

М. Петровић

И. Милошевић

ОСНОВИ ТЕЛЕВИЗИЈЕ

Приручник за лабораторијске вежбе



Висока школа електротехнике и рачунарства

Београд, 2018.

Аутори:

М. Петровић, 1954

И. Милошевић, 1982

Основи телевизије, приручник за лабораторијске вежбе, једанаесто издање

Рецензенти:

др **Милан Савић**

мр **Јадранка Ајчевић**

Обрада и припрема текста:

Мирко Милошевић

Корице:

Владимир Церић

Лектор:

Анђелка Ковачевић

Издавач:

Висока школа електротехнике и рачунарства,

Војводе Степе 283, Београд

Штампарија:

Развојно-истраживачки центар Графичког инжењерства ТМФ-а

Карнегијева 4, Београд

Тираж:

75 примерака

Наставно веће Високе школе електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду, на својој седници одржаној 21.01.2010. године, одобрило је издавање и коришћење овог приручника у настави.

**CIP- Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије**

621.397.13(075.8)(076)

ПЕТРОВИЋ, Миле, 1954-

Основи телевизије : приручник за лабораторијске вежбе / М. [Миле] Петровић, И. [Ивана] Милошевић. - 11. изд. - Београд : Висока школа електротехнике и рачунарства, 2018 (Београд : Развојно-истраживачки центар Графичког инжењерства ТМФ-а). - 287 стр. : илустр. ; 30 см

Тираж 75. - Речник појмова: стр. 267-285. - Библиографија: стр. 287.

ISBN 978-86-7982-262-8

1. Милошевић, Ивана, 1982- [аутор]

а) Телевизијска техника - Вежбе

COBISS.SR-ID 259481868

Предговор

Приручник за лабораторијске вежбе намењен је студентима Високе школе електротехнике и рачунарства у Београду за студијски програм Аудио и видео технологије из предмета Основи телевизије. Могу га користити и студенти сродних факултета, дипломирани инжењери и други, који се баве телевизијском техником.

Приручник садржи четрнаест лабораторијских вежби са теоријским основама. Лабораторијске вежбе обухватају: функцију и улогу појединих уређаја у ТВ систему, мерну опрему и тест сигнале, коришћење конектора и каблова у телевизијским системима, коришћење програмског пакета PTDS за симулацију и моделовање оптичких система, претварање светлосних у електричне величине, аналогне и дигиталне видео сигнале у основном опсегу, синхронизацију и утицај промене нивоа видео сигнала и његове фреквенцијске карактеристике на квалитет репродуковане слике, поступке модулације аналогних и дигиталних сигнала у телевизији, мерење нивоа пријемних сигнала код земаљске и сателитске ТВ дифузије, дигитализацију и компресију слике, аутоматско архивирање и емитовање ТВ програма помоћу видео сервера.

Лабораторијске вежбе су конципиране тако да су у свакој вежби дати циљ вежбе, кратка теоријска основа за њено боље разумевање, контролна питања, упутство за извођење вежбе са потребним прибором, уређајима и инструментима и задаци које студент треба да уради. Резултате мерења и испитивања студент уноси у одговарајуће табеле и графички их приказује дијаграмима у одговарајућим пољима. С обзиром да литература из ове области скоро да не постоји на српском језику, дата је теоријска основа уз сваку вежбу, која ће користити студентима за боље разумевање вежбе.

Аутори се захваљују рецензентима проф. др Милану Савићу и проф. мр Јадранки Ајчевић на корисним предлозима и сугестијама, који су допринели квалитету овог приручника, као и дипл. инж. Александру Стојковићу и инж. Александру Лејићу на предлозима и сугестијама током формирања и писања овог приручника.

И поред највеће пажње током формирања и писања овог приручника могуће је да су се поткрали неки недостаци, стога ће аутори бити захвални свим читаоцима који укажу на грешке или дају примедбе и сугестије. Примедбе и сугестије могу доставити ауторима, електронском поштом, на адресе:

petrovic.mile@yahoo.com

ivana.milosevic@viser.edu.rs

Београд, 2018.

Аутори

Име и презиме: _____

Бр. индекса: _____

Вежба	Датум	Домаћи	Потпис
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

Садржај

Предговор	3
Садржај	7
Вежба 1: Функција и улога појединих уређаја у ТВ систему	11
1. Циљ вежбе	11
2. Теоријске основе и потребно предзнање	11
2.1. Телевизијски студио	11
2.2. Видео режија	12
2.3. Видео миксери	13
2.4. Виртуелни студио	16
2.5. Аудио режија	18
2.6. Остали уређаји у ТВ систему	19
2.7. Конфигурисање ТВ система са аналогном и дигиталном опремом	22
3. Контролна питања	24
4. Рад на вежби	26
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	26
4.2. Упутство за реализацију вежбе	26
4.3. Задаци	26
Вежба 2: Мерна опрема и тест сигнали	27
1. Циљ вежбе	27
2. Теоријске основе и потребно предзнање	27
2.1. Аналогни осцилоскопи	27
2.2. Векторскоп (аналогни)	31
2.3. Ultrascope контролно мерни систем	32
2.4. Тест сигнали	33
2.5. Универзални инструмент (универ, мултиметар)	39
2.6. Мере предострожности и савети	40
3. Контролна питања	41
4. Рад на вежби	43
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	43
4.2. Задаци	43
Вежба 3: Конектори и каблови у телевизијским системима	45
1. Циљ вежбе	45
2. Теоријске основе и потребно предзнање	45
2.1. Аудио конектори	45
2.2. Видео конектори	45
2.3. Коаксијални каблови	55
2.4. Triax каблови	56
2.5. Каблови с упреденим парицама	57
2.6. Аудио каблови	59
2.7. Балансиране и небалансиране везе између аудио уређаја	60
2.8. Повезивање аудио и видео уређаја	61
2.9. VGA (D-Sub) интерфејс	63
2.10. HDMI (High Definition Multimedia Interface)	63
2.11. FireWire и USB интерфејси	64
2.12. Оптички каблови	65
3. Контролна питања	71
4. Рад на вежби	73
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	73
4.2. Упутство за реализацију вежбе	73
4.3. Задаци	73

Вежба 4: Коришћење програмског пакета PTDS за симулацију и моделовање оптичких система.....	75
1. Циљ вежбе	75
2. Теоријске основе и потребно предзнање	75
2.1. Слабљење оптичког влакна	76
2.2. Дисперзија светлости.....	78
2.3. Нелинеарни ефекти у оптичким влакнима.....	79
2.4. Настављање и спајање оптичких влакана.....	79
2.5. Практична мерења слабљења оптичких влакана OTDR методом	85
2.6. Симулација и анализа карактеристика оптичких система помоћу програмског пакета PTDS	86
3. Контролна питања	87
4. Рад на вежби.....	89
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	89
4.2. Задаци	89
Вежба 5: Претварање светлосних величина у електричне сигнале.....	93
1. Циљ вежбе	93
2. Теоријске основе и потребно предзнање	93
2.1. Директно и рефлектовано светло	94
2.2. Врсте боја и засићење	96
2.3. Одређивање врсте и засићења боје помоћу стандардног CIE дијаграма.....	97
2.4. Претварање светлосних величина у електричне сигнале	99
3. Контролна питања	103
4. Рад на вежби.....	105
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	105
4.2. Упутство за реализацију вежбе	105
4.3. Задаци	106
Вежба 6: Аналогни видео сигнали.....	111
1. Циљ вежбе	111
2. Теоријске основе и потребно предзнање	111
2.1. Луминентни (монохроматски) сигнал	112
2.2. Сигнали разлике.....	113
2.3. Хроминентни сигнал	114
2.4. Композитни видео сигнал	116
2.5. S - видео сигнал	118
2.6. Компонентни видео сигнали	118
3. Контролна питања	121
4. Рад на вежби.....	123
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	123
4.2. Задаци	123
Вежба 7: Дигитални видео сигнали	127
1. Циљ вежбе	127
2. Теоријске основе и потребно предзнање	127
2.1. Дигитални SDI видео сигнал.....	130
2.2. Дигитални компонентни видео сигнали	131
2.3. Формати дигитализације.....	133
2.4. Дигитализација сигнала звука	139
3. Контролна питања	140
4. Рад на вежби.....	143
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	143
4.2. Задаци	143

Вежба 8: Синхронизација извора слике и утицај промене нивоа видео сигнала на квалитет репродуковане ТВ слике	145
1. Циљ вежбе	145
2. Теоријске основе и потребно предзнање	145
2.1. Временско усаглашавање видео сигнала у телевизијском систему	148
2.2. Фазно усаглашавање видео сигнала у ТВ студију	149
2.3. Синхронизација дигиталних видео уређаја	150
2.4. Синхронизација ТВ центра са спољним видео сигналом	153
2.5. Фреквенцијска карактеристика студијских уређаја у телевизији	153
3. Контролна питања	154
4. Рад на вежби	156
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	156
4.2. Упутство за реализацију вежбе	156
4.3. Задаци	156

Вежба 9: Мерење и анализа пријемних дигиталних (DVB-T) сигнала код земаљске ТВ дифузије	161
1. Циљ вежбе	161
2. Теоријске основе и потребно предзнање	161
2.1. Земаљска аналогна ТВ дифузија	163
2.2. Земаљска дигитална ТВ дифузија (DVB-T/T2)	165
2.3. Пренос дигиталних ТВ сигнала (DVB-T/S/C)	167
2.4. Пријем сигнала код земаљске дигиталне ТВ дифузије (DVB-T)	168
2.5. Мерење односа S/N и BER-a (Bit Error Rate)	169
2.6. Cenelec и CCIR стандарди за PAL B/G систем	169
2.7. Пријемни антенски систем за земаљску ТВ дифузију	172
2.8. Пријемне земаљске антене	172
2.9. Антенски кабл	173
2.10. Антенски појачавачи	173
2.11. Антенске скретнице	174
3. Контролна питања	175
4. Рад на вежби	177
4.1. Уређаји, инструменти и прибор, потребни за извођење вежбе	177
4.2. Задаци	177

Вежба 10: Поступци модулације аналогних и дигиталних сигнала у телевизији	179
1. Циљ вежбе	179
2. Теоријске основе и потребно предзнање	179
2.1. Аналогни модулациони поступци	180
2.2. Дигитални модулациони поступци	184
3. Контролна питања	186
4. Рад на вежби	188
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	188
4.2. Опис вежбе	188
4.3. Задаци	189

Вежба 11: Мерење и анализа пријемних аналогних и дигиталних (DVB-S) сигнала код сателитске ТВ дифузије	191
1. Циљ вежбе	191
2. Теоријске основе и потребно предзнање	191
2.1. Фреквенцијски опсези сателитских сигнала	192
2.2. Модел остваривања везе Земља – сателит	193
2.3. Сателитске антене	195
2.4. Пренос и емитовање аналогног сигнала посредством сателита	198
2.5. Пренос и емитовање дигиталних сателитских сигнала DVB- S.....	200
2.6. Дигитални сателитски предајник DVB – S	201
3. Контролна питања	204
4. Рад на вежби	206
4.1. Уређаји, инструменти и прибор, потребни за извођење вежбе	206
4.2. Задаци	206
Вежба 12: Компресија слике	209
1. Циљ вежбе	209
2. Теоријске основе и потребно предзнање	209
2.1. Општи принципи компресије.....	210
2.2. Компресија мирних слика	212
2.3. Дискретна косинусна трансформација.....	213
2.4. Компресија покретних слика (видео сигнала).....	220
2.5. Врсте компресије видео сигнала	222
3. Контролна питања	231
4. Рад на вежби	233
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	233
4.2. Задаци	233
Вежба 13: Аутоматско архивирање и емитовање ТВ програма помоћу видео сервера	235
1. Циљ вежбе	235
2. Теоријске основе и потребно предзнање	235
1.1. AIRBOX	238
1.2. CAPTUREBOX	243
1.3. DATABOX.....	246
3. Контролна питања	248
4. Рад на вежби	250
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	250
4.2. Упутство за реализацију вежбе	250
4.3. Задаци	250
Вежба 14: Примена capture картица у телевизијској продукцији	253
1. Циљ вежбе	253
2. Теоријске основе и потребно предзнање	253
2.1. Коришћење екстерне картице LiveGamerPortable C875 за емитовање програма ..	258
3. Контролна питања	264
4. Рад на вежби	266
4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе	266
4.2. Упутство за реализацију вежбе	266
Речник појмова	267
Литература	287

Вежба 1: **Функција и улога појединих уређаја у ТВ систему**

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) ТВ системом,
- б) уређајима који се користе у ТВ систему,
- в) функцијом и улогом појединих уређаја у ТВ систему,
- г) мониторингом и мерном групом у ТВ систему,
- д) токовима аудио/видео сигнала кроз ТВ систем,
- ђ) брзим елиминисањем појединих кварова,
- е) симулацијом кварова на уређајима у ТВ систему.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Телевизијски систем представља групу међусобно повезаних и зависних ТВ уређаја, који формирају комплексну целину. Телевизијски систем чини телевизијски студио са скупом одељења која заједно омогућавају припрему, снимање и емитовање ТВ програма.

Велики телевизијски центри, по правилу, имају више студија. Студији су специјализовани за информативни, играни програм, “шоу” емисије које се снимају или директно емитују уз присуство публике. Зависно од намене студија у њему се врши и одговарајућа конфигурација опреме.

2.1. Телевизијски студио

ТВ студио је основна производна ћелија сваког центра и треба да задовољи основне потребе за производњу ТВ програма. Величина студија (површина и висина) треба да одговара намени. Положај студија са околним просторијама треба да буде такав да саобраћај може да се одвија без потешкоћа. У зависности од намене, студији могу бити различитих величина, од малих чија је површина до 100m^2 , средњих, чија је површина до 400m^2 , до продукционих студија величине од $400 - 1000\text{m}^2$. Највећи студио код нас је у Кошутњаку површине негде око 900m^2 . Број камера у студију је различит, што зависи од намене и величине студија. Од висине студија зависи и избор система за вешања расвете. Под у студију мора да буде потпуно раван, јер би се у току “вожње” камере љуљале, што би се на слици запазило као померање слике. Не сме да се чује шкрипање или шумови од повлачења камерних каблова по поду. У зависности од намене висина студија може да буде и 8m . ТВ студио мора да се акустички обради и изолује од продора спољне буке и вибрација. Пожељна је, али није обавезна, визуелна комуникација између самог студија и режије програма.

Основни алат у ТВ студију су ТВ камере. Камером рукује “камерман” (ТВ сниматељ) који према упутствима редитеља, или самостално, прати догађаје на сцени и

комбинује кадрове водећи рачуна о “књижи снимања”, или о концепцији аутора емисије. Спикери у студију читају потребан текст са специјалног огледала које се монтира испред објектива студијске камере, али које није у фокусу камере па се оно, наравно, не види на излазу. Уређаји на којима се исписује текст за спикера називају се промптери.

Телевизијске камере се састоје из: главе камере, камерног кабла и контроле камере CCU (*Camera Control Unit*). Глава камере са CCU спаја се преко мултикор, триакс (*triax*) или оптичког кабла. Код старијих модела користе се мултикор каблови код којих се сваки сигнал преноси посебном жицом (жилом). Број жица зависи од модела камере, а може да их буде и до 50. Код новијих типова камере користе се триакс или оптички каблови. Код триакс каблова на почетку и на крају кабла се врши мултиплексирање/демултиплексирање и модулација/демодулација сигнала у оба смера. Електрични сигнали кроз триакс каблове преносе се импулсном, РСМ (*Pulse Code Modulation*) модулацијом. Код оптичких каблова електрични сигнали се претварају у светлосне и обрнуто и преносе се од главе камере до CCU. Дужина камерног кабла у студију зависи од димензија студија и креће се од 10 до 50м. Код камера које раде са репортажним колима користе се знатно дужи каблови, зависно од потребе њихова дужина може да се креће до 500м код триакс каблова или до 2км код оптичких.

Пре почетка снимања камере се морају подесити помоћу одговарајућих тест карти, како би се постигао оптимални квалитет према телевизијским стандардима (величина слике, оштрина, контраст, гама, компресија, репродукција боја и сл.). Број мануелних подешавања код дигиталних камера је смањен и сведен је на минимум.

За сваку емисију посебно студио се опрема одговарајућим декором, односно сценографијом. Данас се све више користи виртуелни студио где се сцена остварује путем рачунара, односно графичке станице.

2.2. Видео режија

Зависно од концепције телевизијског центра, видео режију углавном чине видео миксер, мониторски зид за визуелну контролу слике из различитих извора, електронска графика, уређаји за комуникацију са студијом, тонском режијом и свим осталим одељењима студијске технике. Код неких ТВ центара у режији могу да се нађу и даљинске команде за контролу камера, расветних система, *playout* система или, ако се још користе магнетоскопи, за њихово даљинско стартовање. Распоред уређаја у режији треба да буде такав да омогући сваком члану екипе да види слику и сигнале, да чује команде, програмски тон и упутства на које треба да реагује.

Преко видео зида на мониторима у режији се прати све што се дешава на сцени. Монитори се постављају тако да се обезбеди нормалан угао посматрања, без ометајућих одсјаја на стаклу екрана, и под углом који ни после дужег посматрања неће да замара. Пошто у режији има више монитора, уз сваки од њих постављају се натписи који означавају функцију монитора (нпр. КАМЕРА 1, КАМЕРА 2, итд.) и сигналне лампице које показују који је извор слике укључен преко режијског стола (видео миксера). Данас се углавном користе мултивју (*multiview*) системи код којих се на једном монитору величине преко 50 инча приказује издељена слика из више извора.

2.3. Видео миксери

Видео миксери су уређаји помоћу којих се врши бирање једног излазног сигнала слике од више присутних улазних сигнала, који потичу из више различитих извора. Излазни сигнал може да се добије комбинацијом више улазних сигнала са различитим ефектима. Извори видео сигнала могу бити камере у студију, сервери, рачунари, графичке станице или екстерни сигнали из репортажних кола или других телевизијских центара. Дистрибуција видео сигнала до видео миксера врши се помоћу коаксијалних каблова карактеристичне импедансе 75Ω . Видео сигнали могу да буду аналогни и дигитални. Ако постоје уређаји са аналогним сигнаlima онда могу да се користе композитни или компонентни, а код дигиталних уређаја користе се дигитални сигнали. Када у ТВ студију постоје аналогни и дигитални уређаји (што је данас најчешћи случај) онда се за њихово повезивање користе А/Д и Д/А конвертори видео сигнала.

Да би се на видео сигнаlima из разних извора могли изводити различити визуелни ефекти, претапање и миксовање потребно је да на улазу у видео миксер они буду синхрони и синфазни. Као референтни синхронизациони сигнал користи се блек берст (black burst) или (Tri-level sync) сигнал. Синхроност значи да мора да постоји временска синхронизација (хоризонтални тајминг) улазних видео сигнала, односно њихових синхронизационих импулса, како се не би видели хоризонтални помераји или скокови слике. Синфазност значи да мора да постоји синхронизација фазе референтног сигнала боје са фазом боје улазних видео сигнала, како при миксерским операцијама не би долазило до промене засићења и врсте боје. Подешавање фазе референтног сигнала боје са улазним видео сигнаlima врши се векторскопом.

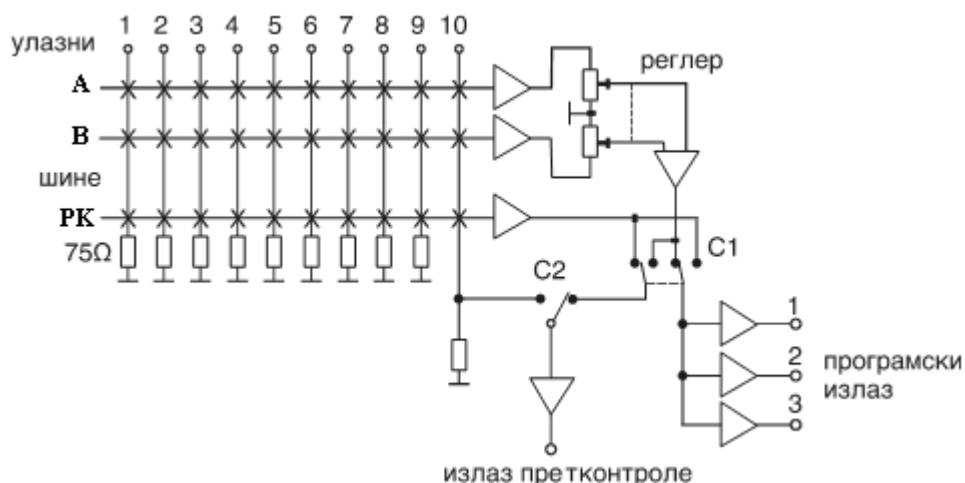
Кашњење видео и синхронизационих сигнала настаје услед њиховог проласка кроз каблове различитих дужина и кроз различите уређаје. Ради временског усклађивања видео сигнала на улазу у видео миксер узима се најдужи пут сигнала, чије је фиксно кашњење највеће и унапред познато. У све остале сигнале вештачки се уноси кашњење, што се мери величином временске разлике између хоризонталних импулса два различита сложена видео сигнала. Временска усаглашеност система визуелно се контролише на видео миксеру у видео режији пре почетка рада на некој емисији. Код визуелне контроле потребно је да се обезбеди визуелни континуитет без “трзаја” слике, при прелазу са кадра из једног извора на кадар другог извора слике.

Код дигиталних видео миксера за дистрибуцију дигиталних видео сигнала користе се стандардизовани серијски дигитални интерфејси SDI (Serial Digital Interface, SMPTE 259M). Међусобно повезивање дигиталних уређаја врши се према међународним стандардима ITU-R BT 656 и SMPT 305. Неки дигитални миксери имају уграђене у себи дигиталне синхронајзере и они остварују синхронизацију и са несинхроним улазним видео сигнаlima.

Видео сигнали се између уређаја дистрибуирају помоћу коаксијалних каблова карактеристичне импедансе 75Ω . Приликом повезивања дигиталних уређаја мора да се води рачуна о прилагођењу карактеристичне импедансе да не би дошло до рефлексије сигнала.

Главни део видео миксера чини матрица одређеног капацитета. Основни модел видео миксера има само две магистрале, “шине”, од којих је прва за припрему (preview), а

друга је излазна (program). На *preview* “шини” се припрема сигнал за емитовање. Са друге шине “program” сигнал се шаље на излаз. Сложенији видео миксери имају и тзв. “key” шину. На њој се бира сигнал са којим ће се радити неки ефекат. Основни ефекти су *luma key** и *chroma key**. Оба раде са два видео сигнала, од којих је први (онај што је изабран на key “шини”) сигнал над којим се врши ефекат, а други је позадина (background). Упрошћена блок шема видео миксера са две шине приказана је на слици 1. Крстићима су означена матрична места укрштања унутар миксера на којима се спајају сигнали доведени на вертикалне шине.



Слика 1. Упрошћена шема видео миксера

На вертикалне шине доводе се улазни видео сигнали из камера, сервера, рачунара, графичких станица, екстерни сигнали, разни тест сигнали, итд. Хоризонталне шине представљају претконтролу и излазе. Мешање улазних видео сигнала постиже се:

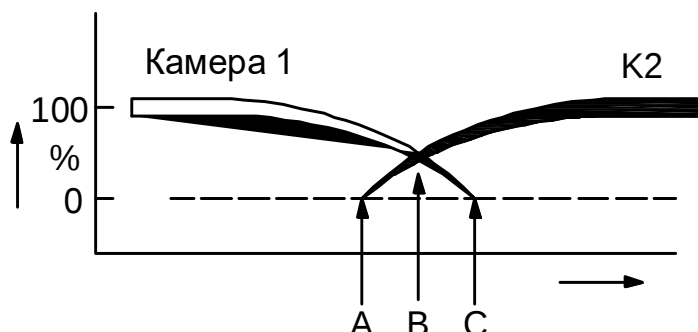
- резањем,
- претапањем,
- мешањем помоћу маске,
- мешањем у режиму “лума ки”,
- мешањем у режиму “хрома ки”.

Рез представља најједноставнији прелаз са једног на други кадар (видео сигнал). То је прекидачко укључивање и искључивање два различита извора видео сигнала.

Претапање представља постепено укидање једног сигнала и постепено увођење другог сигнала. То је мешање улазних сигнала по нивоу, тако да се сигнал са А шине одтамњује, а са В затамњује, или обрнуто. У електричном смислу то значи да један видео сигнал расте, а други опада по амплитуди. Визуелно, претапање се манифестује тако што се једна слика постепено губи, а друга постепено појављује. Ако би се претапање зауставило у неком тренутку добила би се двојна експозиција која се често користи. Постепени прелаз видео сигнала од пуне вредности до црног назива се често и “fade”.

* Keying, key, ки - процес селективног уклапања садржаја једне слике у садржај друге слике

Врло често у ТВ продукцији користи се одтамњење и затамњење, слика 2. У електричном смислу код отамњења видео сигнал постепено расте. Ако је отамњење сувише брзо онда се има утисак да се ради о резу. Затамњење је обрнута радња код које се слика пуног интензитета постепено затамњује. Затамњење као и отамњење може да буде брже или спорије.



Слика 2. Одтамњење и затамњење

Luma key је селективно уклапање садржаја једног видео сигнала у други, при чему се однос између позадине и предњег плана одређује према линеарној скали у односу на ниво контролног сигнала. Делови првог сигнала се исецају и на та места се убацују одговарајући делови другог сигнала, позадине. Као критеријум за генерисање *ki* сигнала користе се напонски нивои улазних видео сигнала који су одређени сјајношћу слике, односно луминентни сигнал.

Изразни видео сигнал биће или са шине А или са шине В, у зависности од тога да ли је ниво узлазног видео сигнала из кога се генерише *ki* сигнал већи или мањи од задате вредности. Праг исецања одређује оператор помоћу потенциометра на миксеру.

Chroma key је поступак мешања два видео сигнала, при коме се једнобојна позадина у једном видео сигналу (сигнал живе слике са сцене) замењује неким другим видео сигналом. Тај други видео сигнал може да буде генерисан у рачунару или са неког другог извора. То могу да буду статичне или покретне слике. Као критеријум за генерисање *ki* сигнала у видео миксеру користи се врста и засићење боје. Тај поступак је илустрован на слици 3, где је плава боја искоришћена као критеријум за генерисање *ki* сигнала. Плаво у сигналу А замењује се садржајем из сигнала Б. На видео миксеру сигнали А и Б доводе се на посебне шине, а оператор на миксеру подешава хрома *ki* ефекат.



Слика 3. Илустрација хрома *ki* ефекта

Хрома *ки* ефекат у студију замењује сценографију и појефтиније производњу програма. Део слике из једног извора, који представља предњи план, замењује се одговарајућим делом слике другог извора. На тај начин се ствара утисак да се објекти из предњег плана налазе у сцени коју приказује слика другог извора. Позадина мора да има плаву или зелену засићену боју, униформне сјајности и да је равномерно осветљена.

Да би хрома *ки* ефекат био квалитетно изведен потребно је да фреквенцијска ширина хроминентних сигнала и њихова резолуција буду довољно велике. Код система кодовања 4:1:1, 4:2:0 и 4:2:2 због ограничења ширине спектра хроминантних сигнала, квалитетно уметање слике врло је тешко изводљиво и тражи идеално подешено светло и ниво видео сигнала у супротном узлазне и силазне ивице на објектима би биле споре, што би се у хрома *ки* ефекту манифестовало као тамни ореол око објекта у предњем плану. Да би се добио висококвалитетан хрома *ки* сигнал треба користити средњи степен компресије. У пракси се за реализацију хрома *ки* ефекта најчешће за позадину у студију користи плава боја, јер се плава боја, као компонента, не налази значајно на кожи људског лица, а и засићена плава боја се ретко налази у природи. У последње време за добијање хрома *ки* ефекта користи се и зелена боја.

Хрома *ки* поступак даје задовољавајуће резултате за статичне сцене (информативни програм, панел разговори, временска прогноза и сл.), али при снимању сцене са динамичким покретима учесника, услед промене угла снимања, што је неминовно за овакве врсте емисија, губи се природан однос између учесника и сценографије. Због овога је домет хрома *ки* ефекта ограничен само на статичан однос предњег плана.

2.4. Виртуелни студио

Виртуелни студио представља интеграцију класичног ТВ студија без декора са пратећом телевизијском опремом уз додатак виртуелног сета. На тај начин се постиже виртуелно повећање физичких димензија студија. За сценографију се користи виртуелни декор. У таквом студију могу да се реализују све телевизијске жанровске структуре.

Суштину виртуелног студија представља процес успостављања односа између положаја, односно видног угла камере у односу на реалну сцену и графички генерисану сцену. Сцена у студију треба да је на одговарајући начин униформно обојена и осветљена да би особа у кадру могла што ефикасније (једноставније и квалитетније) да се електронски (хрома *ки* поступком) издвоји од позадине. Сцена, односно под и зид најчешће се боје плавом или зеленом бојом, при чему су прелази са зида на под и бочне стране зида заобљени, да се не би стварале нежељене сенке. Посебна пажња посвећује се дифузној расвети, која не сме да дозволи стварање било каквих сенки. Помоћу рачунарског система се врши графичко генерисање тродимензионалне сцене на основу дигитализације слике из природе или из самог рачунара. За све наведене обраде и генерисање сцене користе се софистицирана рачунарска средства, која омогућавају обраду у реалном времену.

