на видимост и присъщо ниско отразяване, OLED дисплеите вече са широко приети като най-доброто решение за смартфони и носими устройства. OLED телевизорите обаче са изправени пред нарастваща конкуренция от телевизори с течнокристален дисплей (LCD), които са съживени чрез използването на квантови точки (QD).

- **Енергийна ефективност**

Една от дългогодишните болни точки на традиционните LED технологии е тяхната присъща ниска енергийна ефективност. Излъчването на бяла или синя светлина през серия от цветни филтри теоретично води до незабавни загуби на енергия до 66%, което означава, че живата яркост, която идва благодарение на наличието на вградено фонове осветление, е засегната от значителен екологичен отпечатък. OLED телевизорите нямат този проблем. Тяхното самоизлъчване означава, че почти цялата генерирана светлина се проектира в предния край на стека от тънък филм, което води до сравнително по-добри оценки за енергийна ефективност.

- **Коефициенти на контраст**

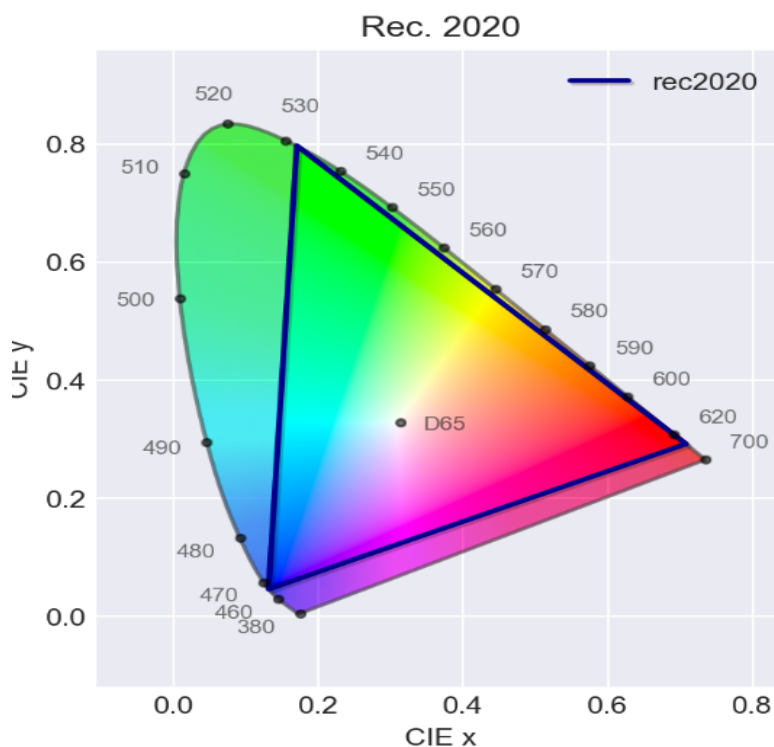
Значително намалената пикова яркост на OLED не им пречи да отговарят на HDR стандартите, тъй като тяхната уникална самоизлъчваща природа изисква вторичен стандарт за сертифициране. Използвайки схема за адресиране на активна матрица и възползвайки се от липсата на подсветка, OLED могат да изключват отделни пиксели, за да постигнат технически безкрайни контрастни съотношения в диапазона от пиксел до пиксел. QLED са в неблагоприятно положение поради мощната си подсветка в тази област

- **Пикова яркост**

Еталонът за яркост при показване на съдържание с висок динамичен обхват (HDR) е 1000 нита, а максималната осветеност на телевизор, изразена в нита, е известна като неговата пикова яркост. С интегрирана LED подсветка модерните QLED дисплеи могат да произвеждат до 2000 нита, докато самоизлъчващите OLED са ограничени до изход от около 450 нита.