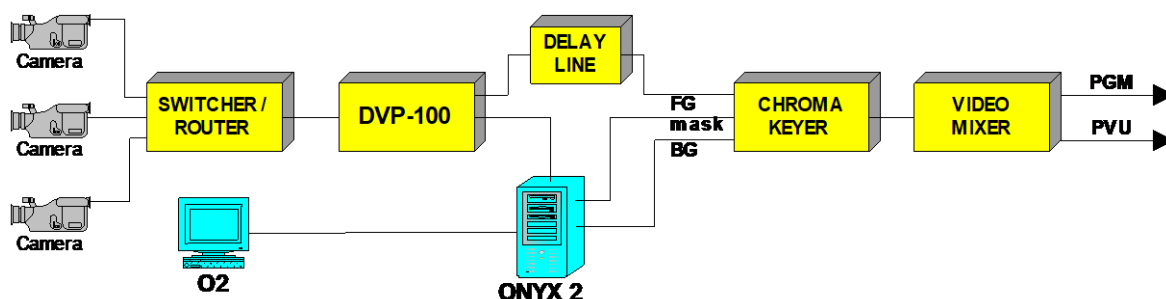
Оно што је ново у односу на класичну опрему је виртуелни сет. Виртуелни сет представља спрегу хардверске опреме и пратећег софтвера. Он омогућава истовремено коришћење видео сигнала живе слике са камере и 3D графике и анимације у реалном времену, без присуства физичке сценографије у студију. Технологија виртуелног студија заснива се на хрома *ки* поступку.

Код класичног хрома *ки* поступка користи се дводимензионална рачуарски генерисана графика за сценографију, која се убацује као позадина слике, али она не прати промене угла снимања, прелаз са зума на тотал, или прелаз с једне камере на другу, услед чега се ремети реални однос између учесника и предмета са сценографијом и губи се осећај просторности, односно дубине слике.

Код виртуелног студија подаци о положају камере омогућавају рачунару да обрадом података у реалном времену изврши корекцију генерисане 3D графике за сценографију. На тај начин се задржава логичан однос између учесника, предмета и сценографије, а има се и осећај дубине слике. Друга предност виртуелног студија је могућност генерисања слике, која се налази у предњем плану и која може бити транспарентна.

Основна подела виртуелних сетова односи се на начин одређивања положаја камере у односу на генерисану сценографију из рачунара. Положај камере треба да утиче на генерисану сценографију из рачунара. Однос између генерисане сценографије и слике у предњем плану треба да буде увек коректан, у сваком тренутку и то у реалном времену.

Постоји више система за корекцију генерисане сценографије. Најпознатији систем је препознавање решетке (pattern recognition) који је развила Израелска фирма Орад. Код овог система користи се тамноплава позадина са нешто светлијом решеткастом структуром, где се на основу информација са светлије решеткасте структуре врши корекција рачуарски генерисане сценографије и на тај начин се обезбеђује коректан однос између предмета у предњем плану и рачуарски генерисане сценографије. Блок шема виртуелног сета фирме Орад приказана је на слици 4.



Слика 4. Блок шема виртуелног студија

Са слике се види да су три камере које снимају предњи план повезане на свичер/рутер (switcher/router). Могуће је коришћење било ког типа камере: студијске, са рамена или *стеди кем*. Број камера није ограничен. Видео сигнал из камера се преко свичер/рутера прослеђује до видео процесора DVP-100. Он у реалном времену одређује позицију и оријентацију камере која утиче на генерисање сценографије у рачунару ONYX2. Сигнал генерисане сценографије из рачунара ONYX2 и обрађени сигнал са камера уводе се у хрома кијер (chroma keyer) где се сједињени прослеђују у видео миксер. Када се камера помера остаје коректно подешен однос између предњег плана и виртуелне позадине. Тако се, када се извођачи крећу и камере их нормално прате, однос предњег плана и позадине динамички мења, као да је позадина прави и реални декор. На тај начин могуће је стварати различите декоре, па и надреалне.

2.5. Аудио режија

Слика и звук у студију одвојено се стварају и обрађују. Слика у видео, а звук у аудио миксеру. Њихово здруживање врши се пре снимања или емитовања. Код дигиталних система тај поступак се назива „ембедовање“.



Слика 5. Аудио миксер

Аудио миксери представљају “срце” аудио система и могу да буду аналогни и дигитални, слика 5. Сви аудио сигнали из студија и осталих аудио извора доводе се на улаз аудио миксера. Сваки од улаза назива се аудио канал (channel). Канал обично има потенциометар за регулацију нивоа улазног сигнала, филтерску групу, и засебан *фејдер* - клизни потенциометар (реглер). Подизањем *фејдера* улазни сигнал тог канала шаље се на излазну магистралу. Могуће је истовремено миксовање аудио сигнала са више улазних канала. На сложенијим аудио миксерима, поред излазне магистрале, постоје и разне помоћне магистрале, као што су слање на помоћни излаз (aux send) и слање у групе за снимање (group send). Свака магистрала мора да има свој регулатор нивоа, који може да буде кружни или клизни потенциометар.

Како аудио миксер ради? Да бисмо то најједноставније објаснили посматрајмо један типичан аналогни аудио миксер, у моно верзији. То је електронски уређај који се састоји од више идентичних улазних и неколико излазних модула. Веза између улазних и излазних модула остварује се помоћу такозваних сабирница или магистрала. На улазне регулаторе долазе улазни аудио сигнали, који могу да буду микрофонски, линијски или тест сигнали. Како се на улаз миксера доводе сигнали који се међусобно разликују по нивоу, а и другим параметрима, то се на миксеру користе регулатори нивоа канала, а по потреби и модули за фазну и фреквенцијску корекцију. Након пропуштања и корекције кроз улазне регулаторе сигнали се сабирају у сабирној тачки или сабирници, да би преко излазног регулатора били прослеђени на излаз миксера. Тако миксовани сигнал даље се води на један или више главних излаза, као и на излазе за мониторинг (слушање) и друге помоћне излазе. Сви наведени излази имају своје регулаторе нивоа, могућност утицаја на фазну и фреквенцијску карактеристику миксованог сигнала, као и могућност пропуштања сигнала кроз компресор и лимитер.

Бољи миксери, нарочито за емитовање, имају функцију *предслушања* на улазним модулима, која омогућује да се сваки долазећи сигнал чује пре него што се пропусти у процес миксовања.

По нивоу разликују се линијски и микрофонски сигнали. **Линијски ниво** је ниво сигнала стандардне амплитуде од 0,775V, на импеданси од 600Ω, што представља

0dBm. **Микрофонски ниво** је ниво сигнала на излазу микрофона и у зависности од врсте микрофона креће се од -66dBm до -46dBm. Сигнали који долазе из самог студија обично су микрофонског нивоа, а остали су линијског нивоа. Зато на аудио миксеру постоје на сваком улазу конектори за микрофонски и линијски сигнал, или један конектор са преклопником за један или други сигнал. То је неопходно зато што се ниво микрофонског сигнала мора помоћу микрофонског претпојачавача појачати на ниво линијског сигнала да би даља обрада била иста за оба сигнала.

Сваки аудио миксер има одговарајуће мерне инструменте. То су инструменти који оптички презентују вредности акустичких и електричних параметара сигнала, као и њихов међусобни однос. То су инструменти за мерење вршних вредности сигнала - **пикметри** и инструменти који реагују на средњу вредност сигнала - **вуметри**. Бољи миксери за емитовање и снимање стерео или вишеканалног окружујућег (*surround*) сигнала имају такозване **аудиоскопе** који на својим екранима приказују просторну расподелу сигнала по нивоу, истовремено приказујући вршне и средње вредности сваког канала засебно, као и њихов фазни однос. Постоје и **спектрометри** који приказују промену спектралне карактеристике, како улазних тако и излазних сигнала. Сви инструменти имају логаритамску карактеристику читавања, јер се са њом лакше остварује прилагођавање физиолошкој особини људског уха.

2.6. Остали уређаји у ТВ систему

Black Burst генератор је аналогни уређај који производи референтни сигнал за синхронизацију аналогних и дигиталних уређаја. Тај сигнал се назива референтни сигнал за синхронизацију уређаја "black burst, tri-level sync или црно". Он садржи све потребне синхронизационе сигнале и уместо информација о слици има ниво сигнала који одговара нивоу црног. Сви професионални уређаји, аналогни и дигитални, имају улаз за овај сигнал. Тај улаз зове се референтни REF IN или "GENLOCK IN". Да би видео сигнали могли да се монтирају, претапају или режу синхроно са једног на други, или да се ради неки ефекат са њима, неопходно је да сви видео сигнали стигну синхроно и синфазно на улаз у видео миксеру. Да би се то остварило потребно је да се сваком уређају доведе референтни сигнал ("black burst") на његов REF IN улаз, а затим изврши подешавање хоризонталне фазе и фазе помоћног носиоца боје (subcarrier phase). Хоризонтална фаза и фаза subcarrier-а видео сигнала из неког уређаја подешавају се на основу референтног "black burst" сигнала. Обично се видео миксер узима као уређај према коме се подешавају сви остали.

Референтни сигнал ("black burst") може бити прослеђен на два начина, или премештавањем (looping) од једног уређаја до другог, или употребом дистрибуционих појачавача који врше његово умножавање. Није дозвољена његова дистрибуција преко Т конектора.

Тест генератори на својим излазима дају видео сигнале који садрже карактеристичне информације погодне за мерења на уређајима и њихова подешавања. Један од најпознатијих тест сигнала је **колор бар сигнал**. На монитору се види као слика вертикалних пруга примарних и комплементарних боја, поређаних по сјајности почев од беле, преко жуте, цијан, зелене, магенте, црвене, плаве, до црне. Поред многобројних тест сигнала ту је и **мултиберст тест сигнал**, кога чине неколико синусних осцилација на одређеним фреквенцијама, почев од нижих ка вишим (0,5MHz, 1MHz, 1,5MHz.... 5,8MHz). Све фреквенције имају исту амплитуду. Служи за мерење

утицаја одређеног уређаја или коаксијалног кабла на фреквенцијску карактеристику видео сигнала који пролази кроз њих. На монитору се види као црно/беле пруге које су с леве стране ретке, а крећући се ка десној постају све гушће.

Дистрибуциони појачавачи (ADA, VDA) служе за умножавање аудио и видео сигнала који се доведу на њихове улазе. Могу имати од 2 до 10 излаза. Сигнал на сваком излазу је идентичан сигналу на улазу дистрибуције. Реализоване су са високофреквенцијским операционим појачавачима, тако да A/V дистрибуције не утичу на фреквенцијску карактеристику сигнала који се доводи на њихов улаз. Помоћу видео дистрибуционих појачавача могуће је подешавати фреквенцијску карактеристику видео сигнала, ниво композитног видео сигнала, ниво луминентног и хроминентног видео сигнала.

Видео свичери су уређаји који од више улазних сигнала (од 8-10) прослеђују један сигнал на излазу. Постоје синхрони и асинхрони видео свичери. Синхрони видео свичери имају улаз за синхронизацију REF IN и на њега се доводи референтни синхронизациони сигнал „black burst“. Код њих се прелаз са једног видео сигнала на други врши без „скока“ у слици, а код асинхроних прелаз са једног на други видео сигнал је асинхрон и ту се примећује „скок“ у слици. Улазни видео сигнали могу да буду аналогни и дигитални. Уобичајено је да код аналогних свичера улазни видео сигнали буду реализовани са „пропетљавањем“ (loop-through). Код њих су loop-through прикључци углавном пасивни, а код дигиталних уређаја могу да буду активни и пасивни. Пасивни loop-through прикључци немају могућност појачања улазног сигнала него га само пропуштају, а активни имају, али је проблем када уређај остане без струјног напајања из било ког разлога, онда активни loop-through прикључак не пропушта даље сигнал. Фреквенцијска карактеристика сваког од улаза за видео сигнал треба да је равна (линеарна) за цео опсег учестаности.

Видео преспојно поље (patchbay) представља раскрсницу видео сигнала који су присутни у неком ТВ систему. На њега се доводе сви видео сигнали и тако се добија могућност њиховог накнадног превезивања, сходно потребама које се јављају у току реализације неког ТВ пројекта. Оно омогућава и брзо реаговање у случају насталих техничких проблема, а ради лакше манипулативности на њему се налазе сви неопходни улазни и излазни прикључци видео уређаја који се често користе. Ради лакшег сналажења patch поље је подељено у две равни: **A** – горња раван (излази видео уређаја) и **B** – доња раван (улази у видео уређаје). Преспајање и делегирање видео сигнала врши се краћим видео кабловима, тзв. Краткоспојницима. Могуће је проследити сигнал из било ког извора (уређаја) у било који уређај простим преспајањем на patch пољу. У телевизијским системима се користе да се постигне флексибилност и сигурност система, а и као нека врста заштите.

Матрице су уређаји који имају више парних улаза и излаза сигнала, најчешће се праве као 8 x 8, 16 x 16, 32 x 32 и више. Сваки улазни канал може бити делегиран на било који излазни или на више излазних канала. Аналогне аудио матрице се праве најчешће у пару са аналогним видео матрицама, док се дигиталне аудио матрице ређе користе јер је тон у дигиталној телевизији углавном ембедован тј. инсертован у видео сигнал. Матрицама се командује локално преко контролног панела или даљински преко рачунара.

Видео монитори су професионални монитори високе резолуције и верне репродукције боје и осветљаја који омогућавају визуелно праћење слике. Слични су

ТВ пријемницима, али са много бољим техничким карактеристикама, без могућности примања емитованог сигнала са ТВ предајника, јер у себи не садрже бирач канала. У режији за визуелно контролне мониторе могу да се користе и ТВ пријемници, у том случају се аналогни видео сигнал доводи на AV улаз (RCA конекторима), а дигитални на HDMI. У последње време за визуелну контролу разних извора видео сигнала користе се мултивју монитори. На њихов улаз, са разних извора, доводе се видео сигнали, а онда се у зависности од потреба више слика на истом екрану приказује у различитим величинама и на тај начин формира мониторски зид. Мултивју монитори могу да буду ПЛАЗМА или ЛЦД монитори, величине 42 инча или већи. Највише се користе ЛЦД монитори са ЛЕД позадинским осветљењем. Данас, нарочито у репортажним колима и телевизијским режијама, видео монитори са катодном цеви замењују се мултивју мониторима.

Аудио монитори су активне звучне кутије које имају уједначену фреквенцијску карактеристику на чујном подручју од 20Hz до 20kHz. Када није битно да се чује квалитет аудио сигнала, већ само информација о садржини, онда се користе компјутерски монитори.

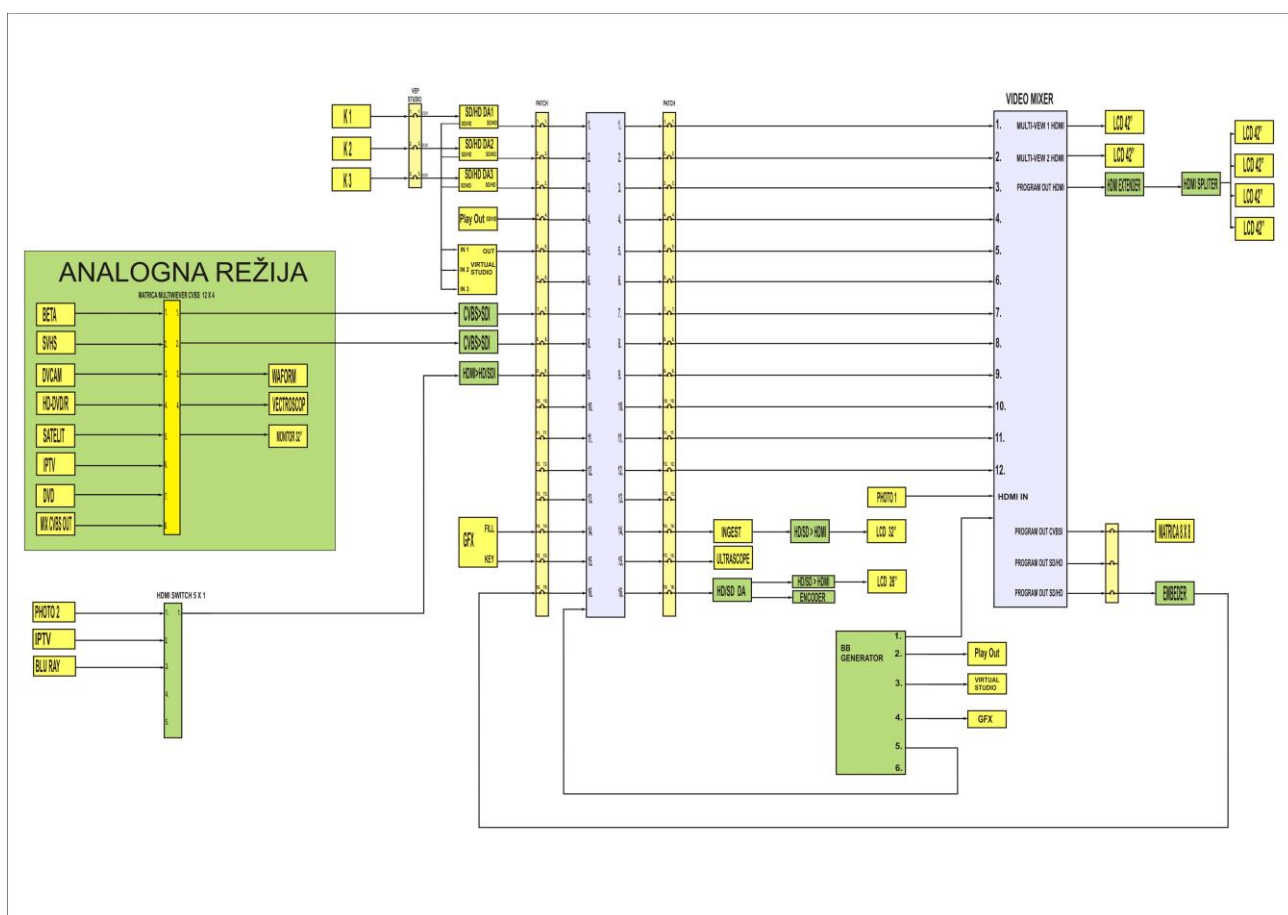
Магнетоскопи су уређаји који снимају на видео траку видео и аудио сигнале који им се доводе на улаз. Тај снимак касније је могуће репродуковати са истог уређаја или било ког другог који подржава исти формат записа. Могу да буду аналогни и дигитални. Поред видео записа могу се на истој траци снимити два или четири аудио канала као и time code. Time code је информација о тачном часу, минути, секунди и слици (frame) која се односи на протекло време од почетка снимања видео и аудио материјала. Уз сваки frame (слику) записује се и time code. На тај начин, ако је уснимљен time code, трака се може брзо премотати на део снимљеног материјала који је потребан за емитовање или монтажу. Исто тако врло је лако установити колико времена има до истека тог видео материјала, да би се тачно на време емитовао материјал из неког другог извора.

Карактер генератор служи за генерисање слова и знакова који се касније одређеним ефектима, помоћу видео миксера, убацују преко слике која долази из неког другог извора. Карактер генератори углавном су РС рачунари који имају додатну видео картицу са видео излазом. У зависности од квалитета видео картице карактер генератори могу бити професионални и аматерски.

Frame synchronizer је уређај који служи да било који несинхронизовани видео сигнал, који долази са неког екстерног извора (линк, сателитски ресивер и сл.) или са неког кућног уређаја (видео рекордер, мини DV, аматерска камера, итд.), синхронизује и технички коригује да би могао да се несметано користи у ТВ систему где су сви сигнали у фази. Ради на следећи начин: процењује колико се фаза улазног сигнала разликује од фазе референтног сигнала, затим улазни сигнал дигитализује и складишти у меморију. Дигитализовани видео сигнал се потом чита из меморије и враћа у аналогни облик. При том, додаје му се синхронизациони сигнал који је у фази са остатком ТВ система, тако да се на излазу Frame synchronizera добија “уфазиран” сигнал. Frame synchronizer има и могућност додатне синхронизације нестабилних видео сигнала и корекције неких параметара видео сигнала који се пропуштају кроз њега (повећање или смањење нивоа видео сигнала, корекција нивоа црног, корекција SC и H фазе и други).

2.7. Конфигурисање ТВ система са аналогном и дигиталном опремом

Данас већина дигиталних телевизијских уређаја поред дигиталних интерфејса (SDI, serial digital interface) има и конекторе за аналогне улазне/излазне сигнале. Ако дигитални уређај има само дигитални интерфејс, а потребно је да се веже у аналогни систем онда мора да се користи Д/А конвертор. Помоћу њега се врши прелаз са дигиталних на аналогне сигнале. Ово важи и за ситуације када аналогни уређаји треба да се вежу у дигитални систем, онда морају да се користе А/Д конвертори (CVBS to SDI). Блок шема телевизијског система код кога се користе аналогни и дигитални уређаји приказана је на слици 6, а на слици 7 блок шема телевизијског система са дигиталним уређајима.



Слика 6. Блок шема ТВ система са аналогним и дигиталним уређајима



3. Контролна питања

а) Шта чини ТВ систем?

б) Која је улога patch поља и видео свичера у ТВ систему?

в) Објаснити рад виртуелног студија.

г) Која је улога frame synchronizera?

д) Објаснити улогу видео дистрибуционих појачавача у ТВ систему.

ђ) Каква је разлика између видео свичера и матрице?

е) Објаснити принцип рада хрома *ки* ефекта.

ж) Каква је разлика између пикметра и вуметра?

з) Каква је разлика између микрофонског и линијског аудио сигнала?

и) Зашто на улазу у видео миксер видео сигнали треба да буду синхрони и синфазни?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Различити извори видео сигнала везани у ТВ систем
2. Видео миксер
3. Аудио миксер
4. Multiview систем за визуелну контролу и мониторингски зид.

4.2. Упутство за реализацију вежбе

Суштина вежбе је да се путем блок шеме прате и анализирају путеви видео сигнала кроз ТВ систем. Први део вежбе обухвата упознавање са уређајима у ТВ студију и теоријску анализу аудио/видео путева видео сигнала.

Други део вежбе односи се на симулацију и брзо елиминисање различитих кварова на ТВ уређајима. Брза елиминација кварова врши се на приказаној блок шеми (слика 8) на нивоу уређаја тако да у ТВ систему буде што краћих прекида. Кроз симулацију различитих кварова на уређајима студент треба да овлада брзом елиминацијом појединих кварова у ТВ систему, како би прекиди ТВ програма били што краћи.

4.3. Задаци

- I. Видео сигнал из камере 3, проследити преко печ поља на 5 улаз видео миксера.
- II. Колор бар сигнал из камере 2, проследити преко матрице и видео миксера на multiview монитор.
- III. На осцилоскопу (ултраскопу) видео сигнал из камере по нивоу је превелик (око 2Vpp). Наћи узрок повећања нивоа сигнала и елиминисати га.

Вежба 2:

Мерна опрема и тест сигнали

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) основном мерном опремом која се користи у ТВ системима,
- б) карактеристикама и оперативним могућностима мерне опреме,
- в) тест сигналама који се користе у ТВ системима,
- г) општим правилима руковања мерном опремом,
- д) одређеним мерама предострожности при руковању мерном опремом.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Најчешће коришћени мерни инструменти у телевизији су осцилоскопи, векторскопи и универзални инструменти. Намена осцилоскопа је приказивање сигнала у временском домену, векторскога приказивање хроминентних видео сигнала у U и V координатном систему, а универзалних инструмената мерење напона, струје, отпора и капацитета. Сви ови инструменти могу да буду аналогни и дигитални. Код дигиталних инструмената команде су јако сличне аналогним инструментима, али се читавање врши на дисплеју и резултати лако могу да се меморишу и обрађују на рачунару.

Слика се у телевизији ствара путем анализе, слично као код матричних штампача – исцртава се ред по ред, само је код телевизије много брже, па се не примећује. Постоје два начина анализе слике, прогресивни (*progressive*) и са проредом (*interlaced*). Код прогресивне анализе увек стоји написано слово *p*, што значи да се слика на екрану исцртава ред по ред - без прескакања. Код анализе са проредом увек стоји слово *i* што значи да се слика на екрану исцртава у два маха: прво се исцртава свака парна, па одмах потом свака непарна линија. Све се то одвија довољно брзо, па се не примећује да слика није цела.

2.1. Аналогни осцилоскопи

Осцилоскопи (*waveform monitor*) су уређаји који на телевизијском екрану приказују видео сигнал у временском домену, исписујући линију по линију слике једну преко друге, посебно за парну, а посебно за непарну полуслику. На њима се поред видео сигнала за парну и непарну полуслику виде хоризонтални синхронизациони сигнал, вертикални синхронизациони сигнал и *burst* сигнал, зависно од врсте и типа. Могуће их је подесити тако да поред композитног видео сигнала приказују посебно хроминентни, а посебно луминентни сигнал. Маска осцилоскопа тако је обележена да се на њој лако види трајање видео сигнала које износи $52\mu s + 12\mu s = 64\mu s$, ниво сложеног видео сигнала који износи 1Vpp, ниво синхронизационих сигнала који износи 0,3Vpp и ниво *burst* сигнала који износи 0,3Vpp.

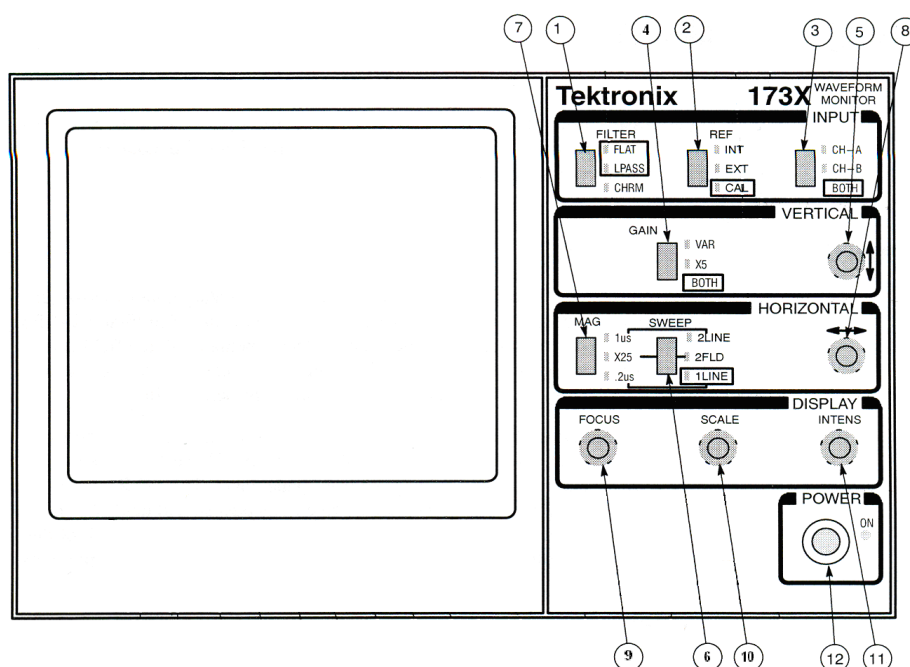
2.1.1. Упутство за употребу осцилоскопа - Tektronix WFM 1711J

Аналогни осцилоскоп (waveform monitor) Tektronix WFM 1711X подржава два телевизијска стандарда (PAL и NTSC). Команде на предњем панелу реагују на притисак и имају светлосну индикацију када су активне.

Осцилоскоп има два улазна канала А и В (комполитна). Њихови комполитни видео улази, као и улаз за екстерну референцу, повезани су у петљи високе импедансе да би се заштитио интегритет сигнала. Синхронизација инструмента може да буде интерна или екстерна.

• Предњи панел

Предњи панел осцилоскопа састоји се од потенциометара, дугмића који се активирају притиском и светлосних индикатора. Поред сваког пише која му се функција притиском може доделити. Уоквирене функције добијају се дужим држањем дугмета притиснутим. Поред њих је светлосна индикација, која обавештава која је функција дугмета тренутно активна.



Слика 1. Предњи панел осцилоскопа Tektronix 1711X

На слици 1 приказани су сви функцијски дугмићи и потенциометри означени бројевима од 1 до 12. У следећем тексту биће тим редоследом објашњено како се која функција користи.

1. Филтер улазних сигнала

Ова команда има три функције: FLAT, LPASS и CHROMA. Дужим држањем дугмета активира се дуални мод, где су активна прва два филтера, истовремено. Дуални мод не може се применити када су као улази изабрана оба канала (А и В) канал, или када је изабран LINE SELECT мод.

2. REF

Ова команда служи да се изабере екстерна или интерна референца*. Када се дуже држи притиснута служи за калибрацију. Изабрани статус инструмента је запамћен у меморији, када је *CAL* селековано, а оригинални статус се поново успоставља када се притиснуто дугме поново притисне. Сви прикази предњег панела, изузев *SWEEP* и *MAG*, приказују се у величини *X1*.

3. CH A – CH B

Овим дугметом бира се да улаз буде *A* или *B* канал. Ако се дуже држи притиснуто добиће се опција *BOTH*, што значи добиће се приказ *A* улаза – лево и *B* улаза – десно.

4. VERTICAL GAIN

Даје могућност бирања између *VAR*, *X5* и *BOTH* мода. Бирање се врши дужим држањем дугмета док се не добије светлосна индикација.

5. POSITION

Потенциометар којим се помера таласни облик сигнала по вертикали дисплеја.

6. SWEEP

Овом командом бира се стање између два мода *2LINE* и *2FLD* опсега. Опсег *1LINE* добија се дужим држањем *SWEEP* дугмета. Опција *MAG* аутоматски се искључује ако се *SWEEP* промени. Нивои опсега су следећи:

- *2LINE* неувеличано = 10µs/div
- *1LINE* неувеличано = 5µs/div

7. MAG

Опција може бити укључена или искључена. Повезана је са *SWEEP* модом да омогући коришћење следећих опција:

- *2LINE* + *MAG* = 1 µs/div
- *2FLD* + *MAG* = 1 пун вертикални интервал
- *1LINE* + *MAG* = 0,2 µs/div

Вертикални интервал приказује се у *2FLD* + *MAG* моду. На пример, ако је *FLD1* селековано као активно, вертикални интервал се приказује између поља 1 и поља 2.

8. POSITION

Потенциометар којим се помера таласни облик сигнала по хоризонтали дисплеја.