- **Цветно пространство**

Покритието на цветни пространства от следващо поколение е мястото, където QLED телевизорите запазват ясното си предимство пред OLED телевизорите. Използването на фино настроени червени и зелени QD в QD емисионен филм (QDEF), насложен върху бяла или синя подсветка, позволява по-голяма точност, наситеност и обем на цветовете от всякога. Повечето премиум OLED днес достигат приблизително 98% покритие на цветовото пространство DCI-P3, докато QLED могат да надхвърлят 99%. Остротата на пикове на излъчване на QLED RGB обаче е толкова впечатляваща, че са по-добре изразени в по-новото разширено цветово пространство, известно като Rec.2020. (фиг.10.37)



Фиг 10.37. Примерна цветова диаграма на екран на цифров телевизионен приемник

- **Rec.2020**

ITU-R Препоръка BT.2020, по-известна със съкращенията Rec. 2020 или BT.2020, дефинира различни аспекти на телевизия с ултрависока разделителна способност (UHDTV) със стандартен динамичен обхват (SDR) и широка цветова гама

(WCG), включително разделителни способности на картината, кадрови честоти с прогресивно сканиране, дълбочини на битове, първични цветове, RGB и luma-chroma цветни представяния, хроматични подсемплировки и оптоелектронна трансферна функция. Цветът се използва в 4k и 8k UHD TV.

• ***OLED и QLED диаграмна характеристика***

	OLED	QLED
Black Level-Черно ниво	Perfect- перфектен	Excellent- Отлично
Gray Uniformity- Сиво еднообразие	Decent- Приличен	Excellent- Отлично
Brightness- Яркост	Decent- Приличен	Excellent- Отлично
Color Gamut- Цветова гама	Great- страхотен	Excellent- Отлично
Viewing Angle- Зрителен ъгъл	Excellent- Отлично	Poor- беден(слаб)
Image Retention- Задържане на изображението	Poor- беден(слаб)	Excellent- Отлично
Motion Blur	Perfect- перфектен	Great
Price and Availability- Цена и наличност	Decent- Приличен	Great

OLED/QLED- Кой е по-добър?

OLED vs QLED



Няма ясен лидер, тъй като всяка технология се отличава със своите собствени отличителни качества. Въпреки това, OLED може би се възползва от по-голямата технологична зрялост, въпреки че QLED са ефективно базирани на стари десетилетия LCD системи.

• ***OLED има по-добра равномерност и ъгли на видимост***

С LCD дисплеи различните области на екрана могат да изглеждат по-ярки от други през цялото време, а структурата на подсветката също може да се види в част от съдържанието. Дори най-добрите LCD дисплеи избледняват, губят контраст и се обезцветяват, когато се гледат от места, различни от приятното място директно пред екрана. OLED телевизорите имат почти идеално еднакви екрани и поддържат прецизност от всички, освен от най-екстремните ъгли.

Разделителната способност, цветът, обработката на видеото и други фактори за качество на изображението като цяло са еднакви. Повечето QLED и OLED имат еднаква разделителна способност и 4K, като и двете могат да постигнат 8K резолюция. Нито една технология няма големи предимства в обработката на цветовете или видеото.

Кое е по-добро през 2025 г. между QLED и OLED телевизори?

Освен предстоящия си QD-OLED телевизор, Samsung проучва квантовата точка с директен изглед, която се освобождава от течнокристалните слоеве и използва самите квантови точки като източник на светлина. Емисионните QLED телевизори имат потенциала да съответстват на абсолютните нива на черното и „безкрайното“ контрастно съотношение на OLED, с по-добра енергийна ефективност, по-добър цвят и др. Това е доста вълнуващо, но ще минат няколко години, преди да видим емисионни QLED телевизори налични за продажба.

Но има и MicroLED. Това е друга емисионна технология, отново ръководена от Samsung, но също така продавана от LG, която сега е все още скъпа. Както може би се досещате от името, той използва милиони малки светодиоди като пиксели. MicroLED има потенциал за същите перфектни нива на черно като OLED, без опасност от изгаряне и може да осигури по-висока яркост от която и да е настояща технология на дисплея, широка цветова гама и не страда от проблемите с ъгъла на гледане и еднородността на LCD. Позволява огромни размери и включва квантови точки, поне не още, но кой знае какво може да се случи и да се появят и нови технологии на пазара. Засега обаче OLED управлява качеството на картината над QLED. Разбира се много е важно и да имаме качествен HDMI кабел за перфектен сигнал и свързаност с всякакви мрежови устройства и доставчици на цифрово телевизионно съдържание.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

1. Бекярски А., Телевизионни системи, Издателство ТУ-София, 2009.
2. Беноа, Е., Цифрова телевизия, София, ЛИК, 2001.
3. Делийски А., Технология на IP телевизионните услуги. Изд. „Техника“, София, 2008.
4. Илиев Т., Цифрови телевизионни системи, Издателство РУ”А. Кънчев”, Русе, 2008.
5. Илиев Т., Цифрови телевизионни системи – ръководство за практически упражнения, Издателство РУ”А. Кънчев”, Русе, 2009.
6. Карапенов Б., Садинов С., Когияс П., Кънев Й.. Синтез на симулационни модели за изследване на основни процеси от кодирането на канала за връзка при системата DVB-T. в: Научни трудове на Русенски университет "Ангел Кънчев", том 51, серия 3.2, Русе, 2012, стр. 78-84, ISSN 1311-3321
7. Карякин В., Цифровое телевидение, Солон-пресс: Библиотека студента, 2019.
8. Койчев К., К. Ангелов, С. Садинов, Проектиране на интерактивни кабелни телевизионни мрежи, Издателство „ЕксПрес”, Габрово, 2010.
9. Конов К.И., Цифрово радио и телевизионно разпръскване, София, Диос, 2011.
10. Конов К.И., Цифрова спътникова телевизия, София, Диос, 2012.
11. Немигенчев, И., С. Садинов, Телевизионна техника, ТУ-Габрово, 2006.
12. Харлов Б., Широколентови комуникационни системи за кабелна телевизия, София, 2015.
13. Fischer , W., Digital Video and Audio Broadcasting Technology: A Practical Engineering Guide, Springer, 2020.
14. Gerald W. Collins, Fundamentals of Digital Television Transmission, John Wiley&Sons, NY, USA, 2011.
15. Kanev J., Sadinov S., Analysis of current methods and technologies for encoding, distribution and consumption of IPTV services. in: International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies ICEST 2012, Proceedings of Papers VOLUME 1, Sofia, 2012, pp. 74–76, ISBN 978-619-167-002-4
16. Sadinov S., Kanev J.. Experimental model of video and audio MPEG4 encoder with IP streaming and transport over fiber optic media. in: Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 50’2014, Gabrovo, 2014, pp. 29–31, ISSN: 1310-6686
17. Sharabayko, M., “The SRT Protocol”, Haivision Network Video, GmbH, USA 2020.

Списък на използваните съкращения

Съкращение	Пълно наименование	Значение
AAC	<i>Advanced Audio Coding</i>	Авангардно аудиокодиране
ACK	<i>Acknowledgment of receipt</i>	Потвърждаване на приемането
ADSL	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i>	Асиметричната цифрова абонатна линия
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i>	Усъвършенстван стандарт за криптиране
API	<i>Application Programming Interface</i>	Приложен програмен интерфейс
ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>	Протокол за IP/MAC адресно преобразуване
ARQ	<i>Adaptive Repeat Request</i>	Адаптивно повтаряща се заявка
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i>	Асинхронен режим на пренасяне
AWGN	<i>Additive White Gaussian Noise</i>	Адитивен бял Гаусов шум
AVC	<i>Advanced Video Coding</i>	Авангардно видеокодиране
AU	<i>Access Unit</i>	Единица за достъп
BER	<i>Bit Error Rate</i>	Честота на грешката при предаване на битове
BGP	<i>Border Gateway Protocol</i>	Вид протокол за външна маршрутизация
BNC	<i>Bayonet Neill–Concelman</i>	Байонет Нийл – Конселман
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>	Двукратна фазова модулация
BRAS	<i>Broadband Remote-Access Server</i>	Сървър за отдалечен ширококолов достъп
BSAC	<i>Bit Sliced Arithmetic Coding</i>	Метод на AAC ентропийно кодиране на аудиоданни
BSR	<i>Bootstrap Router</i>	Маршрутизатор за начално зареждане
BSR	<i>Broadband Services Router</i>	Ширококолов сервизен маршрутизатор
CATV	<i>Community Antenna Tele-Vision</i>	Телевизия с комунална (обществена) антена - Кабелна телевизия
CABAC	<i>Context Adaptive Binary Arithmetic Coding</i>	Метод на AVC ентропийно кодиране на видеоданни
CAVLC	<i>Context Adaptive Variable Length Coding</i>	Метод на AVC ентропийно кодиране на видеоданни
CBT	<i>Core Based Trees</i>	Вид протокол за групов маршрутизация
CDN	<i>Content Distribution Network</i>	Мрежа за разпределяне на ТВ програмни продукти
CM	<i>Cable Modem</i>	Кабелен модем
CMTS	<i>Cable Modem Termination System</i>	Система за терминиране на кабелните модеми
CNR	<i>Отношение носещ сигнал към шум (Carrier to Noise Ratio)</i>	Отношение носещ сигнал към шум
(C)OFDM	<i>(Coded) Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>	Вид многочестотна модулация