* сигнал за синхронизацију уређаја black burst или црно

9. FOCUS

Потенциометар за подешавање оштрине приказа на дисплеју, према жељама корисника.

10. SCALE

Контролише ниво осветљаја мерне скале.

11. INTENSITY

Контролише ниво осветљености дисплеја.

12. POWER

Дугме којим се осцилоскоп укључује или је на *standby*.

• Задњи панел

Конектори на задњем панелу означени су бројевима од 1 до 6 и у даљем тексту биће објашњена њихова функција по бројевима који су приказани на слици 2.

1. CH A

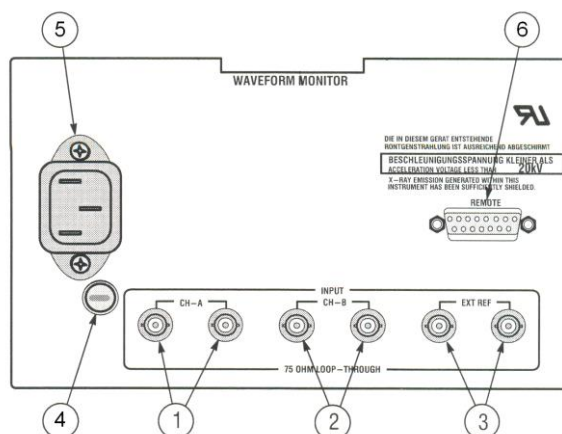
Луповани композитни видео улаз за канал А, компензован са 75Ω.

2. CH B

Луповани композитни видео улаз за канал Б, компензован са 75Ω.

3. EXT REF

Луповани улаз за екстерни синхронизациони сигнал (компензован са 75Ω), селекује се као извор синхронизације на предњем панелу (опција *REF*).



Слика 2. Задњи панел осцилоскопа Tektronix 1711X

4. AC FUSE

Служи као главни осигурач инструмента.

5. AC POWER

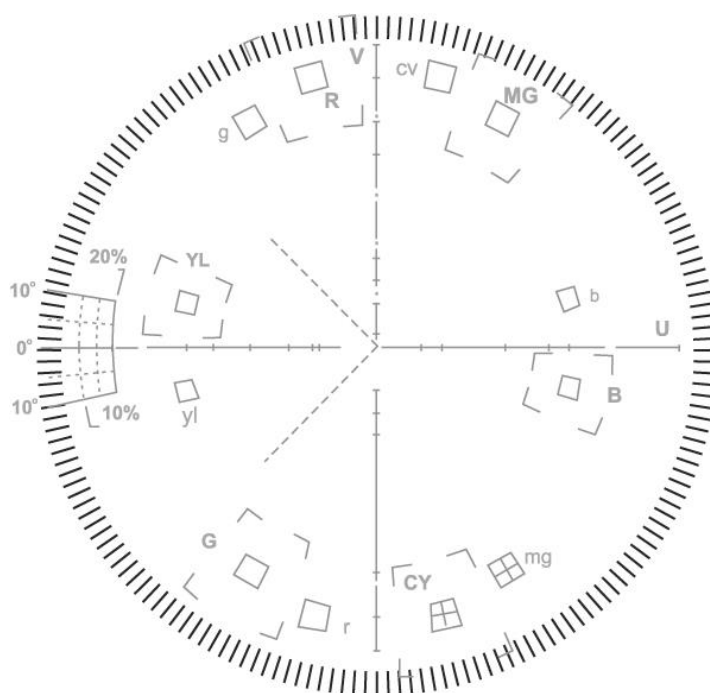
Прикључак за електрично напајање наизменичном струјом.

6. REMOTE

Женски 15-пински D конектор, служи за ограничене даљинске команде.

2.2. Векторскоп (аналогни)

Векторскоп приказује хроминентни део видео сигнала у координатном систему, где је апсциса **U** компонента, а ордината **V** компонента видео сигнала. На улаз може да се доведе композитни или компонентни видео сигнал. Без обзира који је облик видео сигнала доведен, он се разлаже на сигнал разлике V ($R - Y$) који се води на вертикалну осу, и сигнал разлике U ($B - Y$) који се води на хоризонталну осу. Због прецизнијег представљања вектора боје маска векторскопа је издужена, тако да је U компонента представљена са $U/2$. На њој је обележен положај референтног помоћног носиоца боје (дужина и фаза). На маски се налазе квадратићи који представљају референтни положај примарних R , G , B и комплементарних MG , YL , CY боја, слика 3. Мањи квадратићи показују одступање вектора боје од дозвољеног за 2° , а већи за 10° . Квадратићи за непарну полуслику примарних и комплементарних боја означени су великим словима са R , G , B , MG , YL , CY , а за парну полуслику малим словима са r , g , b , mg , yl , cy . Може да се бира посебно непарна а посебно парна полуслика. Дужина вектора показује засићење боје, а положај вектора врсту, односно фазу боје.



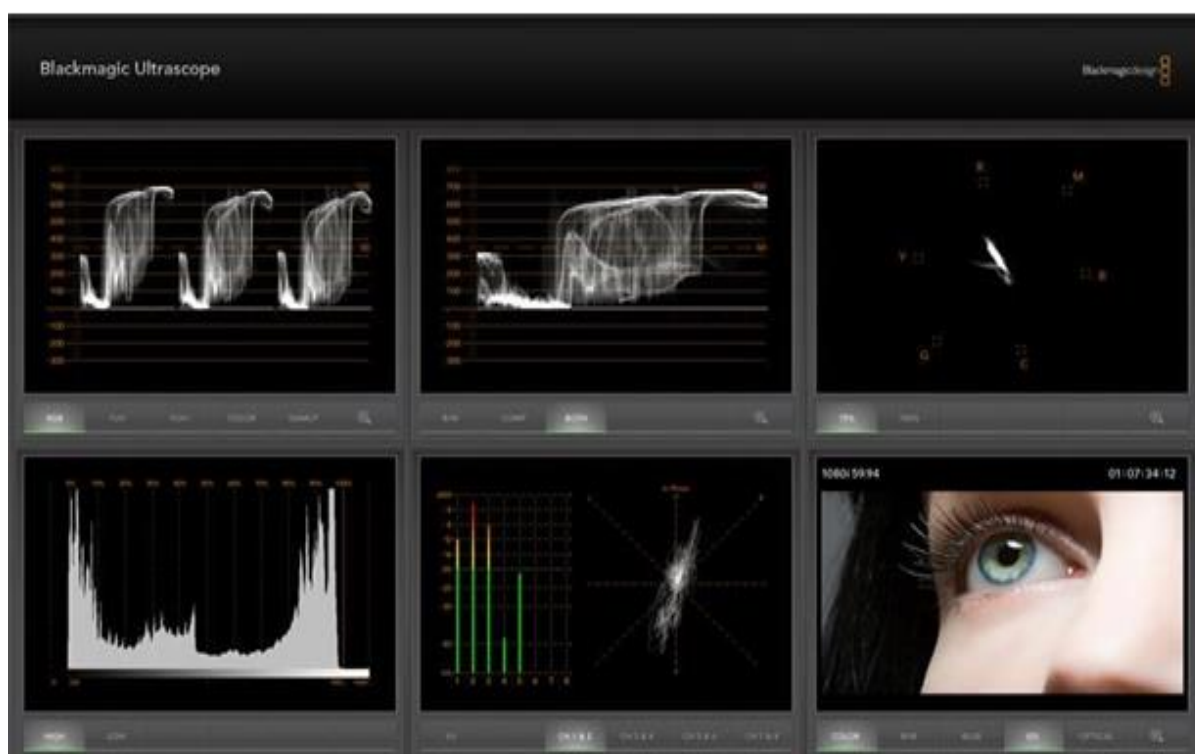
Слика 3. Маска векторскопа

2.3. Ultrascope контролно мерни систем

Ultrascope контролно мерни систем је заснован на рачунарском склопу у који се уграђују специјализоване улазно/излазне картице и инсталира одговарајући софтвер, писан за различите стандарде (SDTV, HDTV, 4K). Код њега, поред видео сигнала, може да се прати и мери и аудио сигнал. Приказивање осцилограма може да се врши на много већем монитору него што је дисплеј на осцилоскопу или вектроскопу, па је и сам рад прегледнији, а мерења прецизнија.

Доступан је у три варијанте: за MAC или PC рачунар са наменском PCIe картицом, за лаптоп са преносивом USB 3.0 картицом (Pocket UltraScope) и као наменско решење за рекове (SmartScope Duo).

Помоћу Ultrascope контролно мерног система могу да се мере: луминентни сигнал (сјајност) за сваку боју посебно у временском домену, луминентно/хроминентни сигнал у временском домену, хроминентни сигнали (класичан вектроскоп приказује UV сигнале у координатном систему), хистограм са приказом, од црне до беле боје, уз увид у клиповање одређеног дела спектра и мерење нивоа аудио сигнала (пикметар) који истовремено може да мери 8 аудио канала и да проверава њихову фазу. Уређај за мерење аудио сигнала садржи у себи стерео метар, тако да лако може да се види померај фазе стерео сигнала. Поред ових параметара, на малом прозору, може да се прати изглед тренутне слике, над којом се врши мерење са детектовањем основних информација о самом сигналу (врста сигнала SD, HD, видео формат, временски код). Сви дијаграми се приказују одједном, без потребе за пребацивањем са једне врсте дијаграма на други, што чини рад много лакшим и прегледнијим, слика 4.

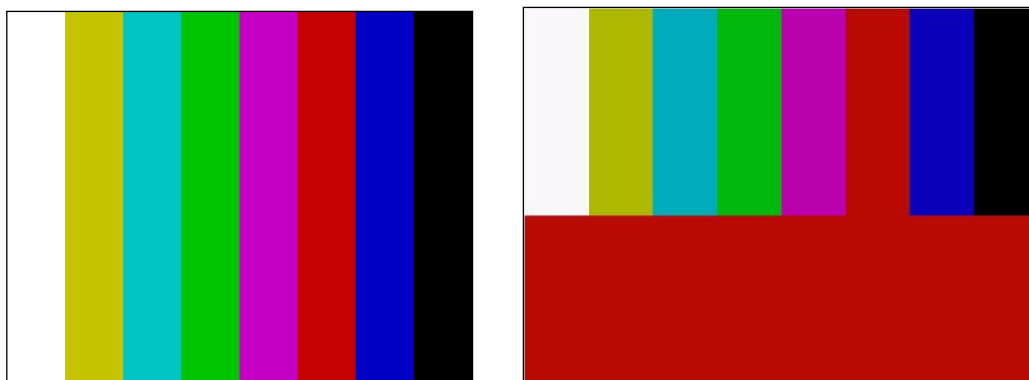


Слика 4. Приказ сигнала на Ultrascope мерном систему

2.4. Тест сигнали

2.4.1. Колор бар сигнал

У колор телевизији целокупан видео ланац најчешће се подешава помоћу тест сигнала који се назива **Color bar** сигнал (пруге боја), слика 5. Он се као референтни тест сигнал уграђује у камере, видео миксете, магнетоскопе и друге видео уређаје, те је као такав просто незаобилазан у телевизијској продукцији. Користи се за подешавање целокупног телевизијског система, уређаја и нивоа видео сигнала. Колор бар сигнал садржи 6 вертикалних колор пруга и две црно-беле пруге (црну и белу). Пруге су тако распоређене да њихове сјајности опадају посматрано слева надесно. Шест колор пруга представљају R, G, B примаре пријемника и њихове комплементе: цијан (CY), љубичаста (MG) и жута (YL). Цијан се добија мешањем B и G, жута се добија мешањем R и G, а љубичаста се добија мешањем R и B. Бела пруга (W) представља референтно бело и добија се мешањем R, G, B у одређеном односу. У уређајима колор бар сигнал добија се помоћу електричних E_R , E_G , E_B сигнала, који се генеришу у кодеру уређаја.



Слика 5. Врсте колор бар тест сигнала

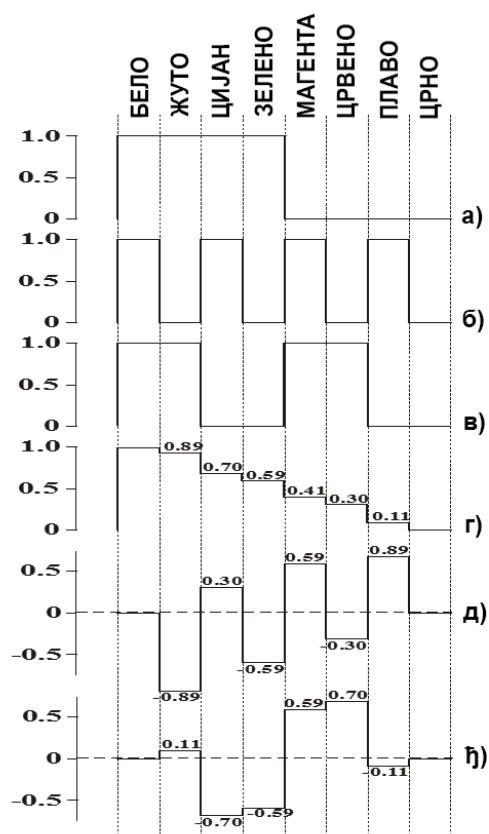
Луминентни сигнал добија се на основу једначине:

$$E_Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B.$$

На слици 6.а,б,в, приказано је како R,G,B, сигнали учествују у стварању E_Y , сигнала разлике и колор бар сигнала. Са слике 6.г види се да се бела пруга добија сабирањем једнаких количина R, G, B примара. Луминентни сигнал E_Y за жуту пругу добија се као $0,30E_R + 0,59E_G = 0,89$, тако да је амплитуда луминентног E_Y сигнала за пругу жуте боје 0,89 амплитуде сигнала пруге беле боје. Луминентни сигнал E_Y за цијан пругу добија се као $0,59E_G + 0,11E_B = 0,70$, тако да је амплитуда луминентног E_Y сигнала за пругу цијан боје 0,70 амплитуде сигнала пруге беле боје. На сличан начин, за све примарне и комплементарне боје, израчунате су вредности амплитуда за E_Y сигнал и сигнале разлике $E_R - E_Y$ и $E_B - E_Y$. На слици 6. д, ђ, приказани су сигнали разлике боја $E_B - E_Y$ и $E_R - E_Y$. Добијене вредности приказане су у табели 1.

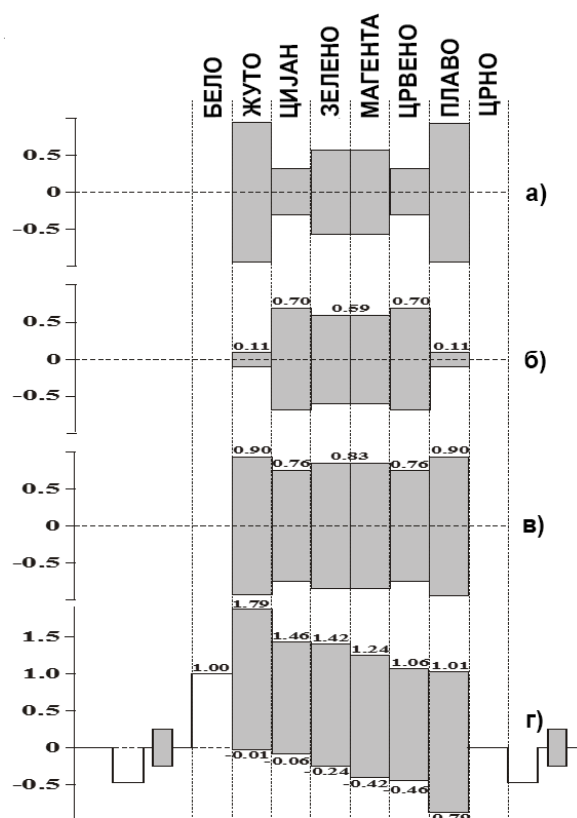
Врста боје	E_y	$E_G - E_y$	$E_B - E_y$	$E_R - E_y$
бела	1,00	0,00	0,00	0,00
жута	0,89	0,11	- 0,89	0,11
цијан	0,70	-0,70	0,30	0,30
зелена	0,59	-0,59	-0,59	0,41
љубичаста	0,41	0,59	0,59	- 0,41
црвена	0,30	0,70	- 0,30	- 0,30
плава	0,11	- 0,11	0,89	- 0,11
црна	0,00	0,00	0,00	0,00

Табела 1. Вредности амплитуда за луминентни и сигнале разлике



Слика 6.

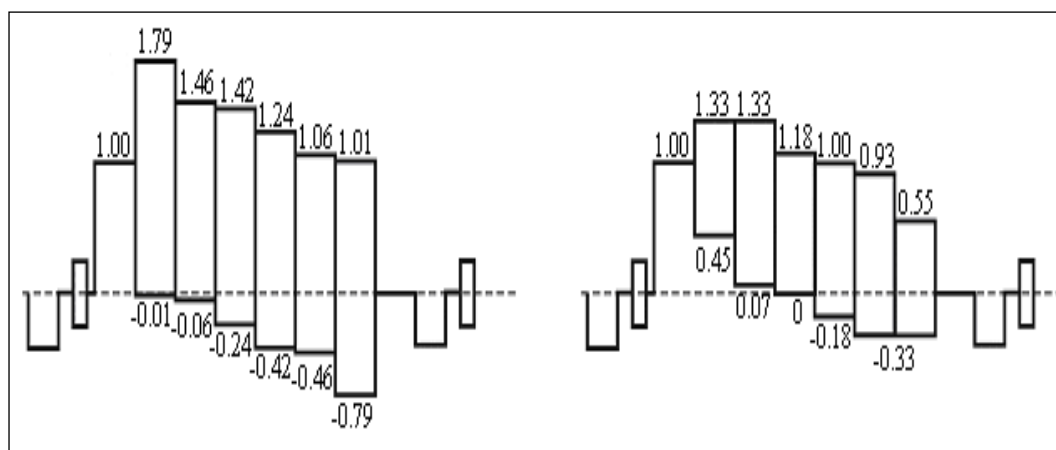
- а) G сигнал, б) В сигнал, в) R сигнал
г) E_y луминентни сигнал
д) Сигнал разлике $E_B - E_y$
е) Сигнал разлике $E_R - E_y$



Слика 7.

- а) $(E_B - E_y) \sin \omega ct$
б) $(E_R - E_y) \cos \omega ct$
в) $E_u \sin \omega ct \pm E_v \cos \omega ct$
г) $E_y + E_u \sin \omega ct \pm E_v \cos \omega ct$

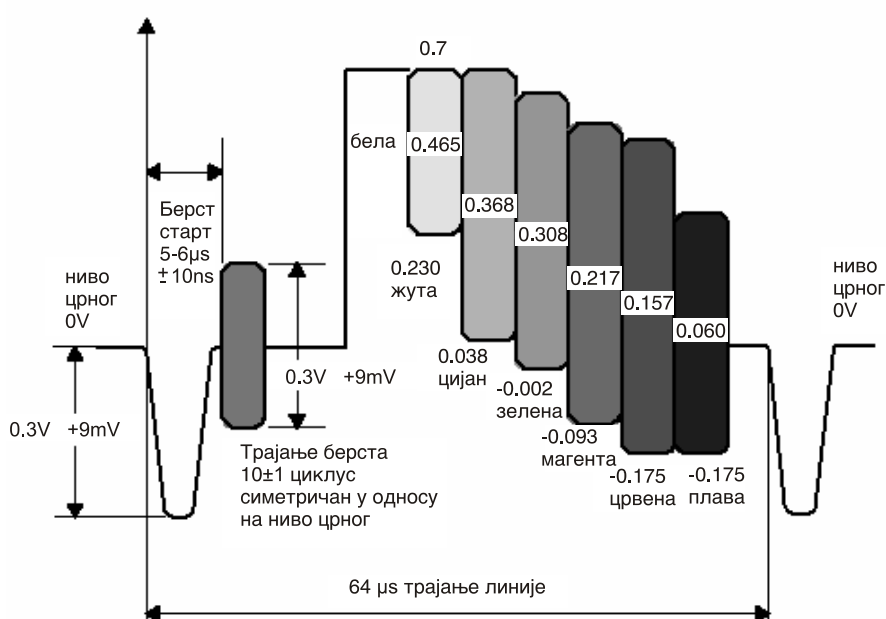
На слици 7.а, б приказани су модулисани сигнали разлике $(E_B - E_Y)\sin\omega_c t$ и $(E_R - E_Y)\cos\omega_c t$, а на слици 7.в хроминентни сигнал E_c који се добија сабирањем модулисаних сигнала разлике. Сабирањем луминентног сигнала са модулисаним сигнаlima разлике (хроминентним сигнаlima), слика 7.г, добија се сложени видео сигнал чија амплитуда износи 1,79V. Да би се на неки начин овај сигнал довео у стандардни оквир од 1V и избегао проблем премодулације код снимања и предајника уводе се коефицијенти редукције за хроминентне сигнале разлике, слика 8.а,б. За сигнал разлике $E_R - E_Y$ коефицијент редукције износи 0,877, а за сигнал разлике $E_B - E_Y$ износи 0,493. На овај начин се постиже премашење за жуту и цијан боју од око 33%, што задовољава стандарде.



а)

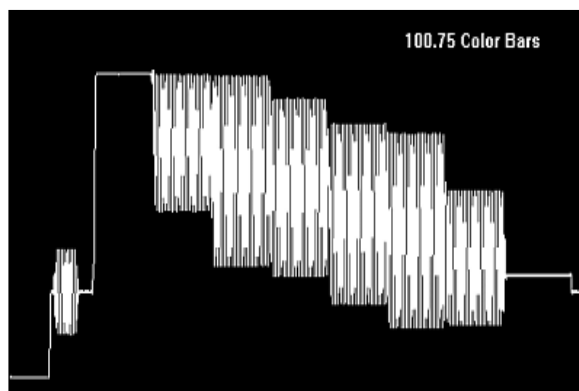
б)

Слика 8. а) Колор бар сигнал без редукције, б) Колор бар сигнал када је примењен фактор редукције



Слика 9. EBU колор бар сигнал

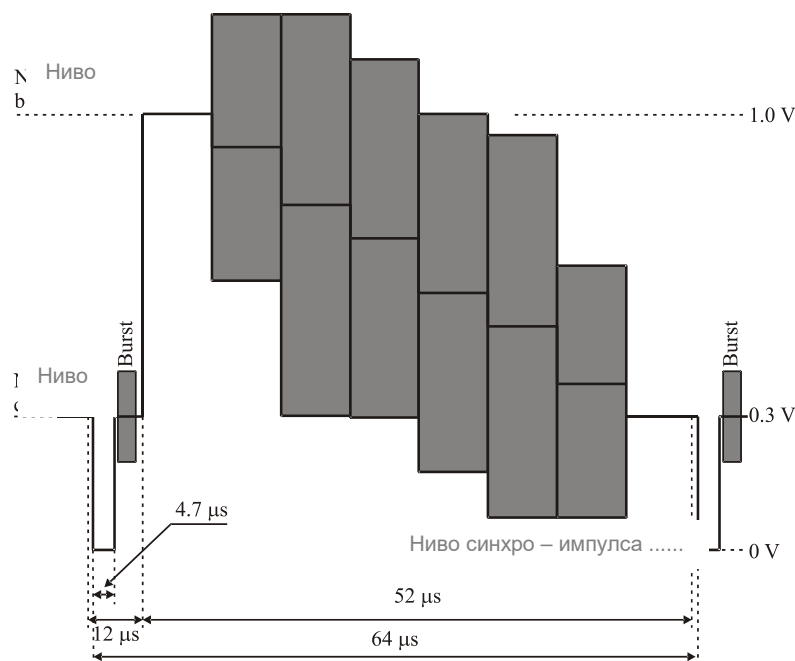
На слици 9 приказан је EBU (*European Broadcasting Union*) колор бар сигнал са обележеним карактеристичним нивоима. Са слике се види да је амплитуда хроминентног сигнала за жуту и цијан пругу редукована, тако да је једнака амплитуди луминентног сигнала за белу пругу. Овај колор бар носи ознаку *100.75 Color bars*. Исти овај колор бар, снимљен са осцилоскопа, приказан је на слици 10.



Слика 10. *100.75 Color bars*

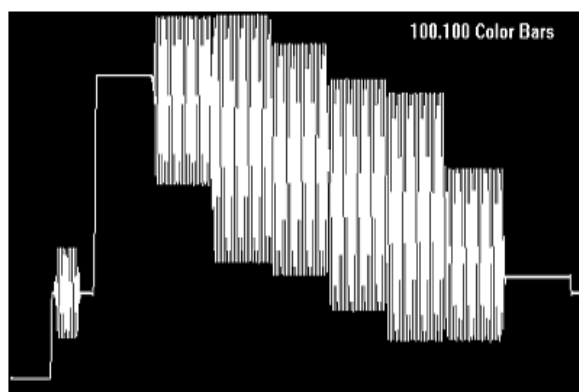
Поред овог колор бар сигнала у употреби су још три типа колор бар сигнала: 100% колор бар (са 100% амплитудама и 100% засићењем), 95% колор бар (са 100% амплитудама и 95% засићењем) и 75% колор бар (са 75% амплитудама и 100% засићењем).

На слици 11 приказана је варијанта 100% колор бар сигнала (FCC стандард, амерички стандард), она је често у употреби и носи ознаку *100.100 Color bars*.



Слика 11. *100.100 Color bars*

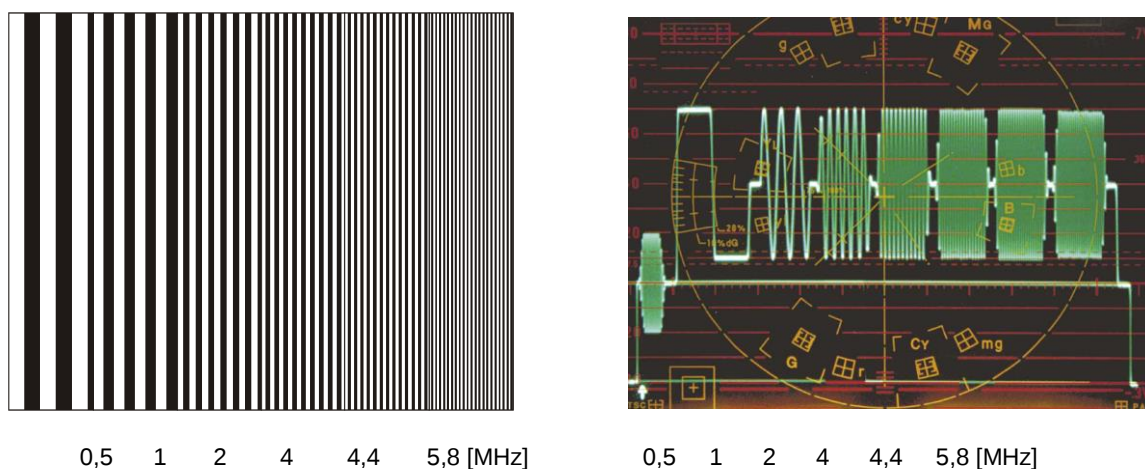
Исти овај колор бар, снимљен са осцилоскопа, приказан је на слици 12.



Слика 12. 100.100 Color bars

2.4.2. Мултиберст сигнал

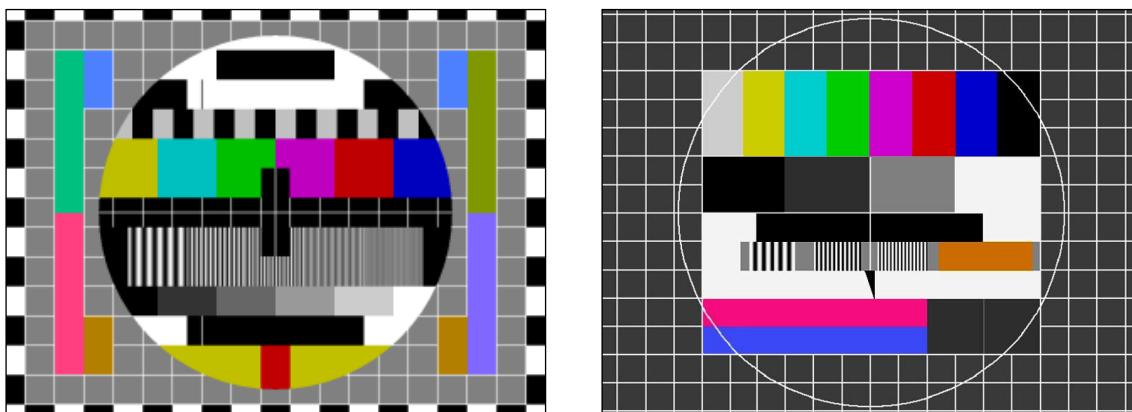
Мултиберст сигнал приказан је на слици 13. Састоји се из 6 пакета учестаности, у опсегу од 0,5MHz до 5,8MHz. Сви пакети имају исте амплитуде на свим учестаностима. Учестаности пакета се повећавају слева надесно 0,5; 1; 2; 4; 4,4; 5,8MHz. На монитору изгледају као црно-беле пруге које су с леве стране ређе, а крећући се ка десној постају све гушће. Овај сигнал служи за мерење фреквенцијске карактеристике телевизијских уређаја и система. Такође, овај тест сигнал може да се користи за визуелну проверу фреквенцијске карактеристике телевизијских уређаја и преносних канала, тако што се визуелно примећује да се амплитуда на вишим учестаностима смањује, а слика је мање оштра. На бољим осцилоскопима то се изражава као пад сигнала у милivolтима или у децибелима.



Слика 13. Мултиберст сигнал

2.4.3. Округли тест сигнал

Округли тест сигнал у себи садржи више сигнала који се користе у разне сврхе. Помоћу овог тест сигнала могуће је испитивати или подешавати многе параметре који су битни за рад неког телевизијског система или самог ТВ уређаја (ТВ пријемник, монитор, декодер, итд.), а да се не користи никакав мерни инструмент, већ да се само посматра изглед тест сигнала на екрану. Само у појединим случајевима потребно је користити осцилоскоп ради постизања веће тачности. Округли тест сигнал приказан је на слици 14.