CSMA/CA	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance</i>	Множествен достъп до споделена среда с откриване на носещия сигнал и избягване на колизиите
CSMA/CD	<i>Carrier-Sense Multiple Access /Collision Detection</i>	Множествен достъп до споделена среда с контрол на носещия сигнал и откриване на колизии
DCT	<i>Discrete Cosine Transform</i>	Дискретно косинусово преобразоване
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>	Протокол за динамично конфигуриране на крайни устройства
DMT	<i>Discrete Multi-Tone modulation</i>	Дискретна многотонална модулация
DSLAM	<i>Digital Subscriber Line Access Multiplexer</i>	Мултиплексор за достъп на цифрови абонатни линии
DVB	<i>Digital Video Broadcasting</i>	Цифрово видеоразпръскване
DVB-C	<i>Digital Video Broadcasting for Cable Television</i>	Цифрово видеоразпръскване за кабелна телевизия
DVB-S	<i>Digital Video Broadcasting for Satellite Television</i>	Цифрово видеоразпръскване за сателитна телевизия
DVB-T	<i>Digital Video Broadcasting for Terrestrial Television</i>	Цифрово видеоразпръскване за наземна телевизия
DVMRP	<i>Distance Vector Multicast Routing Protocol</i>	Вид протокол за групово маршрутизация
EPG	<i>Electronic Programme Guide</i>	Електронен програмен справочник
ERP	<i>Effective Radiated Power</i>	Ефективна излъчена мощност от предавателя
ETSI	<i>European Telecommunication Standards Institute</i>	Европейски институт по стандартизация в далекосъобщенията
FC(GE) SAN	<i>Fiber Channel (Gigabit Ethernet) Storage Area Network</i>	Мрежова архитектура със споделени ресурси за четене и запис
FEC	<i>Forward error correction</i>	Коригиране на грешки на базата на предварително заложен излишък
FEC	<i>Forwarding Equivalence Class</i>	Клас на еквивалентност на експедирането
FFT	<i>Fast Fourier Transformation</i>	Бързо преобразуване на Фурие
FTTH	<i>Fiber-to-the-Home</i>	Оптичен достъп до дома
FU	<i>Fragmentation Unit</i>	Фрагментирана транспортна единица
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>	Интерфейс за мултимедия с висока разделителна способност
HD-SDI	<i>High Definition Serial Digital Interface</i>	Сериен цифров интерфейс с висока разделителна способност
HDTV	<i>High-Definition Television</i>	Телевизия с висока разделителна способност
HFC	<i>Hybrid Fibre Coaxial</i>	Хибридна оптично-коаксиална мрежа
HTML	<i>Hypertext markup language</i>	Език за маркиране на връзките в хипертекст
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>	Протокол за предаване на хипертекст
ICI	<i>(Inter-Carrier Interference)</i>	Интерференция между подносещите сигнали