Слика 14. Изглед „округлог” тест сигнала

Помоћу овог тест сигнала могуће је визуелно проверавати квалитет подешености ТВ пријемника (геометрија слике, скретни део, синхронизација и друго).

- **Скретни део**

а) Облик круга

Из облика круга види се тачан однос између скретања електронског млаза по ширини и висини и да ли је добар линеаритет слике.

б) Величина скретања

За контролу величине слике користе се црно-бела поља по ивицама слике. Ширина и висина су добро подешене онда када се испод маске налази по $\frac{1}{2}$ црно-белих поља, то јест када се има правилан круг (тачан однос скретања) и када се обезбеди да и при сниженом напону напајања за 10%, слика покрива цео екран.

в) Линеарност скретања

Линеарност у скретању млаза контролише се помоћу решетке и круга. Помоћу круга запажа се нелинеарност око 1%, а помоћу решетке ако је већа од 5%.

г) Конвергенција

Статичка конвергенција проверава се или подешава помоћу хоризонталних и вертикалних белих линија у средини круга. Динамичка конвергенција проверава се помоћу решетке изван круга.

- **Синхронизација**

а) Провера сепаратора код телевизијског пријемника

Црно-бела поља на десној страни екрана показују да ли сепаратор у ТВ пријемнику добро ради. Грешка у сепаратору доводи до кривљења ових поља.

- **Видео део**

а) Пренос ниских учестаности

Ово се може проверити помоћу црних правоугаоних поља у горњем и доњем делу круга. Ако десне ивице ових поља нису оштре него „размазане“ то је знак да је лош пренос ниских учестаности.

б) Прелазне појаве

Црно-бели квадратићи и танке вертикалне црне и беле линије дају представу о прелазним појавама (премашаји, самоосцилације) и о рефлексiji сигнала.

в) Пропусни опсег

За ову сврху користи се пет поља са учестаностима од 0,8; 1,8; 2,8; 3,8 и 4,8MHz. Опадање амплитуде сигнала од поља до поља даје јасну представу о ширини пропусне криве пријемника.

г) Бело, осветљај и контраст

За проверу подешености белог, осветљаја и контраста користи се сигнал градације, који има пет поља од црног до белог.

Бело не треба да мења нијансу од поља до поља при подешавању осветљаја и контраста.

Регулација осветљаја контролише се кад је контраст на максимуму. Она је добра ако се на минимуму види само последње бело поље, а на максимуму прво црно поље.

Регулацијом контраста контролише се подешеност осветљаја. За максимум контраста бело поље мора да буде бело, а остала да се мењају од сивог до црног. За минимум контраста бело поље постаје сиво, сва остала постају тамније сива, а црно поље треба да остане приближно на истом нивоу црног.

2.5. Универзални инструмент (универ, мултиметар)

Помоћу универзалног инструмента може се мерити, напон, струја, отпор и капацитет. Када се мере наизменичне величине он показује ефективну вредност струје и напона. Постоје аналогни и дигитални инструменти. Код аналогних инструмената постоји више црних и црвених скала. Црвене скале се користе за мерење наизменичних струја и напона, а црне за мерење једносмерне величине. За мерење отпора користи се посебна црна скала. Да би се имало тачно читавање у казаљку се мора гледати под правим углом. Код дигиталних инструмената читавање се врши на дисплеју.

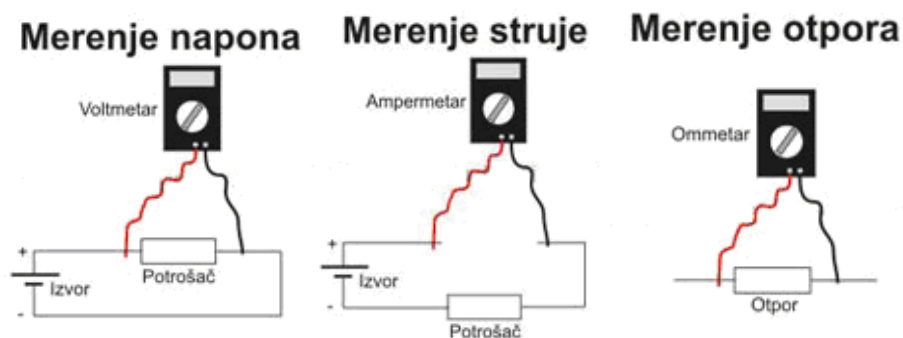
Када се мери напон волтметар се везује паралелно елементу на коме се мери напон. Унутрашњи отпор волтметра је јако велики (у идеалном случају бесконачан) тако да кроз волтметар не протиче струја, слика 15.

Када се мери струја амперметар се везује редно у коло. Унутрашњи отпор амперметра у идеалном случају је једнак нули, а и у стварности је јако мали, слика 15.

Код мерења струје или напона ако се одабере опсег мањи од оног у коме се налази мерена величина врло је вероватно да ће инструмент прегорети. Због тога је препоручљиво да ако нисте сигурни какве резултате треба да добијете мерењем, мерење увек започните од највећег опсега.

Код мерење отпора, елеменат у колу несме да буде прикључен на напон и отпор који се мери потребно је да буде одвојен од осталих елемената електричног кола у коме се налази, како остали елементи кола не би имали утицај на тачност мерења. Мерење отпора приказано је на слици 15.

Пре мерења отпора бирач опсега омметра треба да се постави у одговарајући положај. Ако се не знају које вредности отпора треба да се очекују као резултат мерења, онда се бира онај опсег у коме се претпоставља да ће бити резултат. Пипаљкама инструмента се додирну крајеви отпора и читају вредности. Ако је на омметру одабран већи опсег од онога у који спада величина која треба да се добије мерењем, на екрану инструмента ће се приказати да је отпорност нула или јако блиска нули. Ово указује да треба да се смањи опсег и понови мерење. Ако се на екрану инструмента прочита да је отпорност бесконачна или јако велика, то указује да треба да се повећа опсег и понови мерење.



Слика 15. Мерење напона, струје и отпора

2.6. Мере предострожности и савети

- Пре употребе уређаја упознајте његове техничке карактеристике.
- Уколико нисте сигурни шта треба да урадите, питајте одговорно лице.
- Пре употребе осцилоскопа и векторскопа извршите њихову калибрацију.
- Инструмент за мерење струје (*амперметар*), не сме се прикључити као инструмент за мерење напона (*волтметар*).
- Никакве течности нису дозвољене у радном подручју.
- Никада не радите сами у лабораторији.
- Пре напуштања радног места искључите све уређаје из мреже.

3. Контролна питања

а) Која је улога осцилоскопа у ТВ систему?

б) Која је улога векторскопа у ТВ систему?

в) Шта значе дужина и положај вектора на векторскопу? Од чега зависи дужина вектора боје?

г) Који све параметри видео сигнала могу да се мере помоћу колор бар сигнала?

д) За шта се користи мултиберст сигнал?

ђ) Како визуелно може да се проверава квалитет подешености ТВ пријемника?

е) Каква је разлика између 100.75 и 100.100 колор бар сигнала?

ж) На маски векторскопа шта представљају мањи, а шта већи квадратићи?

з) Која је улога Ултраскоп мерног уређаја?

и) Колики је унутрашњи отпор амперметра, а колики волтметра?

ј) Како се израчунава луминентни сигнал за жуту боју?

к) Како се мери напон, струја и отпор помоћу универзалног инструмента?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Генератор колор бар сигнала
2. Осцилоскоп (вејформ монитор)
3. Векторскоп
4. ТВ монитор

4.2. Задаци

- I. Упознати оперативне могућности осцилоскопа, векторскопа и ултраскопа.
- II. Извршити калибрацију осцилоскопа и векторскопа.
- III. Измерити осцилоскопом амплитуду колор бар сигнала добијеног из генератора.
- IV. Измерити векторскопом ниво хроминентног дела колор бар сигнала добијеног из генератора.
- V. Помоћу универзалног инструмента измерити наизменични и једносмерни напон и струју. Измерити отпор завршнице.
- VI. Помоћу округлог тест сигнала извршити процену подешености параметара ТВ пријемника.

Вежба 3:

Конектори и каблови у телевизијским системима

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) коришћењем каблова и конектора у аудио/видео системима,
- б) повезивањем аудио/видео уређаја зависно од врсте конектора на интерфејсима,
- в) утицајем енергетских водова на сигнале који се преносе аудио и видео кабловима, а који су у непосредној близини,
- г) линијским и микрофонским аудио сигналама,
- д) балансираним и небалансираним аудио везама,
- ђ) оптичким конекторима и кабловима.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

За повезивање уређаја у аудио/видео системима користе се разне врсте каблова и конектора. Израђују се у различитим нивоима квалитета, а за професионалну употребу користе се најквалитетнији, јер се на тај начин елиминише могућност довођења система у нефункционално стање услед лоших каблова, конектора и спојева на њима. У аудио/видео системима користе се следеће врсте конектора:

2.1. Аудио конектори

- XLR
- RCA („činč“)
- TS (1/4“ или 6,25mm; 1/8“ или 3,5mm)
- TRS (1/4“ или 6,25mm; 1/8“или 3,5mm)
- SCART
- DIN аудио

2.2. Видео конектори

- BNC
- RCA („činč“)
- S-VIDEO
- SCART

За повезивање уређаја за пренос високофреквенцијских сигнала користе се:

- F конектори
- N конектори
- C конектори

Сваки од поменутих конектора има још и ознаку: М – мушки (*male*) или Ж – женски (*female*).

Уобичајено је да се на уређајима налазе: за улазне аудио/видео сигнале женски конектори, за излазне аудио/видео сигнале мушки конектори.

Када је на уређају женски конектор на каблу који се прикључује на тај уређај треба да буде мушки конектор, и обрнуто.

2.2.1. F конектор

Користи се за VHF и UHF сигнале нарочито у кабловској телевизији. Монтира се на коаксијалне каблове типа RG6 или RG11, импедансе 75Ω . Спољашњи део F конектора „шрафи“ се преко спољне изолације кабла и мора да има добру везу са „ширмом“ (*shield*), а са „живог краја“ кабла се скида изолација и на њега се доводи сигнал. У зависности од квалитета израде може се користити за сигнале од 0,25GHz до 1GHz.



Слика 1. F конектор

2.2.2. BNC конектор

На енглеском "Bayonet Navy Connector" или "Baby Neil Connector". BNC конектор је развијен за потребе војске али је сада у широкој примени за пренос видео и RF сигнала до 2GHz. Има спољашњи метални штит, пластични диелектрик и метални извод у средини за обе врсте конектора (М и Ж). Постоје верзије за импедансу од 50Ω и 75Ω . У телевизији се монтира на кабл типа RG58 или RG59, кримповањем или лемљењем. Користе се за међусобно повезивање аналогних и дигиталних уређаја.



Слика 2. BNC конектор

2.2.3. C конектор

Прављен је за импедансу кабла од 50Ω . Као диелектрик користи се тефлон, а преноси фреквенције до 12GHz.



Слика 3. С конектор

2.2.4. N конектор

N конектор је 50 - омски конектор, првенствено дизајниран за војне потребе још 1940. године. Одатле и скраћеница "N" од *navy* - морнарица. Касније је модификован тако да се користи за фреквенције од 12GHz до 20GHz. У телевизији се користи 75 - омски модел.



Слика 4. N конектор

2.2.5. XLR конектор

Настанак XLR конектора везан је за Canonov X конектор, који је испуњавао захтеве заједнице аудио – стручњака, с тим што му је мана била непостојање резе (latch) којом би се конектор учврстио. Canon је преуредио распоред пинова и додао резу. Нови конектор су назвали Canon XL (X серија са резом – latch). Касније женски конектор је преправљен тако што му је додата смеша од еластичне гуме (rubber) да се кабл не би „ломио“ о ивицу метала. Тада је конектор назван XLR. Од 1982. године постаје стандард са три пина, од којих је:

- пин1 – маса или „штит“ (*shield*)
- пин2 – нормални поларитет (+V) или „врући“ крај (*hot pin*)
- пин3 – инвертовани поларитет (-V) или „хладни“ крај (*cold pin*)

Развијени су и XLR конектори, за специјалне намене, са више пинова. Од 1992.године тропински XLR је такође стандард за дигиталне везе и електронски балансиране сигнале карактеристичне импедансе 110Ω.

XLR 3-пински конектор најчешће се користи за аудио сигнале и то за повезивање само једног канала. Када се доводи балансирани аудио сигнал користе се пин 2 за позитиван сигнал и пин 3 за негативан сигнал, а када се користи за небалансирани сигнал онда се он доводи на пин 2, а пин 3 се везује кратко са пином 1.

XLR 5-пински конектор може да се користи за два аудио канала, а такође се примењује за пренос дигиталног сигнала за управљање димерима за расвету, тзв. протокол DMX512.



Слика 5. XLR конектор

2.2.6. *Phone* конектори („џекови“)

У електроници, *phone* конектор је заједнички назив за фамилију конектора који се обично користе за пренос аналогних сигнала, углавном аудио сигнала. Обично се израђује са два, три или четири контакта, који се називају *Tip* (врх), *Ring* (прстен) и *Sleeve* (рукав).

Модерни *phone* конектори постоје у више величина, од којих су стандардне:

- 1/4“ или 6,3mm,
- 1/8“ или 3,5mm (минијатурни),
- 1/10“ или 2,5mm (под-минијатурни).



Слика 6. *Phone* конектори

На двопински **TS** (*Tip-Sleeve*) конектор доводи се небалансирани моно, а на тропински **TRS** (*Tip-Ring-Sleeve*) балансирани моно или небалансирани стерео сигнал.

Двоконтактни *phone* конектор или **TS** (*Tip-Sleeve*) потпуно је исте величине и облика као и **TRS**, с тим што су му *Ring* и *Sleeve* спојени заједно. Такође, израђује се у истим величинама као и **TRS**.

Троконтактни *phone* конектор **TRS** (*Tip-Ring-Sleeve*) или стерео конектор користи се за пренос стерео сигнала; леви канал се повезује на „врх“ (*Tip*), десни канал на „прстен“ (*Ring*), а маса на „рукав“ (*Sleeve*). Када се користи за пренос балансираних сигнала на „врх“ (*Tip*) се доводи сигнал нормалног поларитета (+V), на „прстен“ (*Ring*) сигнал инвертованог поларитета (-V), а маса се везује на „рукав“ (*Sleeve*).

Четворопинске **TRRS** (*Tip-Ring-Ring-Sleeve*) и петопинске 3,5mm верзије *phone* конектора користе се за одређене врсте примене. Четворопинска верзија се често користи код камкодера и преносивих (портабилних) мултимедијалних уређаја, а понекад и код лаптоп рачунара и паметних телефона (*smartphones*), пошто омогућава пренос и видео и стерео сигнала. Четворопински 3,5mm конектор се такође користи

као конектор за звучник/микрофон код ручних аматерских радио примопредајника и код неких мобилних уређаја.



Број пина	Назив пина	Стандард	
		OMTP	CTIA / АНЈ
1	Tip	Леви аудио канал	Леви аудио канал
2	Ring	Десни аудио канал	Десни аудио канал
3	Ring	Микрофон	Заједнички/уземљење
4	Sleeve	Заједнички/уземљење	Микрофон

Слика 7. Распоред контаката на TRRS конектору

У професионалној аудио техници и у телекомуникационој индустрији користе се *Tiny Telephone (TT)* конектори приликом повезивања са *patch* пољем. *TT* су *TS* или *TRS* конектори, дијаметра 4,40mm и нешто другачије геометрије (тањи су). Тропинске верзије (*TRS*) *TT* конектора подржавају балансиране линијске сигнале и користе се код професионалних аудио инсталација, на пример студија или тамо где је потребно прикључити велики број тачака на ограниченом простору .

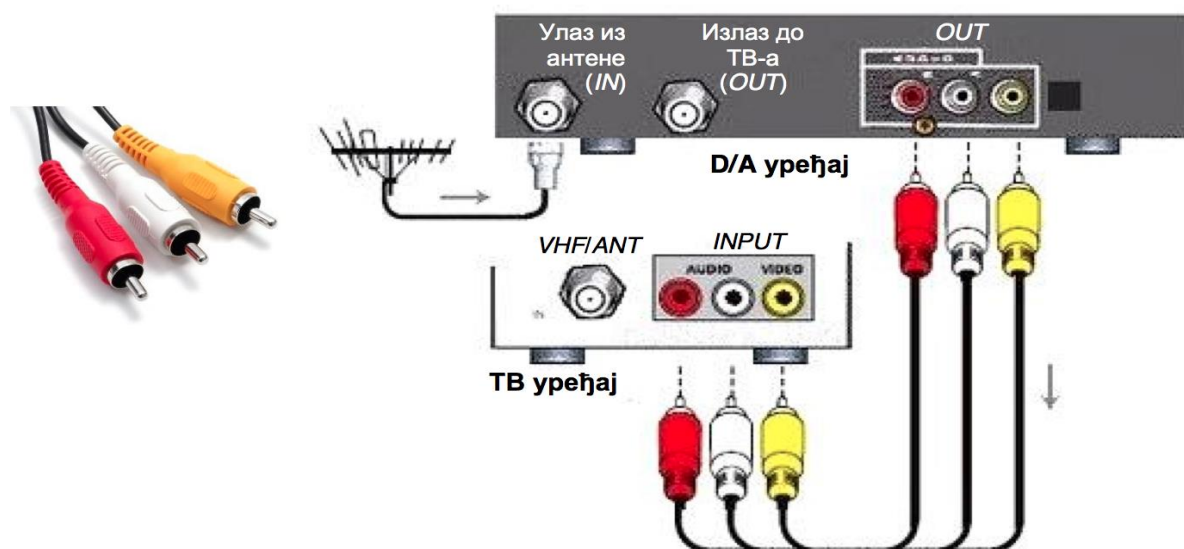
2.2.7. RCA конектори

RCA (Radio Corporation of America) или „чинч“ конектор (негде се среће и под именом фоно (*phono*) конектор) је тип електричног конектора који се најчешће користи за пренос аудио (аналогних и дигиталних) и видео (композитних и компонентних) сигнала. Конектори се понекад у жаргону називају „*A/V (Audio/Video)* џековима“. Има два контакта, прстен (цилиндар) који се спаја са масом и извод у центру прстена кроз који пролази сигнал. Контакти су међусобно изоловани диелектриком.

Обично се израђује са карактеристичном импедансом од 75Ω за све врсте каблова. Често се користи и као прелаз, у комбинацији са другим конекторима (*RCA/BNC*, *RCA/XLR*, *RCA/TS*). Углавном се користи код полупрофесионалних и уређаја за широку потрошњу.

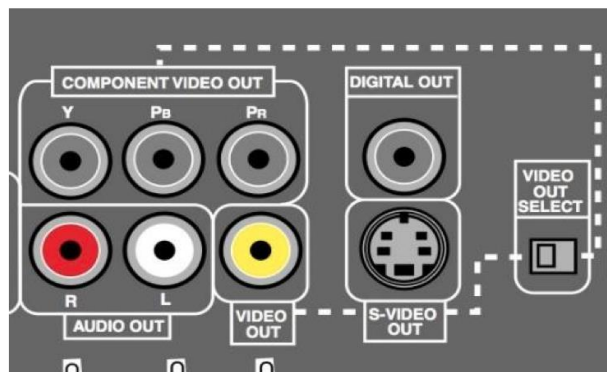
Најчешће се користи „трио пар“ (сноп од три *A/V* кабла) са чинч конекторима, што је приказано на слици испод.

- жути, преноси композитни видео сигнал (*Cvbs*),
- црвени, преноси звук за десни звучник (*R audio*),
- бели, преноси звук за десни звучник (*L audio*).



Слика 8. A/V кабл са RCA конекторима

За пренос компонентних сигнала (R, B, G ili Y, Pb, Pr) користе се коаксијални каблови другачијих боја RCA конектора: црвене, плаве и зелене. Улази за ове конекторе налазе се на новијим ТВ пријемницима и пријемницима сателитске телевизије, (слика испод). Коаксијалним кабловима за пренос компонентних сигнала преноси се само видео сигнал, који је по квалитету једнак видео сигналу у основном опсегу. Да би се пренео и звук потребна су још два додатна кабла (обично су то црвени и бели). RCA конекторима преносе се аналогни аудио и видео сигнали.



Леви аудио канал за стерео или дигитални аудио сигнал

Десни аудио канал за стерео или дигитални аудио сигнал

Зелени (Y) преноси лума сигнал (луминентни сигнал, сјајност)

Плави (Pb) преноси сигнал разлике B-Y, црвени (Pr) преноси сигнал разлике R-Y

Слика 9. Компонентни кабл са RCA конекторима

Помоћу HDMI (High Definition Multimedia Interface) интерфејса преносе се дигитални аудио и видео сигнали.

Данас на тржишту може да се нађе велики број HDMI–RCA каблова, који не врше конверзију већ само прелаз са једног на други конектор. Технички гледано, разлике између компонентних RCA и HDMI каблова су следеће:

- HDMI интерфејс користи се за пренос дигиталних сигнала (низа импулса, логичких 0 и 1), док се RCA каблови користе за пренос аналогних сигнала.
- HDMI интерфејс има 19 пинова (извода), док компонентни RCA заједно са аудио кабловима чини укупно 5 пинова.

Више о HDMI интерфејсу описано је у одељку 2.10.

За пренос дигиталних аудио сигнала користе се S/PDIF (Sony/Philips Digital Interface Format) конектори или оптички TOSLINK (Toshiba Link) конектори или RCA конектори који су наранџасте боје да би се разликовали од осталих, типичних RCA конектора, (слика испод). Улазе за дигиталне аудио сигнале имају новији типови пријемника.



Слика 10. Конектори за S/PDIF везу

S/PDIF је врста конектора која се користи за повезивање (интерконекцију) професионалне и полупрофесионалне дигиталне аудио опреме на релативно кратким удаљеностима. Кроз овај конектор могу се пренети два канала некомпресованог PCM (Pulse Coded Modulation) аудио сигнала или компресовани аудио сигнал за окружујуће (surround) системе 5.1/7.1.

S/PDIF је дефинисан стандардом IEC61937 и се заснива на AES3 стандарду за повезивање уређаја. Основне разлике између S/PDIF и AES3 стандарда приказане су у табели испод.

	AES3 балансирани	AES3 небалансирани	S/PDIF
Карактеристична импеданса [Ω], каблирање	110, <i>STP</i>	75, коаксијални	75, коаксијални или оптички
Конектор	3-пински <i>XLR</i>	<i>BNC</i>	<i>RCA</i> или <i>TOSLINK</i>
Излазни ниво [врх-врх (peak-to-peak)]	2 – 7	1 – 1,2	0,5 – 0,6
Минимални улазни ниво [V]	0,2	0,32	0,2
Максимално растојање [m]	100	1000	10
Модулација	Диференцијално Манчестер кодирање	Диференцијално Манчестер кодирање	Диференцијално Манчестер кодирање
Максимална резолуција [bits]	24	24	20 [опционо 24]

Табела 1. Поређење стандарда за дигитални аудио

Конектори и прикључци на аудио и видео уређајима обележавају се одређеним бојама ради исправног повезивања. Стандардне боје за различите сигнале приказане су табелом.

Композитни аналогни видео (<i>Cvbs</i>)	Композитни (<i>Cvbs</i>)	Жута	
Аналогни аудио сигнал	Леви/Моно (снимање)	Бела	
	Десни (снимање)	Црвена	
	Лева трака (репродукција)	Црна	
	Десна трака (репродукција)	Жута	
	Центар	Зелена	
	Леви окружујући	Плава	
	Десни окружујући	Сива	
	Леви задњи окружујући	Кафена	
	Десни задњи окружујући	Драп	
	Субвуфер	Љубичаста	
Дигитални аудио	<i>S/PDIF</i>	Наранчаста	
Компонентни аналогни видео сигнал (Y,Pb,Pr)	Y	Зелена	
	Pb	Плава	
	Pr	Црвена	
Компонентни аналогни видео / <i>VGA (RGB / HV)</i>	R	Црвена	
	G	Зелена	
	B	Плава	
	H (Хоризонтални синк) / S (композитни синк)	Жута	
	V (вертикални синк)	Бела	

Табела 2. Стандардне боје за различите сигнале

2.2.8. S-Video (Y/C) конектор

Користи се за квалитетнији пренос видео сигнала од композитног видео сигнала. Има четири извода (пина) која се налазе у металном цилиндру. Њиме се звук не преноси, већ само два видео сигнала, луминентни (Y) хроминентни (C).

Користи се најчешће на кућним телевизорима, видео рекордерима, DVD уређајима, аматерским камерама, итд. Може да се користи код професионалних и полупрофесионалних уређаја, који поред композитног и компонентног улаза/излаза имају и S-Video улаз/излаз.



pin 1	маса Y
pin 2	маса C
pin 3	Y – луминентни сигнал
pin 4	C – хроминентни сигнал

Слика 11. S-video конектор

2.2.9. SCART (EURO) конектор

Назив потиче од скраћенице на француском језику за *Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs*. То је 20-пински конектор за повезивање кућних аудио и видео – уређаја (телевизора, видео рекордера, ДВД плејера, конзоле за игре итд..). Има одвојене изводе за долазне и одлазне сигнале.

Карактеристике SCART конектора су:

- не може да преноси S-video и RGB сигнал истовремено,
- не користи се за пренос дигиталних аудио и видео сигнала,
- може да преноси само два аудио сигнала,
- нема могућност учвршћивања – закључавања конектора, што може да доведе до његовог испадања из уређаја,
- највећа дужина кабла са SCART конекторима је 10 до 15m.

Распоред извода (пинова) приказан је у табели 3.

Пин број	Опис	Ниво сигнала	Импеданса
1 AOR	Audio Out Right	0,5V rms	< 1k Ω
2 AIR	Audio In Right	0,5V rms	>10k Ω
3 AOL	Audio Out Left + Mono	0,5V rms	< 1k Ω
4 AGND	Audio Ground		
5 B GND	RGB Blue Ground		
6 AIL	Audio In Left + Mono	0,5V rms	>10k Ω
7 B	RGB Blue In	0,7V	75 Ω
8 SWTCH	Audio/RGB switch / 16:9		
9 G GND	RGB Green Ground		
10 CLKOUT	Clockpulse Out		
11 G	RGB Green In	0,7V	75 Ω
12 DATA	Data 1: Data Out		
13 R GND	RGB Red Ground		
14 DATAGND	Data Ground		
15 R	RGB Red In / Chrominance	0,7V	75 Ω
16 BLNK	Blanking Signal		
17 VGND	Composite Video Ground		
18 BLNKGND	Blanking Signal Ground		
19 VOUT	Composite Video Out	1V	75 Ω
20 VIN	Composite Video In / Luminance	1V	75 Ω

Табела 3. Распоред пинова на SCART конектору



Слика 12. SCART конектор

2.2.10. DIN конектор

DIN конектори могу да имају од 3 до 15 пинова и њихова величина је 13,2mm у пречнику. Израђују се као мушки и женски конектори за кабл и као женски конектори за шасије. Многи произвођачи аудио појачавача користе DIN пре него RCA конекторе за аудио сигнале мањих снага. DIN конектор има метални цилиндар као штит за пинове који се налазе унутар њега заливени у диелектрик, углавном пластику. Метални цилиндар је закривљен у једном делу (тзв. кључ, key) да би се осигурало да не може погрешно да се прикључи.

Мини DIN је пречника 9,5mm и обично се може наћи у седам различитих варијанти од 3 до 9 пинова. По конструкцији је сличан класичном DIN конектору али има и придодат један пластични четвртасти извод чија је улога да спречи евентуално погрешно повезивање са сличним конекторима, као што су S-Video и PS/2 .

Звучнички (speaker) DIN конектор има два дебља извода без металног цилиндра као штита. Користи се за повезивање излаза појачавача са звучницима.

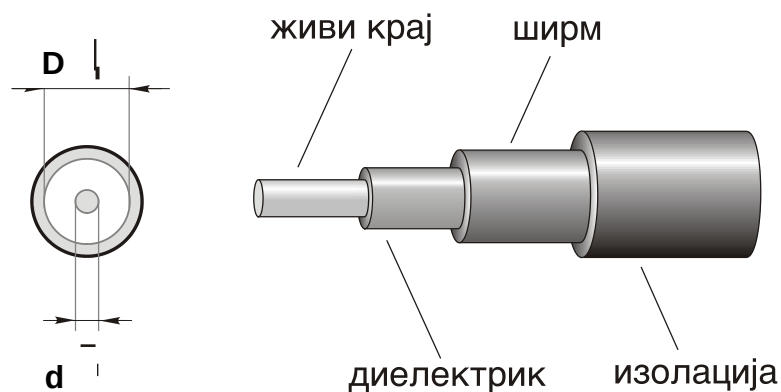


Слика 13. DIN конектор

2.3. Коаксијални каблови

Коаксијални кабл садржи два проводника од којих један потпуно окружује други, са диелектриком између њих, као на слици испод. Проводник у центру назива се “живи” крај и њиме се води видео сигнал. Проводник који окружује “живи” крај зове се штит или “ширм”, прављен је од плетене мреже танких проводника и служи да евентуалне електромагнетне сметње, које се индукују дуж кабла, одведе на уземљење (масу).

За видео сигнале у основном опсегу (baseband) користе се коаксијални каблови који имају за омотач (ширм) 95% бакарну заштиту, а никако каблови који имају Al фолију. Коаксијални каблови са Al (алуминијумском) фолијом користе се за дистрибуцију RF сигнала. При повезивању RF уређаја и извођењу инсталација мора се водити рачуна о сили којом се напрежу каблови и пречнику савијања каблова. Дозвољена сила при развлачењу каблова је 40% силе при којој долази до пуцања каблова. Максимални пречник савијања кабла зависи од типа централног проводника и укупног пречника кабла и обично износи десет пута величине пречника кабла. Прекорачење ових вредности може довести до пуцања и одвајања заштите, што би довело до већег слабљења сигнала и до веће осетљивости на сметње и шуме.



Слика 14. Коаксијални кабл

Сваки коаксијални кабл има три главне карактеристике које су зависне од пречника централног проводника (d), пречника диелектрика који га окружује (D), и његове релативне диелектричне константе (ϵ_r). То су:

Карактеристична импеданса која се дефинише као однос напона и струје на било којем попречном пресеку вода. Израчунава се на основу израза:

$$Z = \sqrt{L/C} \text{ } [\Omega] \text{ или } Z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \ln \frac{D}{d} \text{ } [\Omega] \text{ или } Z = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \left(\frac{D}{d} \right) [\Omega].$$

Карактеристична импеданса коаксијалних каблова који се користе за повезивање видео уређаја износи 75Ω .

Слабљење се дефинише као логаритамски однос напона на крају проводника U_2 према напону на почетку проводника U_1 .

$$\alpha = 20 \log \frac{U_2}{U_1} \text{ } [\text{dB}] \quad \text{или?} \quad \alpha = \ln \frac{U_2}{U_1} \text{ } [\text{Np}].$$

Ако се као референтна вредност узима снага сигнала од **$P_0=1\text{mW}$** , онда се ознаци **dB** додаје **m**, па се пише у форми **dBm**. А ако је референтни напон **$U_0=0,775\text{V}$** , ознака за напон је **dBu**, а за струју **dBi**.

У телефонији се не узима логаритамски однос са основом 10, већ се користи природни логаритам чија је основа **$e=2,71828$** . Такав однос се изражава у **Np** (непер). Однос dB и Np може се изразити релацијом:

$$1\text{dB} = 0,115 \text{ } [\text{Np}], \quad 1\text{Np} = 8,686 \text{ } [\text{dB}]$$

Слабљење је функција димензије кабла, диелектричне испуне и радне фреквенције.

Максимална фреквенција на којој се може употребити коаксијални кабл израчунава се по формули:

$$f_c = \frac{7,5}{(D+d)\sqrt{\epsilon_r}} [\text{GHz}]$$

Најчешће коришћени коаксијални каблови у телевизијској техници су RG59, RG6, RG11, RG213 и AK540.

2.4. Triax кабови

Користе се за спајање ССУ (контроле камере) и главе камере. Издржљиви су на хабање и физичка оштећења, јако су савитљиви (флексибилни) тако да камере лако могу да се крећу по поду студија.



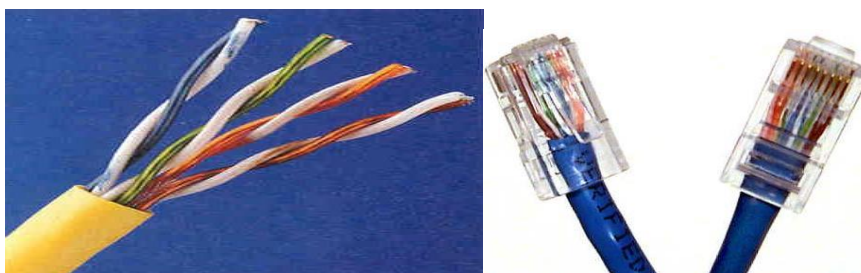
Слика 15. TRIAX кабл

Електрични сигнали преносе се двосмерно кроз триах каблове импулсном РСМ модулацијом. Помоћу РСМ модулације истовремено се преноси више сигнала, кроз једну средњу жилу, у оба смера од ССУ до главе камере и обрнуто. Оваквом модулацијом повећан је преносни спектар сигнала, а са тим број и квалитет пренесених сигнала.

Стари, аналогни триах каблови могу се користити за рад дигиталних камера уколико се на крајевима кабла прикључе Д/А и А/Д конвертори. Дужина триах каблова од ССУ до главе камере је око 500m, а може да иде и до 1500m.

2.5. Каблови с упреденим парицама

Упредену парицу чине две изоловане бакарне жице, упредене равномерним коракм упредања. Више парица чини кабл. Кабл са четири упредене парице и *RJ (Register Jack)* конектором приказан је на слици испод. Пречник жице је најчешће око 1mm. Жице су међусобно спирално упредају због смањења зрачења. Када се жице упреду, поништава се електромагнетно зрачење у различитим навојима, тако да цео склоп зрачи много мање. Да нису упредене, појединачне парице ометале би једна другу. Упреденост проводника смањује и сметње које могу да се јаве, уколико се каблови налазе једни поред других.



Слика 16. UTP кабл

Брзина преноса зависи од дебљине жице и растојања. Њиме се могу преносити аналогни и дигитални сигнали. Код аналогних сигнала за већа растојања, због слабљења, користе се појачавачи, а код дигиталних појачавачи или рипитери. Повећањем фреквенције, слабљење упредених парица расте. У поређењу с другим преносним медијумима, имају мањи капацитет, могу да пренесу сигнале мањег фреквенцијског опсега и на мањим растојањима.

Код каблова са упреденим парицама, и поред упредања парица, јавља се електромагнетно зрачење. Постоје две врсте електромагнетних зрачења:

- спољашње зрачење – зрачење околине кроз коју пролази кабл; под утицајем овог зрачења, у самом каблу индукују се сметње које изобличавају сигнал што, уколико кабл није на одговарајући начин заштићен, може да доведе до потпуног онемогућавања саобраћаја по том каблу током трајања сметње; решење овог проблема налази се у формирању неке врсте Фарадејевог кавеза око кабла, тако што се око парице обмота танка метална фолија која се уземљује; фолија је уграђена у сам кабл;

- унутрашње зрачење – зрачење самог кабла у спољну средину, па се ометају разни други уређаји и њихови корисници у раду; зрачење се смањује тако што се врши обмотавање каблова фолијом.

Каблови са упреденим парицама најчешће се користе у телефонском систему за повезивање корисника и комутационих центара, локалних рачунарских мрежа, и за остваривање комутационих веза унутар неког објекта. Користе се и за дистрибуцију мултимедијалних сигнала у кабловској телевизији, али још нису донете препоруке од стране ITU и IEC. Удружење ITU донело је неколико препорука за коришћење каблова с упреденим парицама: Rec. G.611, Rec. G.612, Rec. G.613.

Постоје две врсте каблова с упреденим парицама: оклопљене упредене парице (*STP, shielded twisted pair*) и неоклопљене упредене парице (*UTP, unshielded twisted pair*).

Кабл са оклопљеним упреденим парицама, (*STP*) има додатни омотач који штити проводнике од спољашњих електричних сметњи. Они су бољих особина, нарочито на већим брзинама, али су и скупљи.

Каблови без заштитног омотача (неоклопљени, *UTP*) подложни су спољашњим електромагнетним сметњама. Користе се за остваривање телефонских веза и локалних рачунарских мрежа.

Да би се лакше утврдила намена ових каблова, удружења *EITA/TIA* направила су систем рангирања *UTP* и *STP* каблова и разврстала их у неколико категорија:

- **каблови категорије 3** користе се у телефонским апликацијама у које спада и *ISDN*. Састоје се од две благо увијене изоловане жице. Четири таква пара обично се групишу у заједничком пластичном омотачу који их држи заједно и штити. Пропусни опсег ових каблова је до 16 MHz;
- **каблови категорије 5** користе се, углавном, од 1988. године. Личе на каблове категорије 3, али су парице гушће упредене, чиме је смањено преслушавање између парица и омогућен квалитетнији сигнал на већим раздаљинама. Корак упредања је 0,6 до 0,85cm, и приказан је на слици испод;



Слика 17. Корак упредања код категорије 5

Због своје ниске цене, лакоће инсталације и флексибилности, каблови категорије 5 најпопуларнији су код *Ethernet* рачунарских мрежа протока од 16 до 100Mb/s. Пропусни опсег ових каблова је до 100 MHz;

- **каблови категорије 6** потпуно су компатибилни с категоријом 5. Сва опрема има исте конекторе (*RJ 45*) и исти распоред пинова. Разлика је само у повећању пропусног опсега (са 100 MHz код категорије 5 на 250 MHz код категорије 6). Цене каблова категорије 6 скоро су исте као и код каблова категорије 5;
- **каблови категорије 7** су *STP* каблови пропусног опсега од 600 MHz.

Повезивање парица са мрежним уређајима обавља се помоћу конектора. Најчешћи су RJ45, RJ12 и RJ11. Конектор RJ45 је осмо пински, RJ12 шесто-пински а RJ11 четворо пински. RJ11 се користи за једну телефонску линију, а RJ45 код *Ethernet* рачунарских мрежа (*Hub* или *Switch*). За повезивање бакарних жица са конекторима користи се посебан тип алата, тзв. клешта за кримповање. Овај алат најчешће има могућност за рад са RJ45, RJ12 и RJ11 конекторима. Распоред жица при повезивању је одређен стандардима 568А и 568В.

2.6. Аудио каблови

У телевизијским системима најчешће се користе микрофонски и мултикор (*multicore*) каблови. Поред њих примену налазе и гитарски и каблови за звучнике.

Микрофонски кабл има увијени пар проводника (парицу) за балансиран пренос аудио сигнала и штит (*shield*) или „ширм“ око парице. Конструисан је тако да елиминише зујање и електромагнетне сметње.

Мултикор кабл првенствено се користи за повезивање аудио компоненти и уређаја. Њиме се прослеђују линијски аудио сигнали. Може да има од 1 до 58 парица које су индивидуално „ширмоване“. Прави се са отпорношћу од 65Ω за аналогне и 110Ω за дигиталне сигнале.

Гитарски кабл првенствено служи за повезивање инструмената као што су гитара, бас гитара, гитарски процесор и педале, клавијатура, итд. Има малу капацитивност и мали отпор и због тога и мале губитке.

Звучнички кабл служи, као што му име и каже, за повезивање излаза појачавача са звучницима.



Слика 18. Аудио каблови

Полагање телекомуникационих каблова преко енергетских није дозвољено. Вертикално растојање енергетских од телекомуникационих каблова мора да износи најмање 30cm. За напон већи од 48V телекомуникациони кабл треба инсталирати на минимално 0,3m од извора напајања. При паралелном вођењу хоризонтално растојање између телекомуникационих и електроенергетских каблова 35kV не сме бити мање од 1m, а за 20kV њихово растојање не сме бити мање од 0,5m. При

укрштању енергетских са телекомуникационим кабловима потребно је да угао укрштања буде што ближе правом углу, а најмање 45° . У изузетним случајевима угао укрштања може бити и мањи од 45° , али не мањи од 30° .

Уколико се инсталација каблова врши на ниским температурама каблове треба изложити условима амбијента 24 часа пре монтаже. Треба избегавати пренапрезање каблова.

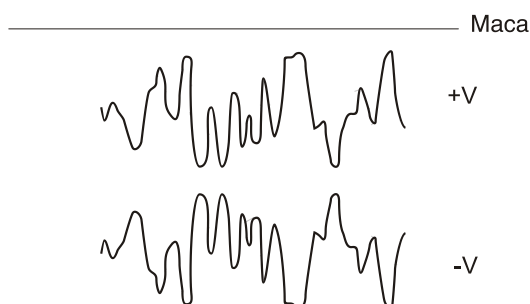
Приликом повезивања микрофона треба водити рачуна да микрофонски кабл не пролази поред енергетских каблова, јер се тако у микрофонском каблу индукује сметња (брум) на фреквенцији 50Hz. Микрофонски кабл може да “сече” (под углом од око 90°) енергетски кабл, јер се тада сметње поништавају. У аудио техници користе се асиметрични и симетрични аудио каблови. На слици испод приказан је асиметрични и симетрични аудио кабл.



Слика 19. Асиметрични и симетрични аудио каблови

2.7. Балансиране и небалансиране везе између аудио уређаја

У аудиотехници често се користи балансирана или симетрична веза. Она се користи углавном код професионалних или полупрофесионалних уређаја који имају улаз/излаз за балансиране сигнале. Балансирани сигнал води се са три засебна проводника. На један се повезује сигнал који је нормално поларизован и означава се са +V или „врући“ крај (*hot pin*), на други је везан инвертовани сигнал, -V или „хладни“ крај (*cold pin*), и трећи је маса или „уземљење“. На улазу у аудио уређај налази се диференцијални појачавач, који разлику +V и -V претвара у један сигнал који се даље обрађује (поништава). Балансирани сигнал прослеђује се кабловима који садрже симетричну парицу, на коју се везују +V и -V сигнали и бакарни „ширм“ око ње који се везује на масу. На доњој слици приказан је балансирани аудио сигнал.



Слика 20. Изглед сигнала +V и -V

Предност оваквог начина прослеђивања сигнала је у томе што уколико се јаве импулсне сметње оне се појављују и у нормално поларизованом и у инвертованом сигналу, па диференцијални појачавач мери разлику ова два сигнала. Како је она амплитудно иста, а супротно поларизована, долази до поништавања импулсних сметњи.

Балансирану везу не треба мешати са стерео сигналом, који садржи два засебна аудио канала.

Небалансирана или несиметрична веза заступљена је више код полупрофесионалних и кућних уређаја. Чине је нормално поларизовани сигнал и маса. Овакви сигнали нису отпорни на импулсне сметње.

2.8. Повезивање аудио и видео уређаја

За прослеђивање видео сигнала у основном облику најчешће се користе видео каблови RG59, карактеристичне импедансе 75Ω , са бакарним двоструким или троструким ширмом. Ређе се користи RG58. За аудио сигнале користе се микрофонски или мултикор каблови. За модулисане високофреквенцијске сигнале користе се RG6, RG11, RG213, AK540 каблови.

На шасијама видео уређаја најчешће се налазе BNC и RCA (женски) конектори. На каблове се монтирају BNC и RCA (мушки) конектори лемљењем или кримповањем, што зависи од конструкције конектора.

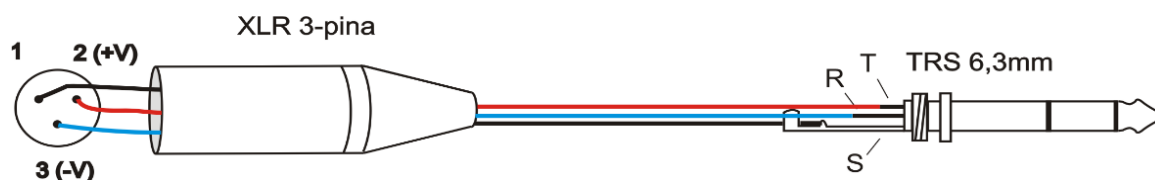
Код повезивања аналогних видео уређаја мора да се води рачуна о њиховој терминацији, односно завршетку. Терминатором (завршницом) назива се посебан облик BNC конектора који у себи садржи завршни отпор. Карактеристична импеданса уређаја треба да одговара завршном отпору терминатора. За телевизијске уређаје завршни отпор терминатора износи 75Ω , а за компјутерске 50Ω . Дупло завршени или незавршени путеви видео сигнала (видео петља) између уређаја озбиљно утичу на амплитуду видео сигнала. Ако је пут видео сигнала у петљи дупло завршен онда је видео сигнал мањи од $1V_{pp}$, а ако је незавршен онда је већи од $1V_{pp}$. Када пут видео сигнала иде кроз више уређаја онда терминатор треба ставити на последњи уређај. Није дозвољена употреба T- конектора за дистрибуцију видео сигнала.

Дигитални видео уређаји повезују се помоћу паралелних или серијских интерфејса. Паралелни интерфејси захтевају велики број каблова и више пинске конекторе и нису практични за велике дужине. Користе се за повезивање дигиталних острва с кабловима не дужим од 50м. За већа растојања (до 300м), повезивање дигиталних видео уређаја, врши се помоћу серијских интерфејса коаксијалним каблом карактеристичне импедансе 75Ω и стандардним BNC конекторима, као и за аналогни сигнал, што је веома практично. Паралелни дигитални видео подаци који се добијају на излазу дигиталних уређаја конвертују се у серијску поворку битова, она се коаксијалним каблом преноси до другог уређаја и у њему враћа у основни облик (паралелни). Потребно је да серијски сигнал на улазу уређаја (серијски интерфејс) стигне са што мање сметњи и шума како би се што верније конвертовао у паралелни сигнал. Поступак стварања серијског сигнала познат је као серијски дигитални интерфејс SDI (Serial Digital Interface), прихваћен у Америци као SMPTE 259M, а у Европи као EBU Tech.3267.

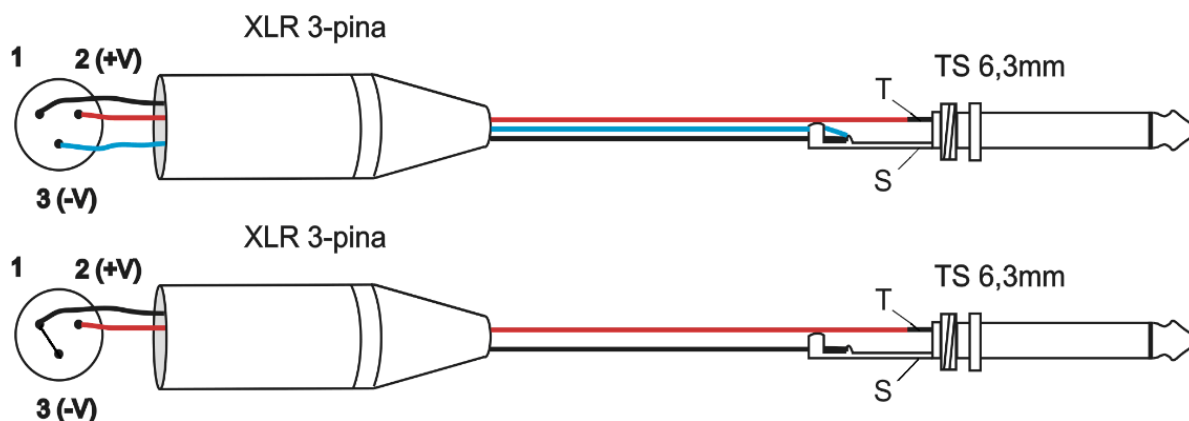
Уобичајено је да се праве каблови истог типа, односно да су на оба краја кабла конектори истог типа. Ти каблови се у ТВ центру обично називају BNC/BNC или RCA/RCA (чинч/чинч) каблови. Њима се повезују уређаји који имају исте конекторе на својим шасијама. Такође, када је потребно повезати два уређаја, тј. проследити видео сигнал са излаза једног на улаз другог, од којих један има BNC а други RCA конектор, треба на једном крају кабла монтирати BNC, а на другом RCA конектор. Такав кабл обично се назива прелазни кабл или једноставно „прелаз“, нпр. BNC/RCA. Исто тако могу постојати разни други прелазни каблови, као нпр. BNC/SCART, RCA/SCART, итд. Треба напоменути да се ово односи на пренос композитног видео сигнала. S-видео (Y/C) сигнал преноси се четворожилним каблом, а компонентни видео сигнали са три BNC/BNC кабла или специјалним мултикор каблом са вишепинским конекторима.

Код аудио уређаја постоји већи број различитих конектора, и на њиховим улазима/излазима сигнали могу бити балансирани и небалансирани, стерео и моно. Зато се код аудио каблова често праве „прелази“ како између различитих типова конектора, тако и између балансираних и небалансираних, као и стерео и моно улаза/излаза.

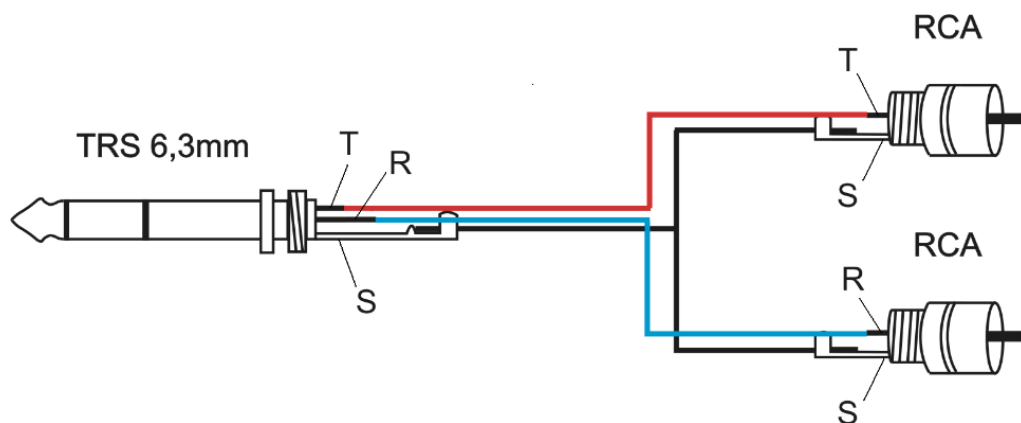
На следећим сликама илустровани су примери повезивања аудио уређаја када су на крајевима кабла различити конектори и сигнали.



Слика 21. Прелаз са XLR на TRS конектор – балансирана веза



Слика 22. Прелаз са XLR на TS конектор – небалансирана веза



Слика 23. Прелаз са TRS на RCA конектор – стерео веза

2.9. VGA (D-Sub) интерфејс

VGA је стандардни интерфејс за *PC* мониторе који преноси искључиво аналогни видео сигнал. *VGA* се све више напушта јер нема довољну пропусну моћ да квалитетно пренесе видео сигнале високих резолуција који су данас актуелни. Наслеђују га дигитални *DVI-D* и *HDMI* интерфејси. Постоји неколико варијанти *DVI* (*Digital Video Interface*). Међу различитим врстама *DVI* интерфејса постоји мала разлика која је намерно направљена како би онемогућила погрешно спајање аналогног у дигитални сигнал. Изглед *DVI* конектора приказан је на слици испод.



Слика 24. DVI конектор

DVI-I, је варијанта *DVI* интерфејса, која може да преноси и дигитални и аналогни сигнал.

DVI-D, је врста *DVI* интерфејса, која може да преноси само дигитални сигнал. Дигитални сигнал са *DVI-D* интерфејса, помоћу адаптера може да се конвертује у *HDMI* па се тако може да споји компјутер на телевизор са *HDMI* прикључком.

DVI-A, је врста *DVI* интерфејса који преноси само аналогни сигнал. *DVI-A* се помоћу адаптера може конвертовати у *VGA* прикључак који такође преноси аналогни сигнал.

2.10. HDMI (High Definition Multimedia Interface)

У дигиталној и *HDTV* телевизији користе се *HDMI* интерфејси. То су потпуно дигитални двосмерни интерфејси који преносе дигиталне сигнале брзине 5 - 10Gb/s. Са њима се преносе дигитални аудио и видео сигнали. *HDMI* интерфејси могу да се упореде са широком цеви кроз коју протиче огромна количина воде, а код *HDMI* интерфејса протиче огромна количина дигиталних података између два извора.

Они представљају тренутно најквалитетнији, потпуно дигитални стандард преноса некомпресованог аудио и видео сигнала. Овај стандард настао је из жеље да се видео извори високе дефиниције повежу са дигиталним уређајима за репродукцију (плазма екрани, *LCD TV*, *LED TV*, пројектори, итд.) без губитака у квалитету сигнала.

У суштини, *HDMI* стандард је базиран на *DVI* технологији, тако да је слика и на једном и на другом скоро истог квалитета. Оно што чини *HDMI* бољим од *DVI* интерфејса су његове могућности преноса и звука. *DVI* интерфејс носи само видео сигнал, а *HDMI* носи и слику и звук. Још једна предност је дужина, кабл код *HDMI* може бити дуг и до 15m, а код *DVI* максимално до 5m. Естетски гледано, *HDMI* конектори су елегантнији и мање незграпни него *DVI*. Изглед *HDMI* конектора приказан је на слици испод.



Слика 25. HDMI конектори

2.11. FireWire и USB интерфејси

Fire Wire интерфејс служе за директно повезивање дигиталних камкордера и рачунара, познат је као стандард *IEEE 1394*. Код уређаја марке *Sony*, *Fire Wire* прикључак назива се *i.Link*. Интерфејс *Fire Wire 400* има 6 пинова, компатибилан је са *DV*, брзина преноса сигнала је до 400Mb/s (50Mb/s). Интерфејс *Fire Wire 800* има 9 пинова, брзина преноса сигнала је до 800Mb/s (100Mb/s).

USB интерфејси представљају универзални прикључак за све уређаје који се споља прикључују у компјутер. Интерфејс *USB 2.0* компатибилан је са *USB 1.1*, има 4 пина, брзина преноса сигнала је до 480Mb/s (60MB/s). Недавно је усвојена спецификација за *USB 3.0* интерфејс, он има око 10 пута већи проток података од *USB 2.0* интерфејса. *USB 3.0* интерфејс је потпуно компатибилан са *USB 2.0*. Први *USB 3.0* интерфејси појавили су се 2010. године, а данас све дигиталне камере имају *USB 3.0* интерфејс. Помоћу *IEEE 1394* и *USB* конекције, не могу се преносити *HD* дигитални сигнали без компресовања.



Слика 26. FireWire конектор

2.12. Оптички каблови

Оптички каблови састоје се из оптичких влакана. Оптичка влакна су дугачки и врло танки каблови, дебљине човечије длане и направљени су од стакла велике чистоће. Груписани су у снопове тако да формирају оптичке каблове који се користе за пренос светлосних сигнала на велике удаљености. Постоје мономодна и мултимодна оптичка влакна.

Прва генерација оптичких влакана радила је у околини опсега 800nm и као оптички извор се користио полупроводнички ласер. Максимална постигнута битска брзина била је 45Mb/s, а растојање између два регенератора било је око 10km.

Друга генерација оптичких влакана радила је на таласној дужини од око 1300nm, подужно слабљење било је 0,5dB/km. Код мултимодних влакана постигнута битска брзина била је 100Mb/s, а код мономодних 1,7Gb/s. Остварен је пренос без регенератора на растојању од 50km.

Трећа генерација оптичких влакана радила је на таласној дужини од око 1550nm, слабљење је било око 0,2dB/km. Постигнута је битска брзина од око 2,5Gb/s, а растојање без регенератора од око 100km.

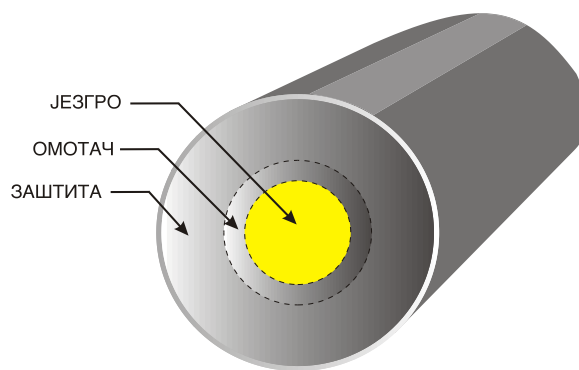
Четврта и пета генерација оптичких влакана користи таласне дужине у опсегу од 1480 до 1610nm, за повећање растојања користе се оптички појачавачи. Брзина преноса је реда десетине Tb/s.

Оптичка влакна ефикасно могу да се користе, зависно од врсте оптичког кабла, и на растојањима већим од неколико стотина km, са протоцима реда гигабита. У зависности од места оптичког завршетка, разликује се неколико типова веза:

- FTTH (FibreToThe Home), оптички завршетак је код крајњег корисника (чисто оптичка веза, најпогоднија са техничког и оперативног аспекта),
- FTTB (FibreToThe Building), оптички завршетак је у оптичком реку у згради (мрежа погодна за LAN мреже),
- FTTC (FibreToThe Curb), оптички завршетак је у уличном изводу кабловске мреже, користи се на раздаљинама мањим од 300m,
- FTTN (FibreToThe Node), завршетак је у оптичком чвору.

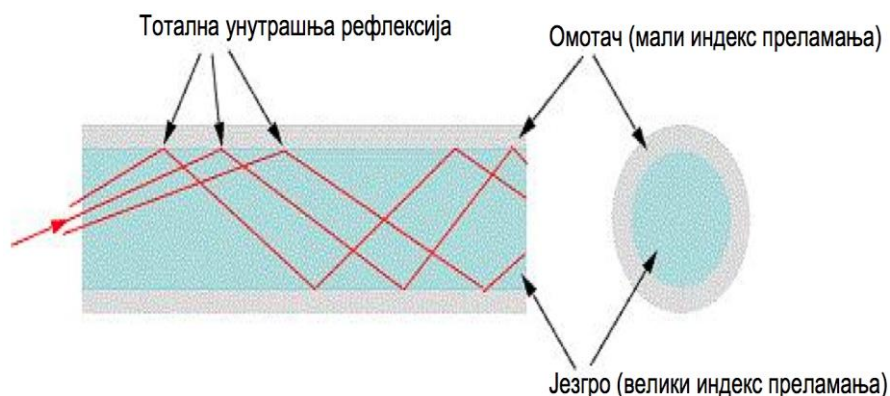
Оптичко влакно, чији је попречни пресек приказан на доњој слици, састоји се из три дела:

- **језгра**, тј. стакленог, танког, централног дела влакна кроз које путује светлост,
- **омотача**, спољњег оптичког материјала који рефлектује светлост натраг у језгро, и
- **заштитног слоја**, који је обично израђен од пластичног материјала, а који штити влакно од оштећења и влаге.



Слика 27. Оптичко влакно

Према међународном стандарду спољашњи пречник омотача код већине оптичких влакана износи $125\mu\text{m}$ за стакло, а $245\mu\text{m}$ за заштитни слој. Овај стандард веома је битан јер обезбеђује компатибилност међу конекторима, кабловима и уређајима. Стандардна мономодна влакна прављена су са малим пречником језгра, од 8 до $10\mu\text{m}$ у пречнику, док мултимодна влакна имају пречник језгра од 50 до $62,5\mu\text{m}$. Светлост се кроз оптичке каблове (влакна) простире тзв. тоталном (унутрашњом) рефлексijом, као што је приказано на слици испод.