ICMP	<i>Internet Control Message Protocol</i>	Интернет протокол за предаване на контролно-управляваща информация
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Commission</i>	Институт на инженерите по електротехника и електроника
IFFT	<i>Inverse Fast Fourier Transformation</i>	Инверсно бързо преобразуване на Фурие
ITTF	<i>Internet Engineering Task Force</i>	Международен комитет за техническо развитие на Интернет
IGMP	<i>Internet Group Management Protocol</i>	Вид протокол за управление на членуване в multicast група
IP	<i>Internetwork Protocol</i>	Интернет мрежов протокол
ISI	<i>Inter-Symbol Interference</i>	Междусимволна интерференция
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>	Международен съюз по далекосъобщения
ISMA	<i>Internet Streaming Media Alliance</i>	Съюз за Интернет поточно предаване на медийни данни
ISO	<i>International Standards Organizations</i>	Международна организаши по стандартизиране
LAN	<i>Local Area Network</i>	Мрежа с локален обхват
LLC	<i>Logical Link Control</i>	Логическо управление на връзката
LSP	<i>Label Switched Path</i>	Кямутируем по етикети път
LTP	<i>Long Term Prediction</i>	Дългосрочно предсказване
MAC	<i>Media Access Control</i>	Управление на медийния достъп
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>	Мрежа със селищен обхват
MIME	<i>Multipurpose Internet Mail Extensions</i>	Многоцелеви разширения в Интернет за електронна поща
MER	<i>Modulation Error Ratio</i>	Коефициент на модулационна грешка
M-QAM	<i>M-Array Quadrature Amplitude Modulation</i>	М - кратна квадратурна амплитудна модулация
MLD	<i>Multicast Listener Discovery</i>	Вид протокол за управление на членуване в multicast група
MOSPF	<i>Multicast Open Shortest Path First</i>	Вид протокол за групова маршрутизация
MPEG	<i>Moving Picture Experts Group</i>	Експертна група за динамични изображения
MPEG-2 TS	<i>MPEG-2 Transport Stream</i>	MPEG транспортен поток
MPEG-2 SPTS	<i>MPEG-2 Single Program Transport Stream</i>	MPEG еднопрограмен транспортен поток
MPEG-2 MPTS	<i>MPEG-2 Multi Programs Transport Stream</i>	MPEG многопрограмен транспортен поток
MPEG-4 ASP	<i>MPEG-4 Advanced Simple Profile</i>	MPEG-4 авангарден опростен профил
MPLS	<i>Multiprotocol Label Switching</i>	Многопротоколна комутация на базата на етикети

MSDP	<i>Multicast Source Discovery Protocol</i>	Протокол за откриване и оповестяване на multicast източници
MTAP	<i>Multi-Time Aggregation Packet</i>	формат за опаковане на агрегирани NAL транспортни единици
MTU	<i>Maximum Transfer Unit</i>	Максимална размерност на транспортните единици
NAL	<i>Network Abstraction Layer</i>	Слой за мрежова адаптация на данните
NALU	<i>NAL Unit</i>	NAL транспортна единица
NIC	<i>Network Interface Card</i>	Мрежова интерфейсна платка
NTP	<i>Network Time Protocol</i>	Мрежов времеви протокол
NTSC	<i>National Television System Committee</i>	Комитет национална телевизионна система/Стандарт за цветна телевизия в Америка и Азия
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>	Взаимовръзка на отворени за достъп системи
OSPF	<i>Open Shortest Path First</i>	Вид протокол за вътрешна маршрутизация
PAL	<i>Phase Alternating Line</i>	Поредова смяна на фазата/ Стандарт за цветна телевизия в Европа и Света
PCI	<i>Peripheral Component Interconnect</i>	Периферна компонентна връзка
PER	<i>Packet Error Ratio</i>	Коефициент на пакетна грешка
PES	<i>Packetized elementary stream</i>	Пакетиран елементарен поток
PIM-DM	<i>Protocol Independent Multicast Protocol - Dense Mode</i>	Вид протокол за групова маршрутизация
PIM-SM	<i>Protocol Independent Multicast - Sparse Mode</i>	Вид протокол за групова маршрутизация
PNS	<i>Perceptual Noise Substitution</i>	Перцептуално заместване на шума
PoP	<i>Point of Presence</i>	Представителен мрежов пункт за достъп
PPP	<i>Point-to-Point Protocol</i>	Протокол за двуточкова връзка
PPV	<i>Pay-per-View</i>	Услуга за платено телевизионно съдържание
PRBS	<i>Pseudo Random Binary Sequence</i>	Псевдослучайна двоична последователност
PSD	<i>Power Spectral Density</i>	Спектрална плътност на мощността на сигнал
QoS	<i>Quality of Service</i>	Качество на услугата
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>	Квадратурна амплитудна модулация
QPSK	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>	4 – кратна фазова модулация
RARP	<i>Reverse Address Resolution Protocol</i>	Протокол за MACDP адресно преобразуване
RF	<i>Radio Frequency</i>	Радиочестотен сигнал