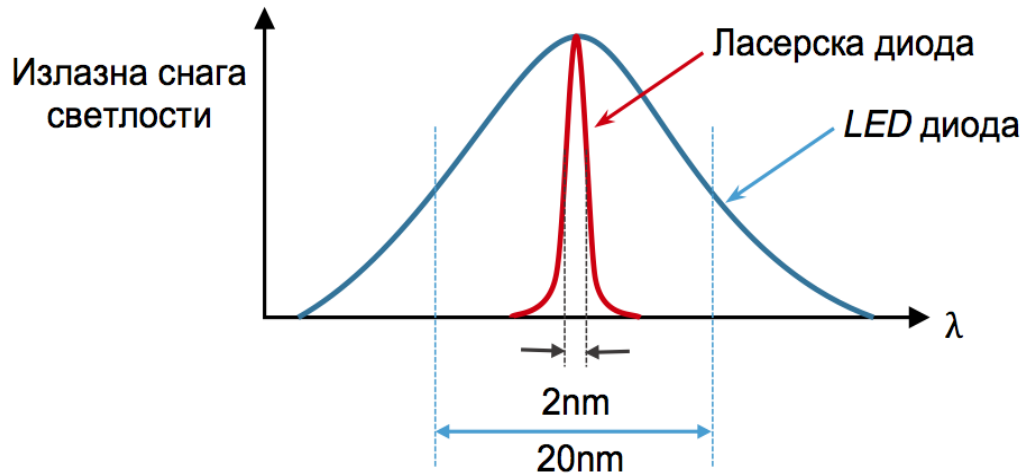


Слика 28. Рефлексije у оптичком влакну

Више десетина или стотина оптичких влакана формира један оптички кабл. Сваки кабл је заштићен својим посебним заштитним слојем. Постоји више начина за поделу оптичких влакана. Најчешће се подела оптичких влакана врши према броју модова који се простиру кроз језгро, и то на:

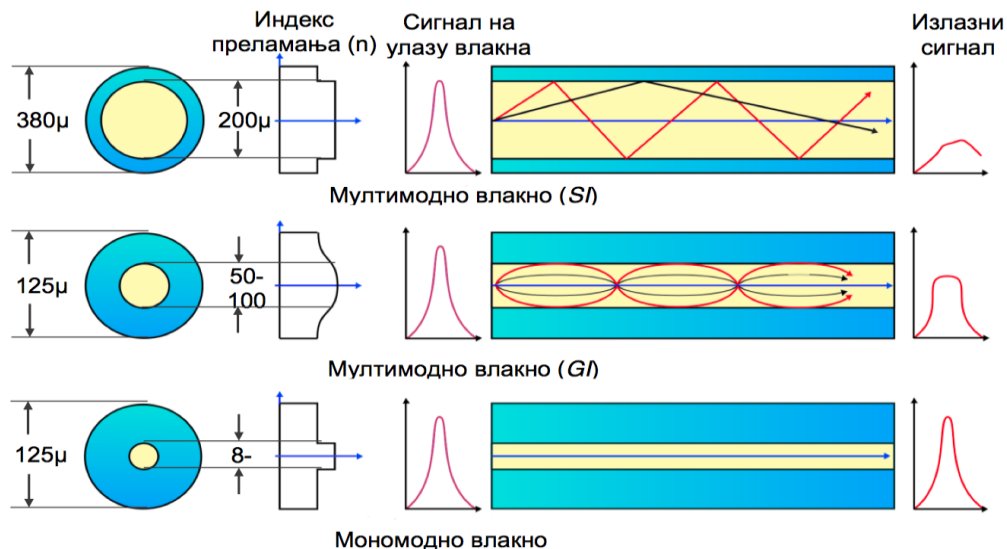
- 1) **multi-mode (мултимодна, вишемодна)** влакна, која преносе инфрацрвену светлост таласне дужине од 850 до 1300nm , коју генеришу *LED* диоде. Мултимодна оптичка влакна прва су влакна која су била практично и комерцијално примењивана. Ова влакна имају много веће језгро, за разлику од мономодних влакана, и омогућују простирање на стотине модова светлости кроз влакно истовремено. Ово својство мултимодних влакана дозвољава да се користе јефтини оптички предајници са *LED* диодама. Мултимодна влакна се могу поделити према облику профила индекса преламања на мултимодна влакна код којих је промена индекса преламања дискретна, тј. скоковита – *SI (Step Index)* и постепена – *GI (Graded Index)*;

- 2) **single-mode (мономодна, једномодна)** влакна преносе инфрацрвену светлост таласне дужине од 1300 до 1550nm, коју генеришу ласери (ласерске диоде). Мономодна влакна појавила су се 1983. године и потисла су мултимодна влакна. Имају много мање језгро, што дозвољава простирање само једног типа таласа кроз такво влакно. Имају много већи капацитет у односу на мултимодно влакно. Мономодна влакна конструисана су тако да одрже спектралну и просторну целину сваког оптичког сигнала који се простире на већим дистанцама, омогућајући да се много више информација пренесе.



Слика 29. Спектар оптичког сигнала који емитују LED и ласерска диода

На доњој слици приказан је.



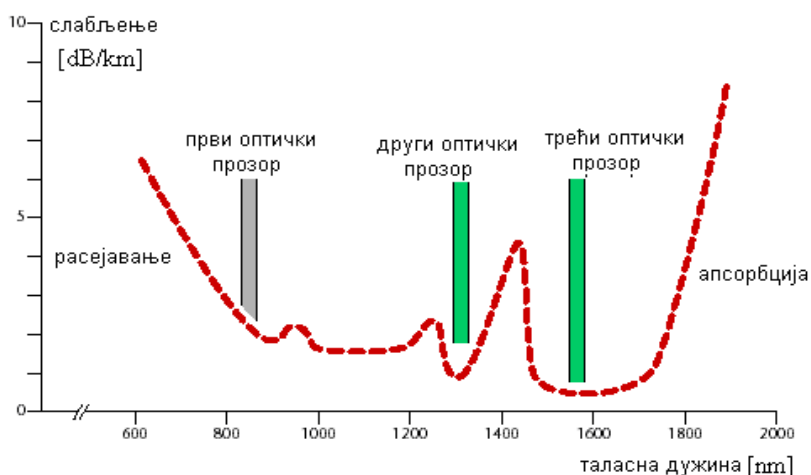
Слика 30. Попречни пресек, индекс преламања и простирање светлости унутар мултимодних и мономодних влакана

Приликом простирања сигнала у оптичком влакну јавља се неколико нежељених појава, које изобличавају сигнал и сматрају се веома важним. То су слабљење сигнала, дисперзија сигнала и нелинеарности у влакну.

2.12.1. Слабљење

Слабљење је губитак снаге светлости током њеног простирања кроз оптичко влакно. Најједноставније речено, слабљење је редукција јачине сигнала или снаге светлости дуж оптичког преносног пута. Слабљење светлосног сигнала, тј. влакна, изражава се у децибелима по километру [dB/km].

Слабљење светлосног сигнала мења се у функцији таласне дужине, што је приказано на доњој слици. Слабљење је веома мало у поређењу са другим преносним медијима (бакарна парица, коаксијални кабл, итд.). Слабљење на таласној дужини од 1550nm је око 0,25dB/km. Овако мало слабљење даје способност светлосном сигналу, који се преноси кроз оптичко влакно, да “путује” преко 100km без икаквог појачања или регенерације.



Слика 31. Слабљење светлости у функцији таласне дужине

На слабљење сигнала у оптичком влакноу највише утичу следећи фактори:

- апсорбција у материјалу,
- апсорбција на нечистоћама,
- расејања (линеарна и нелинеарна),
- нехомогености на границама између језгра и омотача,
- зрачење на местима савијања.

2.12.2. Дисперзија

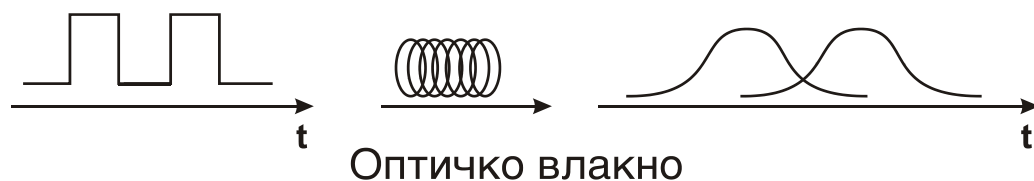
Дисперзија је заједнички назив за све ефекте који проузрокују различита кашњења компонената предајног сигнала при његовом простирању, односно то је ширење светлосних импулса током њиховог проласка кроз оптичко влакно, слика испод. Дисперзија изазива деформацију импулса како у аналогним, тако и у дигиталним оптичким системима. Пропусни опсег је ограничен утицајем дисперзије сигнала.

Постоји неколико типова дисперзије:

- **модална**, која настаје због различитих путања модова унутар SI влакна, тако да се импулс на излазу појављује као проширени импулс,

- **материјална** (хроматска, интрамодална), настаје због зависности индекса преламања од таласне дужине светлости, тако да се при промени таласне дужине мења и индекс преламања, па је брзина простирања светлости у спектру фреквенција различита а самим тим се на излазу из влакна добија импулс промењеног облика,
- **поларизациона**.

Промене у брзини светлости проузрокују да се импулси, модулисани из ласерског извора, шире док путују кроз оптичко влакно, чак до границе кад се импулси међусобно преклапају и где се грешке у преносу значајно повећавају. Ово условљава да дисперзија буде значајан лимитирајући фактор при преносу података на великим брзинама.



Слика 32. Утицај дисперзије на почетни импулс

Дисперзија у оптичком влакну варира са променом таласне дужине. Таласна дужина на којој је дисперзија једнака нули назива се таласна дужина нулте дисперзије (λ_0). То је таласна дужина на којој оптичко влакно има максимални капацитет преноса и за стандардна мономодна влакна у другом оптичком прозору то је област око таласне дужине од 1310nm.

2.12.3. Оптички конектори

Оптички конектори су пасивне компоненте преносних система са оптичким влакнима. Служе за физичко прикључење оптичких влакана на активне компоненте оптичких преносних система, или да се преко њих изврше преспајања влакана механичким, лако раздвојивим путем.

Постоји више типова конектора, зависно од стандарда, произвођача, типа влакна или кућишта емисионе и пријемне електронике. Такође постоји и више материјала за израду феруле оптичког конектора: челик, цирконијум или композитне пластичне масе.

Оптички конектори деле се не према намени већ према типу кућишта у које се прикључују. Различити типови опреме обично користе "стандардизован" тип оптичког конектора. Најчешће коришћени конектори приказани су на доњој слици.



конектор типа SC -100Mb/s



конектор типа ST-10Mb/s



конектор типа FC -ТК мреже



конектор типа LC –ТК мреже

Слика 33. Различити типови оптичких конектора

Стандардизован тип *ST* конектора користи се за рачунарске мреже брзине 10Mb/s, *SC* тип за рачунарске мреже брзине 100Mb/s, *FC/LC* за телекомуникационе мреже различитих брзина. За *Ethernet* мрежу користе се *ST* и *SC* конектори.

Предности оптичких каблова у односу на друге преносне системе су: јако мало слабљење (код четврте и пете генерације око 0,2dB/km), велики преносни капацитет, реда десетине Tb/s, мале димензије оптичког влакна, могућност коришћења у електрички ризичном окружењу, велика сигурност преноса информација, имуност на зрачења, могућност мултиплексирања по таласним дужинама *WDM* (*Wavelength Division Multiplexing*), флексибилност и савитљивост оптичког влакна, лакоћа одржавања и дуг век трајања. Оптичка влакна су и према техничким карактеристикама супериорнија у односу на све врсте бакарних каблова. Из поменутих разлога, оптичка влакна су најпогоднија за широкопојасни приступ *Internet*-у, односно широкопојасне мреже.

3. Контролна питања

а) Нацртати изглед балансираног и небалансираног аудио сигнала. Како импулсне сметње утичу на балансиране и небалансиране аудио сигнале?

б) Објаснити четворопински TRRS конектор. Где се користи?

в) Описати изглед коаксијалног кабла. Колика је његова карактеристична импеданса ако се користи у телевизији. Како се рачунају карактеристична импеданса, слабљење и фреквенцијска карактеристика коаксијалног кабла?

г) Зашто се врши упредање бакарних жица у парици?

д) Каква је разлика између каблова са упреденим парицама категорије 3 и 6?

ђ) Објаснити утицај енергетских водова на пренос сигнала кроз аудио и видео каблове, ако се налазе у непосредној близини.

е) Да ли шум истог нивоа једнако утиче и на линијски и на микрофонски сигнал? Објаснити.

ж) У ком оптичком прозору је најмање слабљење?

з) Каква је разлика између (dB) децибела и (Np) непера?

и) Каква је разлика између DVI и HDMI интерфејса?

ј) Који се конектор користи за пренос дигиталних аудио сигнала?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Различити аудио конектори
2. Различити видео конектори
3. Аудио, коаксијални и каблови са упреденим парицама

4.2. Упутство за реализацију вежбе

Вежба се ради тако што се на основу понуђених цртежа конектора проналазе физички присутни конектори, а онда се на основу постављених захтева врши њихово међусобно повезивање. Повезивање се не врши лемљењем ни кримповањем, већ помоћу цртежа, скицирањем реалних веза на конекторима између пинова.

4.3. Задаци

а) Скицирати везу између XLR и TS конектора како би се добила небалансирана веза.

б) ТВ пријемник прима RF сигнал. Реализовати систем тако да се на улаз DVD видео рекордера (SCART) доведе из ТВ пријемника (RCA) композитни видео сигнал и стерео аудио сигнал. Потребне пинове обележити одговарајућим бројевима. Нацртати предложено решење.

в) Нацртати на које све начине дигитални ТВ пријемник може да се повеже са set-top box уређајем.

Вежба 4:

Коришћење програмског пакета PTDS за симулацију и моделовање ОПТИЧКИХ СИСТЕМА

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) коришћењем програмског пакета PTDS за симулацију и моделовање слабљења оптичких система,
- б) коришћењем програмског пакета PTDS за симулацију и моделовање ефекта дисперзије оптичких система,
- в) одређивањем BER-а за различите дужине оптичког влакна,
- г) ефектом дисперзије поларизацијских модова за различите брзине преноса.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Као што је објашњено у вежби 3, оптичка влакна имају бројне предности у односу на бакарне и коаксијалне каблове које се огледају у већем пропусном опсегу, малом слабљењу, нису осетљиви на напонске ударе и електромагнетно поље, танки су и лаки. На пример, за дужину од 1km, тежина бакарног кабла од 1000 парица је око 8000kg, а оптичког кабла од два влакна око 100kg, па је потребна много мања механичка потпора, и нижи су трошкови инсталирања.

Међутим, влакна имају и одређене слабости, које се у односу на њихове добре особине могу занемарити, а огледају се у чешћим оштећењима приликом њиховог великог савијања, интерфејси и конектори су много скупљи, пошто је пренос светлосних сигнала једносмеран, код двосмерног преноса потребна су два влакна, или две фреквенције у истом влакну.

Оптичка влакна направљена су од слојева стакла, који се називају језгро и омотач, а која могу преносити светлост на брзини око две трећине од брзине простирања светлости у вакууму.

Влакна по којима се простира само један тип таласа, називају се мономодна влакна и она, данас, представљају главна влакна за пренос широкопојасних (мултимедијалних) сигнала. Осим мономодних влакана, постоје и мултимодна влакна, по којима се може протирати више модова светлости кроз влакно истовремено. Ова влакна имају много већи пречник језгра од мономодних влакана. Међутим, у поређењу с мономодним влакнима, мултимодна влакна имају лошије карактеристике, и користе се у системима с кратким дистанцама преноса. Мономодна влакна, с друге стране, имају много мањи пречник језгра од мултимодних влакана, и омогућују да се само један мод светлости може протирати по влакну. Може се помислити да мултимодна влакна имају већи капацитет, напротив, мономодна влакна пројектована су да одрже просторни и спектрални интегритет оптичког сигнала на великим дистанцама, омогућујући пренос

великог броја информација. Зато се за пренос сигнала на велике удаљености користе мономодна влакна.

Постоји погрешно схватање да је фибер оптичко влакно веома лако ломљиво, због тога што је направљено од стакла. Чињеница је да истраживања, теоретске анализе и практична искуства, доказују да је истина сасвим супротно. Док је традиционално стакло ломљиво и крто, ултрачисто стакло, од којег се праве фибер оптичка влакна, показују изузетну отпорност на истезање и изузетну издржљивост. Јачину и отпорност фибер оптичког влакна можемо илустровати примером да влакно може издржати 6 до 8 пута већи притисак него бакарна жица, што потпуно потврђује да се савремена оптичка влакна израђују тако да су веома отпорна на истезање.

Дубина природних микроскопски видљивих напрснућа на површини фибер оптичких влакана, одређује њихову јачину. Ова природна напрснућа постоје у сваком влакну. Као што у једном ланцу његову чврстину одређује најслабија карика тог ланца, тако код фибер оптичког влакна његову чврстину одређује најдубље природно напрснуће. Многи произвођачи примењују тестове оптерећења влакана, тако да обезбеђују да се брига око дубоких напрснућа у великој мери елиминише.

Пренос светлости дуж оптичког влакна носи са собом одређене изазове, који се морају савладати, а могу се поделити у следеће три категорије:

- **слабљење** – губитак снаге светлости током њеног простирања кроз оптичко влакно,
- **дисперзија** – ширење светлосних импулса током њиховог проласка кроз фибер оптичко влакно, и
- **нелинеарност** – кумулативни ефекти који настају интеракцијом светлости с материјалом кроз који се простиру, што резултује у променама код светлосних таласа и интеракцију међу светлосним таласима.

Сваки од ових ефеката има неколико последица на пренос оптичких сигнала кроз оптичка влакна. Међутим, све последице немају баш изузетно велики утицај на квалитет преношеног оптичког сигнала, тако да ће у дањем тексту бити поменуте само оне које су релевантне за пренос оптичких сигнала.

2.1. Слабљење оптичког влакна

Слабљење оптичког влакна редукција је јачине сигнала, или снаге светлости дуж оптичког преносног пута. Слабљење светлости, при пролазу кроз стакло, зависи од таласне дужине светлости и од физичких својстава стакла. Изражава се у децибелима по километру (dB/km). На слици 1, за одређену врсту стакла, од кога су направљена оптичка влакна, приказано је слабљење у децибелима, по дужном километру влакна.



Слика 1. Слабљење оптичких влакана

Са слике се види да се слабљење оптичког сигнала мења у функцији таласне дужине. За таласну дужину од 1300nm слабљење је око 0,20 dB/km, а за таласну дужину од 1500nm око 0,15 dB/km. Ово даје способност оптичком сигналу, који се преноси кроз оптичко влакно да “путује” преко 100 km, без икаквог појачања или регенерације.

За оптичке комуникације користе се три уска подручја таласних дужина, центрирана око 850, 1300 и 1550nm. Последња два обезбеђују мало слабљење (мање од 5% губитака по километру). У подручју око 850 nm слабљење је веће.

Мономодна оптичка влакна се користе у системима кабловске телевизије (CATV), телефонији, и у системима за пренос података. Пречник језгра је од 0 - 9 μm и кроз влакно се простира светлост таласне дужине 1310nm и 1550 nm.

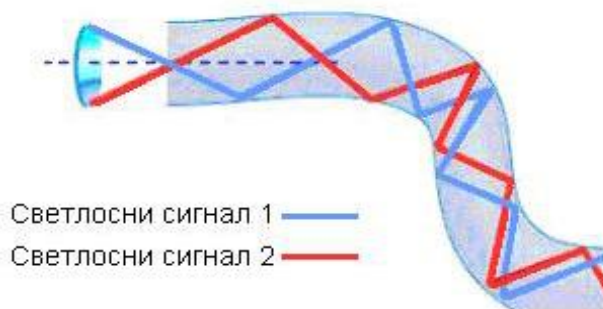
Мултимодна оптичка влакна користе се за ЛАН мреже. Пречник језгра је од 50 - 62,5 μm а таласна дужина светлости која се простира кроз влакно је 850 и 1310 nm.

Слабљење у оптичким влакнима проузроковано је унутрашњим факторима, првенствено расејавањем и апсорпцијом светлости, као и спољашњим факторима, укључујући стресове којима су влакна изложена још у производњи, окружењем и физичким савијањем.

До **расејавања светлости** долази због неправилности молекуларних нивоа у структури стакла. У стаклима која се користе за израду оптичких влакана, без обзира колико су брижљиво израђена, у фази очвршћавања јављају се структуралне нехомогености густине и композиције материјала. Чак и најчистија стакла поседују грудвице нехомогености микроскопских димензија, малих у односу на таласну дужину. Грудвице су распоређене по материјалу на таквим растојањима да се може сматрати да свака од њих расејава електромагнетни талас, као да је усамљена.

Услед савијања оптичког кабла долази до промене геометријског облика, што омогућује да неки светлосни зраци побегну у омотач, а други да се неправилно одбију, чиме се повећавају губици у оптичком влакну. Поред поменутих губитака, постоје и губици услед микросавијања изазвана малим периодичним савијањем осе влакна, периоде понављања неколико милиметара и амплитуде неколико микрона. До

оваквих савијања долази услед неједнаке расподеле оптерећења при дејству спољних механичких сила, слика 2.



Слика 2. Простирање светлости кроз савијен оптички кабл

2.2. Дисперзија светлости

Постоји више врста дисперзија, али последица свих је иста-ширење импулса у преносу дигиталних сигнала, што може да доведе до интерсимболске интерференције и деградације квалитета преноса. Дисперзија је позната појава до које долази и у преносу сигнала с нижим протоком, али је њен утицај на квалитет преноса мањи, него утицај слабљења у преносу кроз влакно. У преносу сигнала с протоком од преко 10 Gb/s дисперзија, постаје ограничавајући фактор, често строжи од слабљења. Постоје две врсте дисперзија: хроматска дисперзија (CD) и дисперзија поларизационог мода (*Polarisation Mode Dispersion, PMD*).

У поређењу с хроматском дисперзијом, утицај дисперзије поларизационог мода на квалитет преноса мање је изражен, али недостатак одговарајућих техника за компензацију појачава његов значај. За разлику од хроматске дисперзије PMD није константна величина специфична за влакна, која се може узети у обзир још у фази планирања изградње система. Она зависи умногоме од начина инсталирања кабла. Вредност јој варира у зависности од спољашњих фактора, као што је механичко напрезање, притисак па и температура. Значајне резерве треба оставити када се нпр. планира пренос великим брзинама по оптичким кабловима који су инсталирани по земљоводном ужећу високонапонских водова, и код нормално инсталираних оптичких каблова, где се могу очекивати значајне вредности расипања услед PMD. За ублажавање ефеката дисперзије поларизационог мода, постоје разне технике које се користе приликом производње самог влакна. Хроматска дисперзија састоји се од две врсте дисперзије:

- *дисперзије материјала* - одређена ширењем импулса проузрокованог специфичном композицијом материјала од кога је направљено стакло, и
- *таласоводне дисперзије* - одређене простирањем светлости кроз језгро и омотач у исто време, али различитим брзинама.

Дисперзија материјала јавља се кад таласне дужине светлости путују различитим брзинама кроз материјал. Извор светлости, без обзира колико је прецизан и узан, емитује неколико таласних дужина у опсегу. У том случају, када тај опсег таласних дужина путује кроз медијум, свака индивидуална таласна дужина путује различитом брзином и стиже до пријемника у различито време. За влакна на бази силицијумског

стакла, у околини таласне дужине од 1300 nm, дисперзија пада на нулу, и то је готово оптимална радна таласна дужина таквог влакна.

Таласоводна дисперзија јавља се због различитих индекса рефракције, проузрокованим проласком светлосних таласа кроз језгро и одбијањем зрака од омотача. Ефективни индекс рефракције варира у односу на таласну дужину, на следећи начин:

- на кратким таласним дужинама, светлост је добро ограничена на простирање кроз језгро, тако да је ефективни индекс рефракције врло близак индексу рефракције материјала од којег је начињено језгро,
- на средњим таласним дужинама, светлост се, током простирања, лагано шири и на омотач, што умањује ефективни индекс рефракције,
- на великим таласним дужинама, много више светлости се, током простирања, шири на омотач и то проузрокује да је ефективни индекс рефракције веома близак индексу рефракције материјала од којег је начињен омотач.

2.3. Нелинеарни ефекти у оптичким влакнима

У оптичким влакнима може доћи и до нелинеарних расејања, која на нивое оптичких сигнала, који се данас користе у телекомуникацијама, не представљају неки већи проблем.

Нелинеарни процеси у оптичким влакнима зависе од интеракционе дужине и интензитета простирућег таласа. Код влакна с малим језгром и малим слабљењем, већи интензитети расејања могу се појавити на великим дужинама влакна. Кад се једном побуде нелинеарни процеси, долази до појаве великог слабљења, проширивања импулса и, коначно, физичког уништења влакна. Од нелинеарних процеса, с гледишта преноса сигнала кроз влакна, посебно су интересантни стимулисано Раманово расејање, стимулисано Бријуленово расејање и фазна модулација, изазвана зависношћу индекса преламања од нивоа, преношеног сигнала.

2.4. Настављање и спајање оптичких влакана

Потреба за настављањем и спајањем оптичких влакана јавља се често у реализацији оптичких система. Постоје два основна начина спајања оптичких влакана:

- *перманентно настављање влакана* (сплајсовање) – формира перманентну конекцију два влакна у оптичком систему,
- спајање влакана путем конектора – омогућује спајање два влакна без физичке везе између њих, што је типично за терминалне тачке.

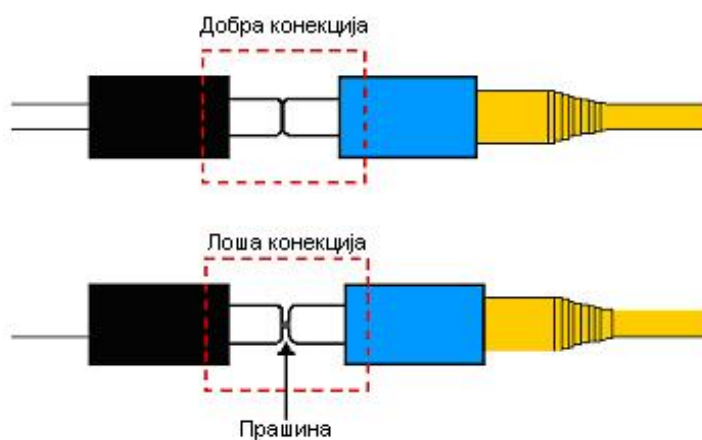
Перманентно настављање влакана (сплајсовање) врши се онда када се тражи минимално слабљење споја, и када се не очекује да ће се веза раскидати на том месту. У пракси постоје различити уређаји помоћу којих се врши овакво спајање. Процедура се састоји у томе да се темена влакана која се спајају најпре обраде, тако да равни споја влакана буду управне на њихове осе. Затим се влакна доводе у додир, и при том им се усаглашавају осе. Код мултимодних влакана ово се остварује усаглашавањем омотача, а код мономодних влакана усаглашавају се језгра. У

следећој фази, влакна се доводе у додир и загревају електричним луком. Квалитет споја зависи од претходне обраде чеоних страна влакана и прецизности поступка затапања. Процес рада у припремној фази контролише се микроскопом, а по обављеној операцији спајања, визуелно се проверава квалитет споја, где се види како су влакна физички спојена, да ли има прашине или нечистоћа у споју, и где уређај за спајсовање одмах показује квалитет споја изражен преко величине слабљења на месту споја. Овакво спајсовање назива се фузионо спајсовање и даје високо квалитетан спој два влакна, с најмањим могућим слабљењем на месту споја (у опсегу 0,01 dB до 0,1 dB), где су овакви спојеви практично без рефлексије.

За настављање влакана без физичког спајања користе се специјално конструисани конектори. Помоћу њих се врши физичко прикључење оптичких влакана на активне или пасивне компоненте оптичких преносних система, или се врши преспајање влакна механичким, лако раздвојивим путем.

По свом спољњем изгледу, они су врло слични класичним конекторима за коаксијалне водове, али је прецизност којом се морају урадити конектори за оптичка влакна неупоредиво већа. Улога оптичких конектора је да два оптичка влакна доведе у такав међусобни положај, да им се језгра поклапају, и да су им чеоне стране у додиру, слика 3. При спајању влакана уз помоћ конектора, могу се јавити три основне грешке:

- осе влакана су паралелне, али се не преклапају,
- осе влакана заклапају одређени угао, и
- чеоне површине влакана нису у додиру.



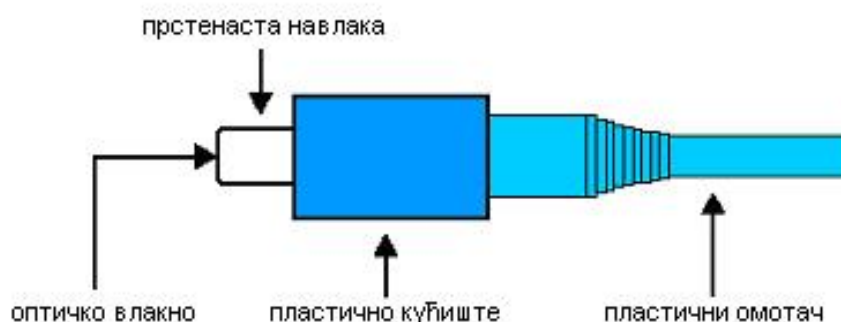
Слика 3. Спајање влакана уз помоћ конектора

У пракси, грешке могу бити и комбиноване, али се у стандардној анализи посматрају свака за себе.

Конектори се користе и у апликацијама где се захтева флексибилност при рутирању оптичких сигнала, од извора до пријемника, и кад је реконфигурација система повремена. Наравно, у пракси се препоручује да се што мање врши преспајање оптичких влакана, пошто то доводи до опасности да се запраљају конектори и тиме створе проблеми у преносу оптичких сигнала. Прљав конектор може унети слабљење

и до 10 dB. Такође, након сваког раскидања споја, неопходно је очистити конекторе влакана које поново треба спојити.

Најважнији део конектора је ферула (централна цевчица у конектору) кроз коју је пробушен канал димензије спољног пречника омотача, 125 μ m, увећан за пар микрона. Овим се обезбеђује директан излазак оптичког влакна из кабла, слика 4. Прецизност израде отвора оптичког конектора условљава аксијално поравнање сучељених оптичких влакана у адаптеру, односно, оптичког влакна и активног дела електронике. Кућиште конектора је елемент по коме се оптички конектори највише разликују. Улога кућишта је да обезбеди чврсту везу конектора с одговарајућим адаптером, или кућиштем активне компоненте.



Слика 4. Убацавање влакна у оптички конектор

Постоји више типова конектора, зависно од стандарда, произвођача, типа влакна или кућишта емисионе и пријемне електронике. Такође, постоји и више материјала за израду феруле оптичког конектора: челик, цирконијум или композитне пластичне масе.

Оптички конектори деле се, не према намени, већ према типу кућишта у које се прикључују. Различити типови опреме обично користе "стандардизован" тип оптичког конектора. Најчешће коришћени конектори приказани су у вежби 3, поглавље 2.12.3.

2.4.1. Комбинација оптичких каблова и конектора

Оптички конектори монтирају се на оптичко влакно с пријањајућом заштитом и користе се за завршавање оптичких влакана из каблова за спољашњу инсталацију. Оваква комбинација влакна и једног конектора назива се пиг-таил. За прикључење оптичких каблова који су већ терминирани на линијску опрему, користе се каблови који имају с обе стране конектор. Комбинација оптичког кабла и конектора приказана је на слици 5.



Слика 5. Комбинација оптичких каблова и конектора

2.4.2. Адаптери за оптичке конекторе

Адаптери се користе за повезивање два оптичка конектора "чело-у-чело". Адаптери могу бити истоврсни или хибридни. Истоврсни адаптери служе за повезивање два конектора истог типа, док хибридни адаптери повезују два конектора различитих типова.

Адаптери се, најчешће, постављају на оптичке дистрибутивне кутије и оптичке панеле, како би се обезбедило прикључење оптичких каблова на активне компоненте.

Постоје "мушки", "женски" и "мушко - женски" адаптери, зависно од типа прикључења које се изводи, слика 7 и 8.



Слика 7. ST - ST адаптер "женски"



FC/PC "мушки" - ST "женски" адаптер



ST адаптер "мушки"

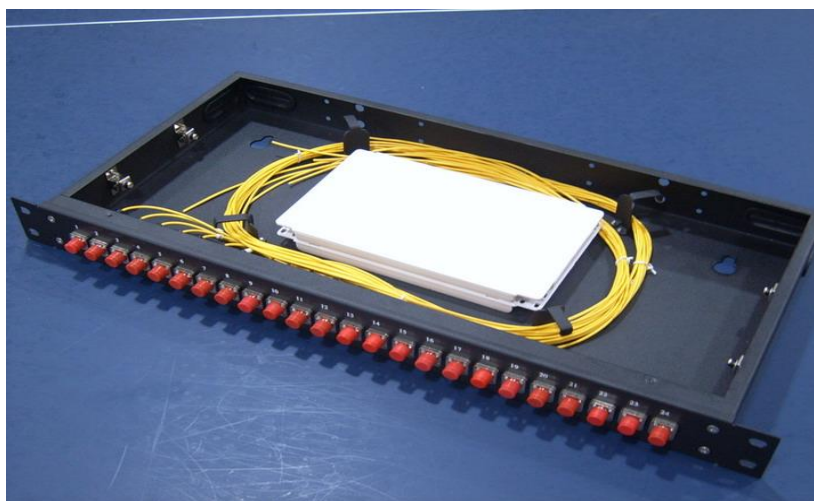
Слика 8. Различити оптички адаптери

2.4.3. Оптичке дистрибутивне кутије и пач панели

Оптичке дистрибутивне кутије и оптички пач-панели користе се за терминирање доводних оптичких каблова за спољашњу инсталацију конекторима и њихово припремање за прикључење на активну опрему, или преспајање на друге оптичке линије.

Оптички печ-панел је пасивна компонента оптичког система где се завршавају оптички кабли (спољашњи или унутрашњи) оптичким конекторима, а намењен је постављању у рек орман, слика 9. На предњој страни оптичког пач панела монтирају се оптички адаптери за спајање оптичких конектора. Оптички пач-панел представља дистрибутивни центар за преспајање каблова између себе, или њихово спајање са комуникационом опремом. Обично садрже различит број оптичких портова, али је то најчешће 8, 16 и 24.

С предње стране оптичког пач-панела налазе се ознаке портова, чиме је олакшано касније одржавање оптичког дела мреже. Оптички портови на пач-панелу могу бити различити, зависно од типа оптичког конектора који треба да се прикључи. Унутар панела налазе се вођице за постављање оптичког влакна, како би се обезбедило савијање оптичког влакна на дозвољени радијус.



Слика 9. Оптички пач-панел намењен за постављање у рек орман

Дистрибутивна оптичка кутија веома је слична по намени и конструкцији оптичком пач-панелу. Дистрибутивна кутија причвршћује се на зид, или се поставља у унутрашњост рек ормана, и намењена је за завршавање оптичких каблова, слика 10.

Оптичка дистрибутивна кутија може да има више оптичких портова, али је то најчешће 4, 6, 8, и 12 портова.



Слика 10. Дистрибутивна оптичка кутија

Оптичка дистрибутивна кутија може бити израђена од челика или пластике, потпуно је затворене конструкције, и служи за смештање оптичких влакана долазних каблова и унутрашњих конектора.

С бочне стране оптичке дистрибутивне кутије налазе се оптички портови. Оптички портови могу бити различити, зависно од типа оптичког конектора који треба да се прикључи. Унутар оптичке дистрибутивне кутије налазе се вођице за постављање оптичког влакна, како би се обезбедило савијање оптичког влакна на дозвољени радијус.

Оптичка спојница намењена је за спајање деоница оптичких каблова и за рачвање оптичких каблова, слика 11. Намењена је за употребу у спољашњој средини. Задатак спојнице је да обезбеди херметичку и механичку стабилну средину за огољена оптичка влакна и њихове спојеве. Спојница је отпорна на утицаје спољашње средине: УВ зраци, вода, умерено агресивне хемикалије и слично.

Оптичка спојница састоји се из више елемената: љуштуре која обезбеђује затварање и механичку стабилност, оптичких модула који служе за складиштење спојева оптичких влакана и смештање вишка дужине влакана, и делова који обезбеђују херметичност заптивања целокупне спојнице. Оптички модули обезбеђују безбедан пречник савијања оптичког влакна.

Оптичка спојница за спољашњу инсталацију поставља се у шахтовима, или у просторијама где се монтирају завршне спојнице каблова на улазима у зграде. Оптичка спојница мора се поставити тако, да не изазива савијање оптичких каблова на недозвољени пречник савијања.

Оптички каблови се, по увођењу у спојницу, “бланкирају” - уклањају се заштитни слојеви да би се дошло до голог влакна. Потом се огољена оптичка влакна уводе у оптички модул. По извршеном спајању, спој и вишак дужине оптичког влакна смештају се у модул, поставља се љуштура и затвара спојница.



Слика 11. Оптичка спојница

2.5. Практична мерења слабљења оптичких влакана OTDR методом

Главна техника практичног мерења јесте OTDR (*optical time-domain reflectometry*) метод. Овај метод се препоручује за практична мерења на инсталираним оптичким влакнима дужине 50m и више. OTDR метода захтева приступ само једном крају оптичког влакна. Овом методом мери се слабљење инсталираних оптичких влакана у функцији њихове дужине. OTDR метода, такође, идентификује и показује губитке на спојним тачкама дуж оптичког кабла и лоцира евентуалне прекиде на траси или грешке.

OTDR је метода мерења, односно инструмент који шаље импулсе ласерске светлости велике снаге кроз влакно, и "хвата" светлост која се рефлектовала назад (слично као код радарског система). Мерењем нивоа снаге повратних импулса, у функцији времена, инструмент прави корелације рефлектоване информације с физичким локацијама дуж оптичког влакна и показује оптичку снагу, у односу на посматрану деоницу оптичког влакна. Слабљење оптичког влакна представља се као нагиб или стрмина трасе. Прекиди, као што су тачке спајсовања, конектори, или прекиди на влакну, појављују се као транзиције ("догађаји") који репрезентују њихову природу и локацију.

Максимални дозвољени губици су, у ствари, разлика снаге предајника и осетљивости пријемника, у dB. Губици оптичког сигнала рачунају се као збир три величине: губици на оптичком влакну, губици на спојевима (конектори и спајсовање) и сигурносна маргина (2dB). Разлика између вредности максималних дозвољених губитака и губитака оптичког сигнала представљају резерву осетљивости.

2.6. Симулација и анализа карактеристика оптичких система помоћу програмског пакета PTDS

За симулацију и анализу карактеристика оптичких система постоји неколико симулационих софтвера. Један од њих је PTDS (*Photonic Transmission Design Suite*) намењен за симулацију, моделовање и дизајн оптоелектронских система и компоненти. Даје могућност разноврсних симулација – од оптичких система с великим заузетим опсезима, мрежа разног типа, до анализе динамичког режима појединачних компоненти. То је програм у отвореној платформи, у који се могу уграђивати сопствени модели с минималним програмирањем. Графичко окружење је једноставно, тако да је практично сваком кориснику *Windows*-а лако да покрене симулацију и да савлада основну комуникацију с програмом.

Програм има богату и разноврсну библиотеку компоненти и уз њу пратећу документацију *Photonic Modules Reference Manual*, којој се може приступити преко *Help* менија. За многе компоненте постоји више расположивих модела, који се разликују у степену детаљности и расположивим параметрима, који се могу мењати у току симулације.

Покретањем симулације учитавају се модели компоненти, спроводи се њихово дејство на дискретизовани улазни сигнал, и резултати се прослеђују даље по току сигнала. Чим се резултати нађу на улазу неког од блокова за приказ, аутоматски се отварају посебни прозори, у којима се може видети приспели сигнал.

Спектар може да се прикаже у логаритамској размери. Тако се прегледно могу пратити и они делови који су и преко 100dB испод нивоа сигнала, а приказ у временском домену омогућава да се прате постепене и минималне промене у облику и снази сигнала.

3. Контролна питања

- а) Које су најважније карактеристике оптичких влакана?

- б) Како се дефинише слабљење оптичких влакана?

- в) До каквог ефекта доводи дисперзија светлости у оптичким влакнима?

- г) Од чега зависе нелинеарни процеси код оптичких влакана?

- д) Које врсте дисперзија познајете?

- ђ) Колико начина постоји за спајање оптичких влакана? Објаснити сваки.

е) Шта је pig-tail веза?

ж) Која је улога оптичких дистрибутивних кутија и печ панела?

з) Објаснити како се изводе практична мерења OTDR методом.

и) Која је улога програмског пакета PTDS?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Рачунар стандардне конфигурације
2. Програмски пакет PTDS
3. Разни конектори

4.2. Задаци

I. Потребно је посматрати ефекте дисперзије (*BER, Bit Error Ratio*) и облик сигнала за стандардно једномодно влакно (G.652 ITU-T стандард). Активирати програмски пакет PTDS. На основу добијених симулационих резултата нацртати следеће графике:

1. облик временског сигнала за дужине оптичког влакна 40, 60, 80 и 100 km. При томе, посматрајте временски кратке сигнале, трајања неколико битова (2, 3, 4 или слично), слика 12а,б,в,г.
2. зависност BER-а од дужине оптичког влакна за удаљености од 70 до 120 km, са по 10 тачака за свако оптичко влакно, слика 13.

Упутства за израду вежбе

1. Након покретања програма отворити мапу **Demos->Fiber Dispersion** у листи расположивих тема, затим у прозору с иконама два пута притиснути леви тастер миша на икони **Fiber length and type sweep**.

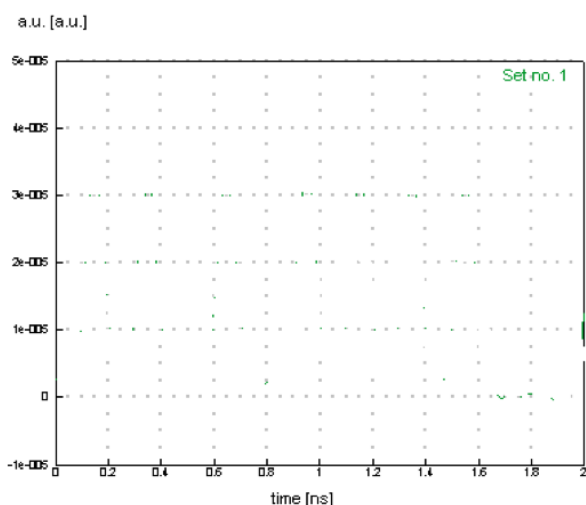
2. Потом се отвара прозор с поставкама. У овом случају се ради о тзв. **Sweep** симулацији, у којој се симулација изводи више пута за различите вредности одабраних параметара, како би се добила функцијска зависност. Шема симулације може се добити притиском на **Open Schematic**. У TAB-у **Sweep Definition** потребно је подесити вредности за два параметра: **FiberLength** и **xAxis**, на следећи начин. У падајућем менију **Name** одабрати прво **FiberLength**. Затим у прозору који се појављује одабрати **Edit**, па поставити жељене параметре. Након постављања, потребно је притиснути **Apply**.

3. Након што су параметри постављени и за **xAxis**, симулација се покреће притиском на икону **Submit Simulation** (зелени човечуљак). Отвара се прозор у којем је довољно притиснути **Submit**. Након притиска, потребно је причекати неко време да се појаве резултати симулације.

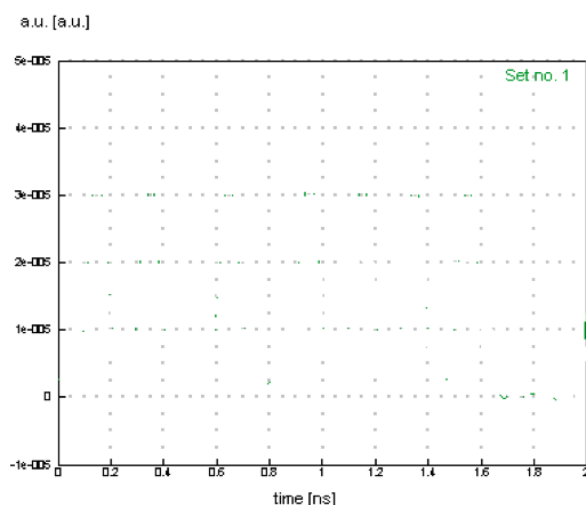
4. У графицима који се појављују, важне опције су **single shot**, која притиском прелази у **continuous**, затим **prev** и **next**. Број између типки **prev** и **next** означава тренутно активни график. Наиме, током симулације, генерисани су графици за све вредности **sweep** параметара. У овом случају се ради о различитим дужинама, али и различитим врстама оптичког влакна. Редослед мењања вредности параметара **sweep** симулације зависи од параметра симулације **Sweep depth**. У једној итерацији **sweep** симулације, истовремено се мењају сви параметри истог **sweep** нивоа - након што се исцрпе све вредности на истом нивоу, прелази се на следећи. При томе је веома

важно имати на уму да сви **sweep** параметри истог нивоа морају имати једнак број дефинисаних вредности.

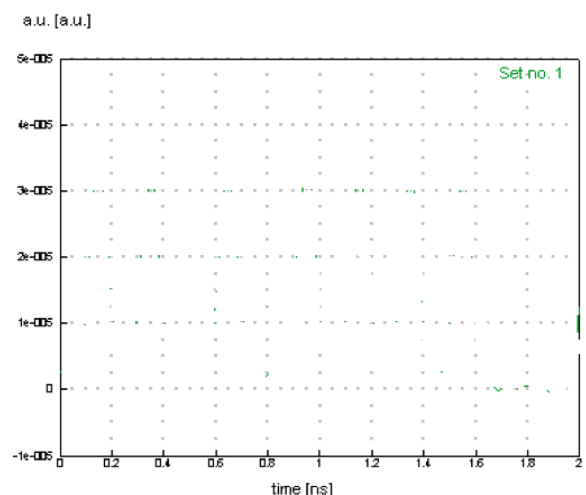
5. На сваком прозору с графиком, могу се користити маркери притиском на типку **Marker**. Након тога се појављује нови прозор у којем се може одабрати активни маркер, читавати његов положај, померати га, претраживати врхове у графику и читавати разлику у положају два маркера. Успут, положај и тренутна вредност маркера могу се читавати у прозору с графиком. Маркери се, исто тако, могу постављати и ручно, у прозору с графиком који се посматра. На крају, у прозору с графиком могуће је увећавати жељене делове. Једноставно је потребно одабрати горњу леву тачку правоугаоника који желимо увећати, затим, уз придржавање левог тастера курсор миша довести до доњег десног угла правоугаоника који желимо да увећамо. У случају грешке, увек је могућ повратак на почетно стање притиском на типку **Undo** (закривљена стрелица удесно).



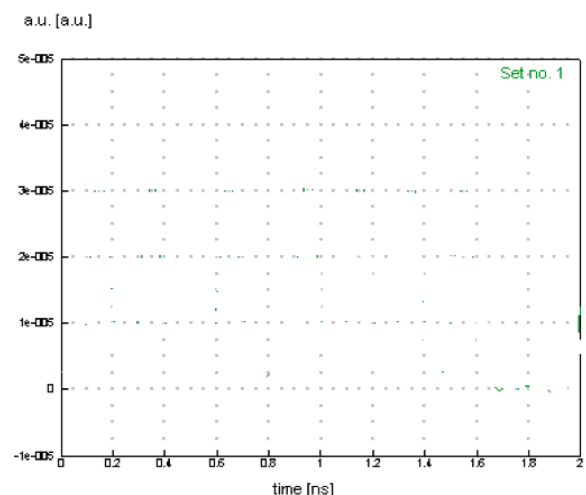
Слика 12а. Облик временског сигнала за стандардно једномодно оптичко влакно на удаљености 40km



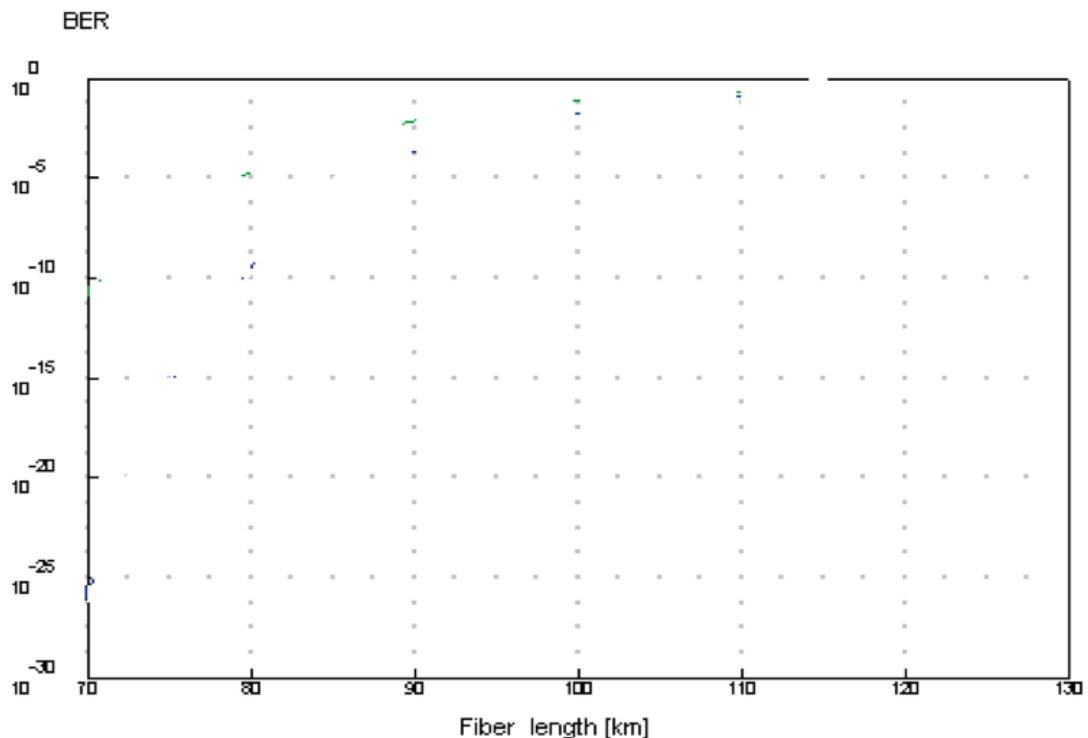
Слика 12б. Облик временског сигнала за стандардно једномодно оптичко влакно на удаљености 60km.



Слика 12в. Облик временског сигнала за стандардно једномодно оптичко влакно на удаљености 80km.



Слика 12г. Облик временског сигнала за стандардно једномодно оптичко влакно на удаљености 100km.



Слика 13. Зависност BER-а од дужине оба типа оптичког влакна за удаљености од 70 до 120km.

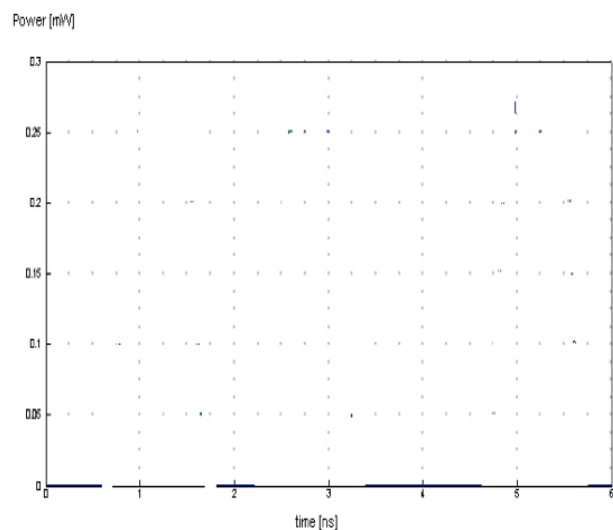
II. Потребно је посматрати ефекат *дисперзије поларизацијских модова (PMD-polarisation mode dispersion)* упоређивањем два оптичка влакна. Прво влакно је идеално, у смислу дисперзије поларизацијских модова, друго поседује коефицијент дисперзије поларизацијских модова од 15 ps/km, што је око 30 пута веће од типичне вредности у стварним оптичким влакнима, а изабрано је тако да ефекат буде видљив. Ваш задатак је да:

1. нацртате график сигнала у временском домену за брзине преноса од 1,25; 2,5; 5 и 10 Gbit/s, слика 14 а,б,в,г. При томе користите $32 \cdot 10^9$ узорка по 1 Gbit/s брзине преноса. При цртању графика посматрајте краћи временски период, нпр. неколико битова.
2. Посматрајте доприносе укупној снази **x** и **y** компоненте.

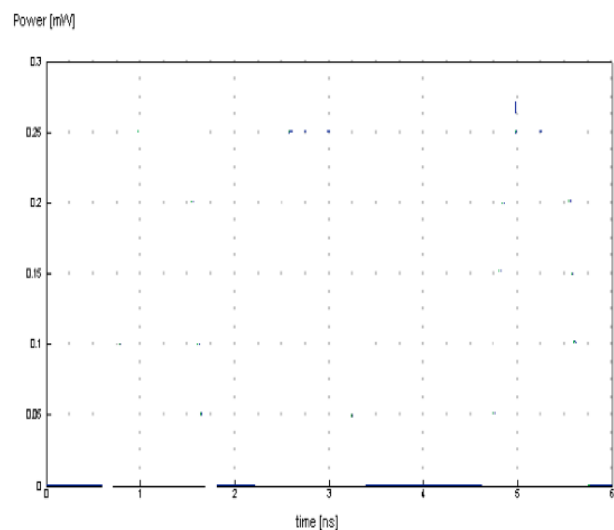
Упутства за израду вежбе

II. Након покретања програма отворити mapу Demos->Fiber Polarization Mode Dispersion, затим у прозору с иконама два пута притиснути леви тастер миша на икони Bit rate sweep.

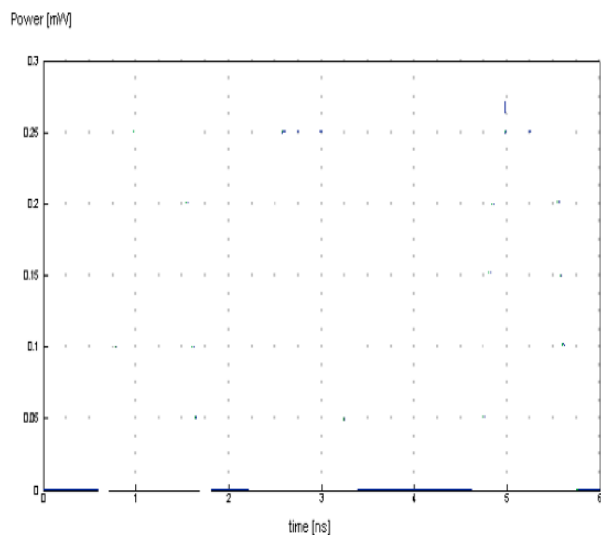
Потребно је подесити Sweep параметре SampleRate, односно, број одмерака, BitRate, брзину преноса, затим RiseTime, време пораста. Сви параметри су исти sweep нивои, што повлачи за собом да за њих мора бити дефинисан једнак број вредности. Важно је уочити да се параметар RiseTime даје у облику брзине преноса, а стварна вредност израчунава се на основу израза $0,25/\text{BitRate}$.



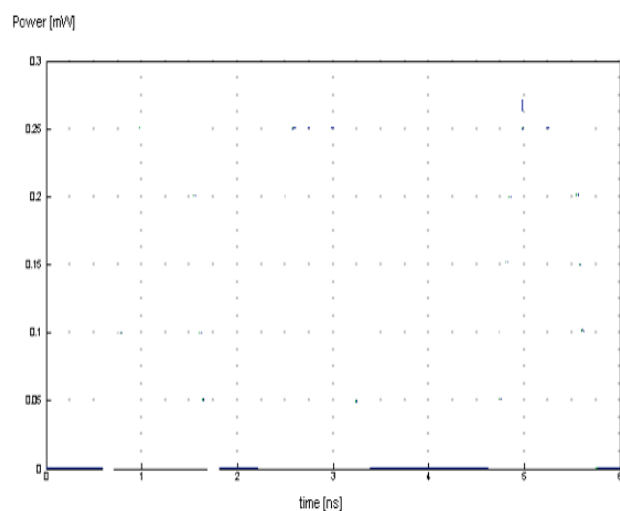
Слике 14в. Облици временског сигнала за брзину преноса 5 Gbit/s



Слике 14г. Облици временског сигнала за брзину преноса 10 Gbit/s



Слике 14а. Облици временског сигнала за брзину преноса 1,25 Gbit/s



Слика 14б. Облици временског сигнала за брзину преноса 2,5 Gbit/s

Вежба 5:

Претварање светлосних величина у електричне сигнале

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе студент ће се упознати са:

- а) принципима претварања светлосних величина у електричне сигнале,
- б) параметрима који утичу на генерисање видео сигнала у камери,
- в) принципима мешања боја,
- г) фазама трансформације рефлектованог светла са сцене у одговарајући видео сигнал,
- д) одређивањем врсте и засићења боје помоћу стандардног CIE дијаграма.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

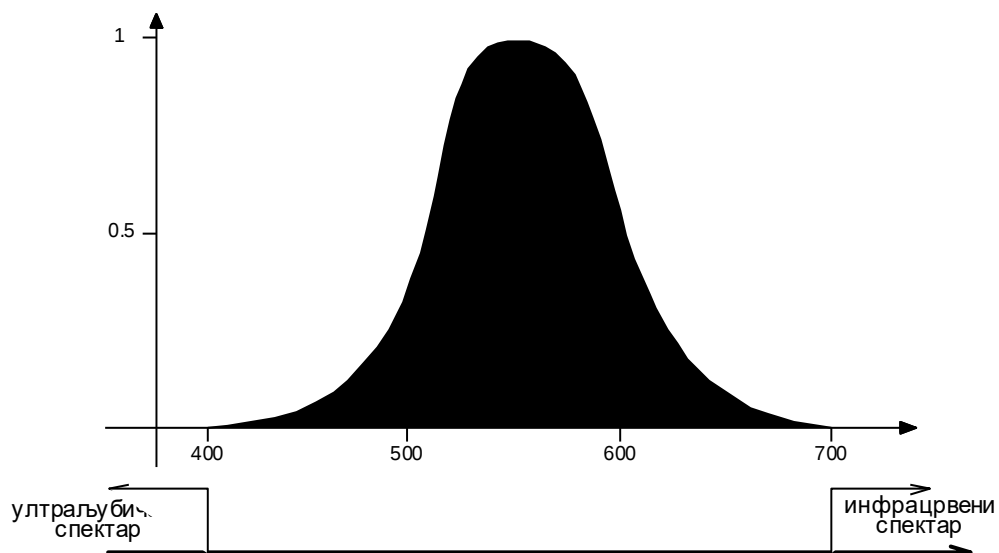
Светлост, према таласној теорији светлости*, може да се дефинише као део електромагнетских радијација које човек види. Електромагнетске радијације простиру се кроз простор у виду електромагнетских таласа брзином светлости (300.000 km/sec). Кад је светлост у питању за описивање таласног кретања користи се таласна дужина (λ). Јединице таласне дужине су јединице дужине, а најчешће се користи нанометар ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$).