RFC	<i>Request for comment</i>	Заявка за обсъждане и коментарии
RIP	<i>Routing Information Protocol</i>	Вид протокол за вътрешна маршрутизация
RP	<i>Rendezvous Point</i>	Сборен пункт
RPF	<i>Reverse Path Forwarding</i>	Механизъм за оптимизация на мрежовия път между източник и потребител
RSVP	<i>Resource Reservation Protocol</i>	Протокол за заявяване на мрежови ресурси за реализиране на желаните параметри за поточно предаване на данни
RTCP	<i>Real-Time Control Protocol</i>	Контролно-управляващ протокол за осигуряване работата на протокол RTF
RTP	<i>Real Time Transport Protocol</i>	Протокол за транспорт на данни в реално време
RTSP	<i>Real-time streaming protocol</i>	Протокол за управление на системи за поточно предаване на данни на базата на взаимодействие от типа клиент-сървър
SDI	<i>Serial Digital Interface</i>	Сериен цифров интерфейс
SDP	<i>Session Description Protocol</i>	Протокол за описание на сесии
SIP	<i>Session Initiation Protocol</i>	Протокол за инициране на сесии
SECAM	<i>Sequence de couleurs avec memoire</i>	Цветова последователност с памет/ Стандарт за цветна телевизия в Европа (Франция) и Света
(S)OFDMA	<i>(Scalable) Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i>	Вид многочестотна модулация
SMPTE	<i>Society of Motion Picture and Television Engineers</i>	Обществото на кино и телевизионни инженери
SNR (S/N)	<i>Signal - to - Noise Ratio</i>	Отношение сигнал/шум
SP	<i>Scattered Pilot</i>	Плаващ пилот сигнал
SFN	<i>Single Frequency Network</i>	Едночестотна мрежа
SRT	<i>Secure Reliable Transport</i>	Сигурен надежден транспорт
STAP	<i>Single-Time Aggregation Packet</i>	формат за опаковане на агрегирани NAL транспортни единици
STB	<i>Set-Top-Box</i>	Интерфейсно устройство към аналоговия ТВ приемник за декодиране на входящия цифров ТВ поток и за взаимодействие със сервизния доставчик
SYN	<i>Synchronize</i>	Синхронизиране
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>	Вид транспортен протокол
TNS	<i>Temporal Noise Shaping</i>	Времево моделиране на шума
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>	Потребителски датаграм протокол
URI	<i>Uniform Resource Identifier</i>	Унифициран ресурсен идентификатор

URL	<i>Uniform Resource Locator</i>	Унифициран адресен указател на ресурс
UTC	<i>Universal Coordinated Time</i>	Абсолютно опорно време
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>	Вид транспортен протокол
VCL	<i>Video Coding Layer</i>	Слой за кодиране на видеоданните
VLAN	<i>Virtual Local Area Network</i>	Виртуална мрежа с локален обхват
VoD	<i>Video on Demand</i>	Доставяне на видео по заявка
VoIP	<i>(Voice over IP)</i>	Пренос на глас по IP протокол
WAN	<i>Wide Area Network</i>	Мрежа с глобален обхват
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>	Технология за изграждане на радиомрежи за двупосочен достъп с LAN обхват
WiMAX	<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>	Технология за изграждане на радиомрежи за двупосочен достъп с MAN обхват

СЪДЪРЖАНИЕ

Г л а в а 1	стр. 2
ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ПРЕДАВАНЕ И ВЪЗПРОИЗВЕЖДАНЕ НА ВИЗУАЛНА ИНФОРМАЦИЯ	
1.1. Светлина и начин на възприемане	
1.2. Характеристики на човешкото зрение	стр. 2
Г л а в а 2	стр. 7
КАЧЕСТВЕНИ ПОКАЗАТЕЛИ НА ТЕЛЕВИЗИОННОТО ИЗОБРАЖЕНИЕ	
2.1. Развивка на телевизионното изображение	
2.2. Размер на изображението	стр. 9
2.3. Геометрично подобие	стр. 9
2.4. Детайлност на изображението	стр. 11
2.5. Контраст на изображението	стр. 14
2.6. Информационен обем на изображението	стр. 15
Г л а в а 3	стр. 17
СИСТЕМИ ЗА ЦВЕТНА ТЕЛЕВИЗИЯ	
3.1. Основни принципи на цветната телевизия	
3.2. Колориметрични системи	стр. 18
3.3. Сигнали на яркостта и цветовата разлика	стр. 20
3.4. Система за цветна телевизия NTSC	стр. 26
3.5. Система за цветна телевизия PAL	стр. 28
3.6. Система за цветна телевизия SECAM	стр. 29
Г л а в а 4	стр. 32
ФОРМИРАНЕ НА ЦИФРОВ ТЕЛЕВИЗИОНЕН СИГНАЛ	
4.1. Основни сведения	
4.2. Първата цифрова телевизионна система MAC	стр. 32
4.3. Цифров телевизионен стандарт MPEG	стр. 34
4.4. Цифров телевизионен стандарт MPEG-2	стр. 35
4.5. Кодиране на параметрите на видеосигнала за цифрова телевизия	стр. 37
4.6. Кодиране и декодиране на звуковите сигнали	стр. 47
4.7. Кодиране на канала	стр. 49
4.8. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали	стр. 53
4.9. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали чрез кабелни мрежи – DVB-C	стр. 59
4.10. Приемане на спътникови телевизионни програми в главните станции на кабелните мрежи	стр. 71
4.11. Разпространение на цифрови телевизионни сигнали чрез наземни мрежи – DVB-T	стр. 78
Г л а в а 5	стр. 84
ОБРАБОТКА И ПРЕНАСЯНЕ НА ЦИФРОВ ТЕЛЕВИЗИОНЕН СИГНАЛ И МЕТОДИ ЗА IP РАЗПРОСТРАНЕНИЕ	
5.1. Пренасяне на цифров телевизионен сигнал	
5.2. Кодиране на телевизионните данни	стр. 89
5.3. Методи за IP пренос на телевизионни данни и сравнение с останалите технологии за цифрово разпространение на видео сигнал (DVB)	стр. 101
5.4. Осигуряване на синхронизация при поточно предаване	стр. 106
5.5. Характерни елементи и системна платформа при IP технология за пренос на телевизионен сигнал	стр. 108
Г л а в а 6	стр. 116

ПРЕНАСЯНЕ НА ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ СИГНАЛИ ПО ОПТИЧНА И ЛОКАЛНА МРЕЖА	
6.1. Блокова схема на идеен проект на стрийминг на аудио и видео	
6.2. MPEG-4 AVC / H.264	стр. 116
6.3. IP Модулатор	стр. 122
6.4. Optical Media Converter	стр. 123
Г л а в а 7	стр. 125
ЦИФРОВО ТЕЛЕВИЗИОННО СТУДИО	
7.1. Видове студия	
7.2. Необходими модули и елементи	стр. 127
7.3. Апаратна	стр. 140
7.4. 3D визуализация на проекта	стр. 159
7.5. Реализация на телевизионно студио и видео обработка на сигнали за телевизионно излъчване	стр. 175
Г л а в а 8	стр. 187
МЕТОДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ СИГНАЛИ	
8.1. Измерване на параметрите на цифровия поток в цифровите ефирни телевизионни мрежи (DVB-T)	стр. 187
8.2. Оценка на качеството на телевизионното изображение	стр. 191
8.3. MPEG-2 протокол-анализатори	стр. 192
8.4. Контрол на качеството на телевизионния сигнал чрез вектор-диаграмата	стр. 193
8.5. Измерване на коефициента на BER грешката	стр. 196
8.6. Измерване и мониторинг на QAM параметрите	стр. 199
8.7. Измерване на мощността	стр. 202
Г л а в а 9	стр. 203
СИСТЕМА ЗА ВИДЕОСТРИЙМ И ПЛЕЙАУТ НА ЦИФРОВИ ТЕЛЕВИЗИОННИ СИГНАЛИ	
9.1. Теоретичен обзор и стандарти	стр. 203
9.2. Структура, особености на средата, интерфейса	стр. 210
Г л а в а 10	стр. 225
ТЕЛЕВИЗИОННИ ДИСПЛЕИ	
10.1. LCD с пасивна матрица	стр. 225
10.2. LCD с активна матрица	стр. 226
10.3. Принцип на работа на LCD дисплей	стр. 228
10.4. Цветово предаване	стр. 240
10.5. Сравнителен анализ и характеристики на използваните матрици	стр. 247
10.6. Стандарт VESA и JEIDA	стр. 254
10.7. Необходимост от гама корекция	стр. 256
10.8. Блок схема на LCD телевизор	стр. 258
10.9. Сравнение между съвременни технологии при телевизионните дисплей	стр. 260
ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА	стр. 267
Списък на използваните съкращения	стр. 268