Природа електромагнетних зрачења зависи од таласне дужине, односно учестаности. За телевизију, односно за стварање слике је од интереса само опсег учестаности који је видљив за око. Зове се видљив спектар и обухвата зрачења чије су таласне дужине од 380nm до 780nm, или учестаности од 385 – 790THz. У пракси се узима опсег од 400-700nm, јер је осетљивост ока на радијације изван овог опсега мања од 1% своје максималне осетљивости, слика 1. Око не може да види боје изван видљивог дела спектра, па се инфрацрвена и ултраљубичаста светлост виде као мрак.

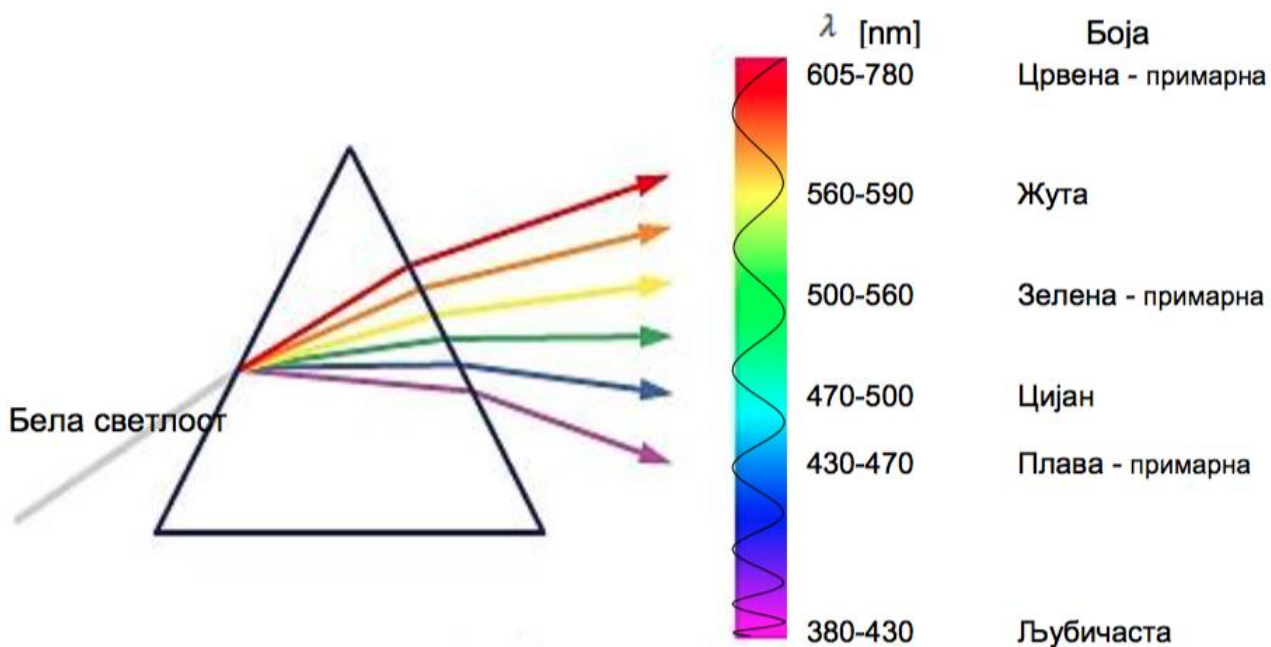
Зрачење које обухвата скоро све таласне дужине у видљивом делу спектра представља *белу светлост*.

Ако се бела светлост, која је мешавина свих компоненти зрачења чије су таласне дужине од 380nm до 780nm, пропусти кроз неко тело од стакла одређеног облика (призма, спектроскоп, дифракциона решетка) доћи ће до преламања (разлагања) светлости по таласним дужинама, слика 2. Скретања при преламању нису иста за све таласне дужине, највише скрећу светлосни зраци нижих таласних дужина - плава боја, а најмање веће таласне дужине - црвена боја.

* Поред таласне (Максвелове) теорије о природи светлости, постоји и важи тзв. корпускуларна (Њутнова) теорија о природи светлости. Поменуте теорије заједно представљају дуалистичку теорију о природи светлости, због двојаког понашања (природе) светлости: светлости као честице и светлости као електромагнетског таласа.



Слика 1. Осетљивост ока



Слика 2. Преламања светлости по таласним дужинама

2.1. Директно и рефлектовано светло

Слика у телевизијској камери ствара се на основу рефлектованог светла од објекта на сцени. Рефлектовано светло од објекта представља разлику светла извора којим је осветљен објекат и апсорпције самог објекта. Сви предмети, осим неутралних и огледала, апсорбују део енергије зрачења из видљивог дела зрачења светлосног извора а део рефлектују. На камеру долази само светло које је рефлектовано од објекта. Прилично је велика разлика између стварног осветљаја површине на сцени и ефективног осветљаја на камери. На генерисање електричног сигнала камере утиче

само онај део укупног светла који падне на камеру, а много је фактора који на интензитет тог дела светла утичу. Најважнији су:

а) **Рефлексивност површине** - За површине које имају велику рефлексивност (какав је снег) потребан је врло мали интензитет осветљаја, док је за осветљавање црног сомота потребно светло врло великог интензитета. Коефицијенти рефлексивности неких површина дати су у табели 1. Пошто снег има велику рефлексивност (93 - 97%) видљивост детаља је могућа и са малим интензитетима светла. За осветљавање црног сомота треба употребити светло врло великог интензитета.

Рефлексивност [%]	Врста материјала
100	Идеално огледало
97-93	Магнезијум карбонат, снег
92-87	Полирано сребро
90	Бели гипс
85	Алуминијумска фолија
80-60	Бели порцелан, бели папир
40-30	Светла људска кожа
30-15	Зелено лишће
20	Осунчана људска кожа
10-5	Црни папир
1	Црна тканина
0,3 -1	Црни плиш

Табела 1.

б) **Начин обраде површине** - Добро је познато да храпаве и неуглачане површине изгледају равномерно осветљене без обзира из ког се угла посматрају, а да углачане и сјајне површине имају осветљај који зависи од положаја посматрача. Тако су металне и полиране површине, зависно од угла гледања, у једном моменту изузетно осветљене, а у другом потпуно неосветљене (тамне). Осим тога, овакве површине стварају велике техничке проблеме (реп комете, прегоривање слике, размазивање) па их треба избегавати.

Врло често се за позадину (зидове) користи декорација направљена од металне фолије. За око је оваква позадина врло богата и атрактивна али је за камеру врло сиромашна а утисак о слици је често непријатан. Променом угла камере у односу на ову површину светлוצаве шаре се час појављују па онда нестају, што је понекад не само непријатно већ уноси и многе техничке проблеме, јер деградира квалитет слике.

в) Угао површине у односу на осу камере (оптике) - Површина која је нормална на камеру имаће максималан осветљај уколико светло долази у правцу камере. Међутим, уколико је светло (или површина) под углом, иста количина светла простире се на већој површини па укупан осветљај површине опада по косинусном закону.

г) Растојање светлосног извора и површине - Интензитет светла које пада на неку површину зависи не само од снаге светлосног извора, већ и од растојања између извора и површине која се осветљава. Интензитет светла опада ако се растојање повећава. У ствари интензитет светла је обрнуто пропорционалан квадрату растојања, па ако се растојање сијалице удвостручи интензитет светла падне на $1/4$ првобитне вредности. Ово важи само за тачкасте светлосне изворе.

2.2. Врсте боја и засићење

За описивање и одређивање боје користе се три величине: сјајност, врста боје и њено засићење. Ове три величине потпуно одређују боју.

Сјајност (*luminance*) показује рефлексивност боје. Сјајне боје су: жута, цијан, зелена, а мање сјајне црвена, плава и љубичаста.

Врста боје (*hue*) је величина која одређује да ли је нека боја плава, црвена или зелена и изражава се доминантном таласном дужином.

Засићење (*saturation*) се односи на степен чистоће боје и показује колико је бела боја присутна у датој боји, односно показује у којој мери је дата боја разблажена белом бојом. Спектралне боје имају максимално засићење. Засићење беле боје је нула.

Врста боје и засићење одређују хроминентну, а сјајност (*luminance*) одређује луминентну карактеристику светла. Сјајност, врста боје и засићење су зависне величине. Мењањем једне од њих утиче се на преостале две. Боја површине процењује се на основу спектралне расподеле светла рефлектованог са те површине. Спектар који садржи врло узак опсег таласних дужина даје засићене боје.

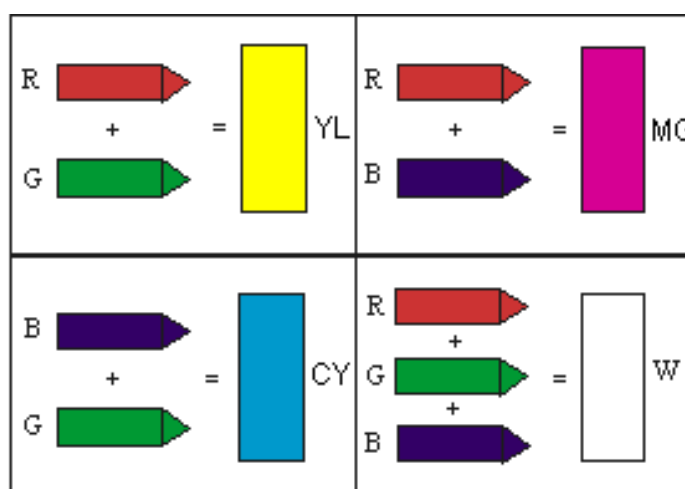
Постоје два основна принципа за мешање боја: адитивно мешање боја, које се користи у телевизији и код кога се различити луминентни флуksеви сабирају, и субтрактивно мешање боја, које се користи у фотографији и колор штампима.

Основне боје у телевизији су црвена, зелена и плава и називају се примарним бојама. Помоћу њих се адитивним поступком могу добити све боје у природи. Три примарне боје R, G, B помешане у одређеном односу дају утисак беле боје, слика 3а. На слици 3б приказане су комплементарне боје које се могу добити мешавином примарних боја.

Примарне боје међусобно су независне, и мешавином било које две примарне боје не може се добити трећа. Мешањем R и G ствара се утисак жуте боје, мешањем G и B ствара се утисак цијан, а R и B утисак љубичасте или пурпурне боје.



а)

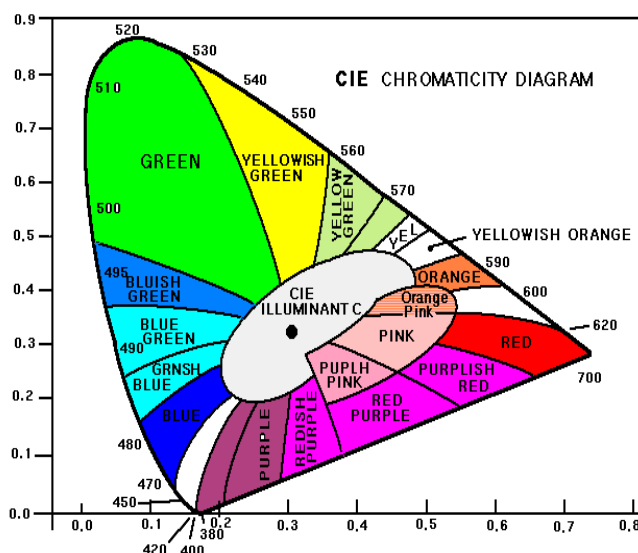


б)

Слика 3. Адитивно мешање боја

2.3. Одређивање врсте и засићења боје помоћу стандардног CIE дијаграма

Стандардни CIE (*Chromaticity Diagram*) дијаграм служи за израчунавање врсте и засићења било које боје из спектра видљиве светлости. Он је у облику потковичасте криве на коју су нанете таласне дужине од 400 до 700nm, слика 4. У центру је тачка белог. Унутар површине, обухваћене потковичастом кривом, налазе се све боје различитог засићења, укључујући и стандардну белу светлост. Координате EBU примара дате су у табели 2.



Слика 4. Стандардни CIE дијаграм

Координате EBU примара дате су у табели 2.

	x	y
R	0,64	0,33
G	0,29	0,6
B	0,15	0,06
Бело D ₆₅	0,313	0,329

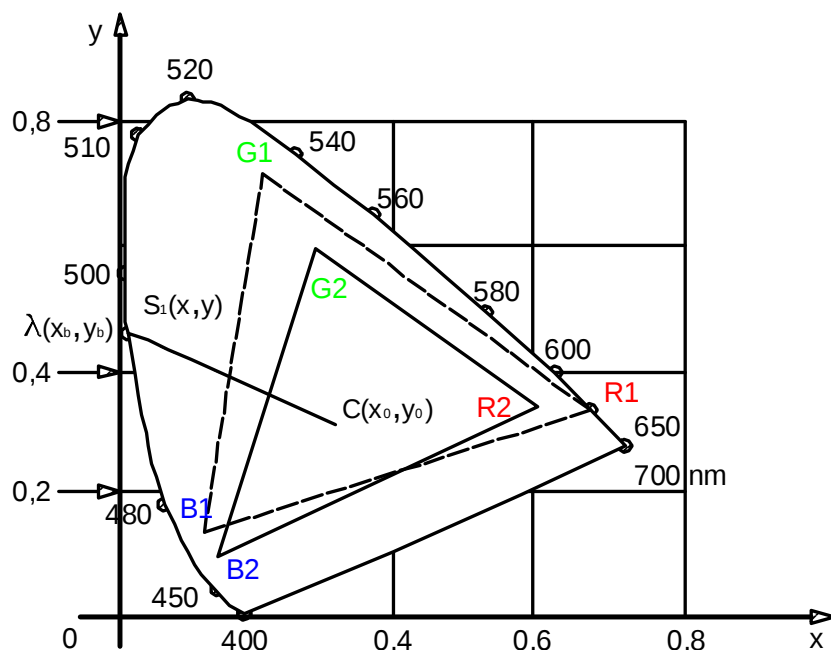
Табела 2. Координате EBU примара

Израчунавање врсте и засићења непознате боје врши се тако што се вредности координата непознате боје x и y унесу у дијаграм боја, тачка $S_1(x, y)$, слика 5. Од тачке $C(x_0, y_0)$ (нормализована бела светлост са координатама x_0, y_0) повуче се линија кроз тачку $S_1(x, y)$ до пресека са потковичастом кривом. Пресек праве и потковичасте криве дефинише координате доминантне таласне дужине $\lambda(x_b, y_b)$ тражене боје $S_1(x, y)$.

Засићење боје $S_1(x, y)$ израчунава се на основу израза:

$$p = \frac{x - x_0}{x_b - x_0} = \frac{y - y_0}{y_b - y_0}$$

где су са x_0, y_0 означене познате координате нормализоване беле светлости $C(x_0, y_0)$. Координате пресека праве која је повучена од тачке $C(x_0, y_0)$ преко тачке непознате боје $S_1(x, y)$ и потковичасте криве означене су са x_b и y_b $\lambda(x_b, y_b)$. Засићење боје зависи од удаљености непознате боје $S_1(x, y)$ од спектралне криве. Уколико је тачка $S_1(x, y)$ ближа спектралној кривој засићење је веће и обрнуто. Засићење беле боје је нула ($p = 0$), а засићење спектралних боја S_λ максимално ($p=1$).



Слика 5. Одређивање врсте и засићења непознате боје

Поље R_1, G_1, B_1 представља FCC примаре (названи по америчким ТВ стандардима).

Поље R_2, G_2, B_2 представља EBU примаре (названи по европским ТВ стандардима). Површина обухваћена троуглом R_2, G_2, B_2 (могући опсег репро-дуковања боја) мања је у односу на површину R_1, G_1, B_1 . Примари су мање засићени па је постигнута већа сјајност. Површина унутар овог троугла обухвата боје које се најчешће срећу у природи. Боје изван овог троугла не могу се остварити у ТВ пријемнику.

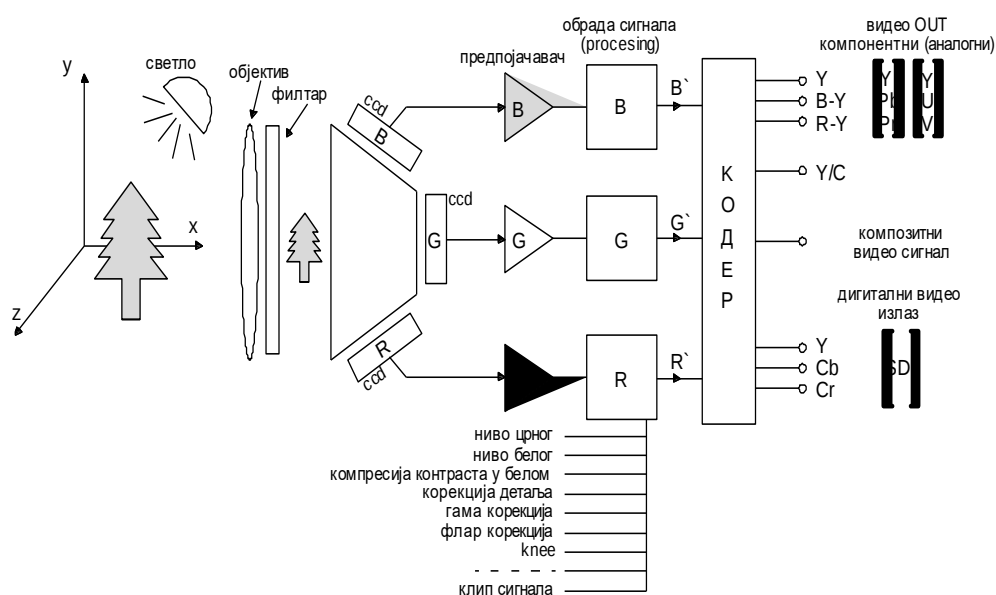
2.4. Претварање светлосних величина у електричне сигнале

Слика на сцени је тродимензионална функција три просторне координате. Рефлектовано светло са сцене преко објектива камере пада на призму. У њој се врши раздвајање светла на три спектрална опсега "R,G,B светло" по таласним дужинама, слика 6. Тако раздвојено светло пада на R,G,B сензоре слике. Они треба рефлектовану светлосну енергију, која долази са сцене, да трансформишу у електрични (видео) сигнал. Процес трансформације рефлектованог светла са сцене у одговарајући видео сигнал састоји се из два основна поступка:

а) **Формирање оптичке слике на сензору камере.** То је поступак где се врши конверзија 3D слике са сцене у 2D слику на сензору камере, при чему је осветљај на сензору пропорционалан садржају слике, односно осветљају сцене. Осветљај сваког елемента сензора слике пропорционалан је осветљају елемената са сцене.

б) **Претварање потенцијалног рељефа у електрични сигнал.** Електрична 2D слика се путем анализе слике (читавање наелектрисања) претвара у једнодимензионални електрични сигнал. То је поступак где се врши читавање електричног стања елемената сензора слике насталог деловањем светлости (стварање видео сигнала). Ниво добијеног видео сигнала сваког пиксела пропорционалан је његовој средњој вредности осветљаја. Анализа слике представља процес формирања електричног

сигнала, који је функција једне променљиве (времена), односно то је електрична слика чији изглед зависи од садржаја рефлектованог светла са сцене.



Слика 6. Формирање видео сигнала

У телевизији се користи анализа са проредом (*interlaced scanning*). Слика (*frame*) се дели на две полуслике (*field*), непарну (*odd field*) и парну полуслику (*even field*). У непарној полуслици анализирају се непарне линије, а у парној полуслици парне линије.

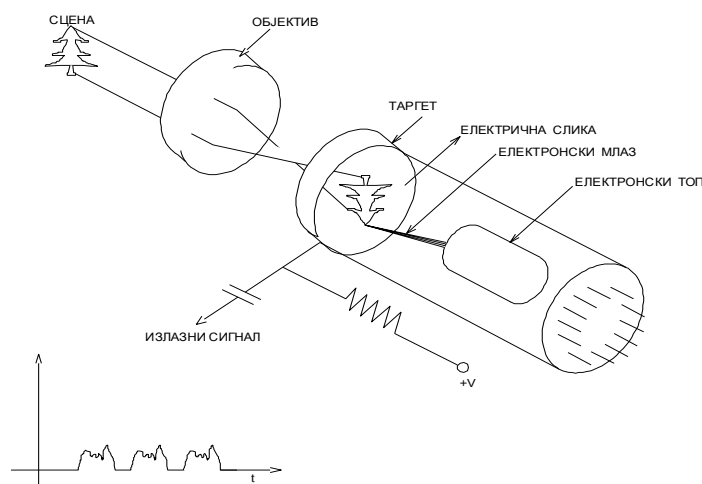
У свакој полуслици исписује се само половина броја линија (625/2 код PAL система, 525/2 код NTSC система). По завршетку анализе обе полуслике циклус анализе се понавља. Обе полуслике чине једну потпуну слику. Број полуслика у једној секунди је 50, а слика 25. Учешћавањем линија добија се растер слике на екрану.

Учестаност полуслике два пута је већа од учестаности слике, што је са стране визуелног система еквивалентно повећању учестаности слике два пута. На тај начин је без повећања фреквенцијског опсега видео сигнала решен ефекат треперења.

За конверзију садржаја слике (светлосне енергије) у електрични сигнал користе се цевни или CCD (*Charged Coupling Device*) сензори.

Цевни сензори су настали почетком двадесетог века и уз разне модификације задржали су се све до пре пар година. Претварање светлосне енергије у електричне информације врши се променом електричне проводности материјала под утицајем светлости. Слика се помоћу оптичког система пројектује на спољну површину цеви за анализу слике (сензорска плочица или *TARGET*). Сензорска плочица садржи мозаик фотоосетљивих елемената на које делује светлост пројектоване слике. Мозаик фотоосетљивих елемената представља елемент слике и назива се пиксел. Под утицајем светлости мења се проводност фотоосетљивих елемената сензора. Помоћу система за анализу слике, кога код цевних сензора чине анализаторски топ и отклонски систем, врши се читавање промена електричног стања пиксела и преводи се у електрични сигнал. Структура слике цевних сензора је линијска.

Цевни сензори слике данас се врло мало користе јер су их, због својих предности заменили *CCD* сензори. Најпознатији су: ортикон, видикон, плумбикон, ледикон, сатикон, њувикон и др. Конструктивно сви цевни сензори су слични, једино се разликују по саставу фотопроводног слоја и димензијама. Састоје се од сензорске плочице, мрежасте електроде, убрзавајуће аноде и електронског топа. На слици 7 приказан је изглед цевног сензора за анализу слике.



Слика 7. Изглед цеви за анализу слике

Основни елемент *CCD* сензора је фотоосетљиви *MOS* (*Metal Oxide Semiconductor*) кондензатор. Фотоосетљиви *MOS* кондензатор је сензор за сваки појединачни елемент слике - пиксел који може да детектује и конвертује светлост у електрични сигнал. У једној линији, зависно од квалитета, налази се од 256 до 1920 фотоосетљивих *MOS* кондензатора, а број линија зависи од ТВ система. Код УХДТВ број пиксела је много већи, за 4K је 3840 а за 8K је 7680 пиксела.

Код *CCD* сензора слика се пројектује на фотоосетљиви блок *CCD* сензора и он представља мозаик фотоосетљивих *MOS* кондензатора, чије се наелектрисање мења у функцији промене осветљаја. Очитавање електричног наелектрисања *MOS* кондензатора врши се помоћу одговарајућих регистара, који су адекватним електричним везама повезани са електронским колима за очитавање наелектрисања *MOS* кондензатора (пиксела). На тај начин врши се прво трансформација светлости у наелектрисање *MOS* кондензатора, а онда очитавањем тог наелектрисања добија се видео сигнал. Структура слике *CCD* сензора је дискретна. На слици 8 приказан је изглед *CCD* сензора.



Слика 8. Изглед *CCD* сензора

Данашње телевизијске камере углавном користе полупроводничке *CCD* сензоре. Навешћемо неке предности *CCD* сензора у односу на цевне сензоре.

- мање димензије и тежина уређаја;
- боља компактност и поузданост. Оперативна подешавања су лака и једноставна;
- нису осетљиви на спољна електромагнетна зрачења, вибрације и ударе;
- нижи напони напајања па је потрошња много мања;
- боља спектрална осетљивост и низак шум;
- слика која се добија мање је осетљива на дисторзију са много бољом резолуцијом па је јаснија;
- цена коштања и одржавања је много мања, трају много дуже (произвођачи тврде да трају неограничено);
- дају могућност избора стандарда анализирања 4:3 или 16:9.

Полупроводнички *CCD* сензори на данашњем степену развоја имају и одређене мане, али су оне занемарљиве у односу на њихове добре особине. Мане полупроводничких *CCD* сензора су:

- *Smearing* - појава вертикалних светлосних линија услед врло светлих места у кадру,
- *Blooming* - цветање, губитак оштрих ивица и појаве ореола око врло светлих места у кадру,
- *Moare* - избијање, појава треперења ситних детаља у слици услед дискретне структуре сензора, а јавља се као последица одмеравања по хоризонталној димензији.

Светло које је рефлектовано са сцене пројектује слику на објектив камере, а онда се помоћу призме врши разлагање тог светла по таласним дужинама на "R,G,B" светло. Помоћу *CCD* или цевних сензора врши се претварање светлосних у електричне величине (видео сигнал), тако да се добијају три електрична сигнала E_R , E_G , E_B , по један за сваку примарну боју, црвену, зелену и плаву. После обраде видео сигнала (*processing* - а) они се доводе у кодер, слика 6, односно у матрични склоп у коме се од сигнала E_R , E_G , E_B , добија луминентни сигнал E_y , композитни видео сигнал C_{vbs} , хроминентни сигнал E_c , сигнали разлике $E_R - E_y$, $E_B - E_y$ и дигитални SDI сигнал. Луминентни сигнал носи информације о сјајности појединих елемената у слици, и компатибилан је са сигналом у црно-белој ТВ, а израчунава се на основу израза:

$$E_y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B.$$

3. Контролна питања

а) Објаснити процес трансформације рефлектованог светла са сцене у одговарајући видео сигнал.

б) Како растојање светлосног извора од објекта на сцени утиче на ниво видео сигнала?

в) Како се израчунава луминентни сигнал E_y ?

г) Каква се структура видео сигнала добија код цевних, а каква код CCD сензора?

д) Које су предности CCD сензора у односу на цевне сензоре?

ђ) Које се све боје могу добити помоћу примарних боја?

е) Које се величине користе за описивање и одређивање боје?

ж) Шта одређује доминантна таласна дужина, а шта засићење боје?

з) Које таласне дужине представљају белу светлост?

и) Како се врши одређивање врсте и засићења боје помоћу стандардног *CIE* дијаграма?

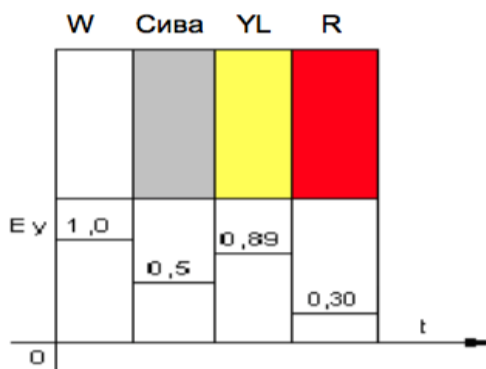
4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Различите тест карте у боји
2. Камера
3. Осцилоскоп (waveform монитор)
4. ТВ монитор

4.2. Упутство за реализацију вежбе

На основу датих једноставних тест карти израчунати и нацртати претпостављени облик видео сигнала (луминентни сигнал). Камером укадрирати дате тест карте и на осцилоскопу посматрати добијени видео сигнал за луминентни сигнал E_y . Упоредити нацртани видео сигнал и видео сигнал добијен са камере на осцилоскопу. Прокоментарисати добијене резултате. На слици 9 дат је реализован пример.



Слика 9. Тест карта

Пример: формирање луминентног сигнала E_y , слика 9, врши се на основу следеће једначине:

$$E_y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B.$$

За боје на тест карти за луминентни сигнал E_y , добија се:

- Бела:** $E_y = 0,30 \times 1 + 0,59 \times 1 + 0,11 \times 1 = 1,00$
Сива: $E_y = 0,30 \times 0,5 + 0,59 \times 0,5 + 0,11 \times 0,5 = 0,50$
Жута: $E_y = 0,30 \times 1 + 0,59 \times 1 + 0,11 \times 0 = 0,89$
Црвена: $E_y = 0,30 \times 1 + 0,59 \times 0 + 0,11 \times 0 = 0,30$

Сигнали разлике $E_R - E_y$, $E_B - E_y$ и $E_G - E_y$, израчунавају се на основу израза:

- $E_R - E_y = 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B$
- $E_B - E_y = -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B$
- $E_G - E_y = -0,51(E_R - E_y) - 0,19(E_B - E_y)$
- За црвену боју се добија:

$$E_R - E_y = 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B = 0,70 \times 1 - 0,59 \times 0 - 0,11 \times 0 = 0,70$$

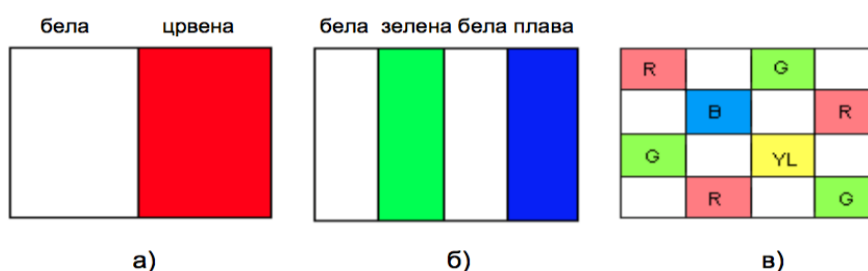
$$E_B - E_y = -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B = -0,30 \times 1 - 0,59 \times 0 + 0,89 \times 0 = -0,30$$

$$E_G - E_y = -0,51(E_R - E_y) - 0,19(E_B - E_y) = -0,51(0,70) - 0,19(-0,30) = -0,30$$

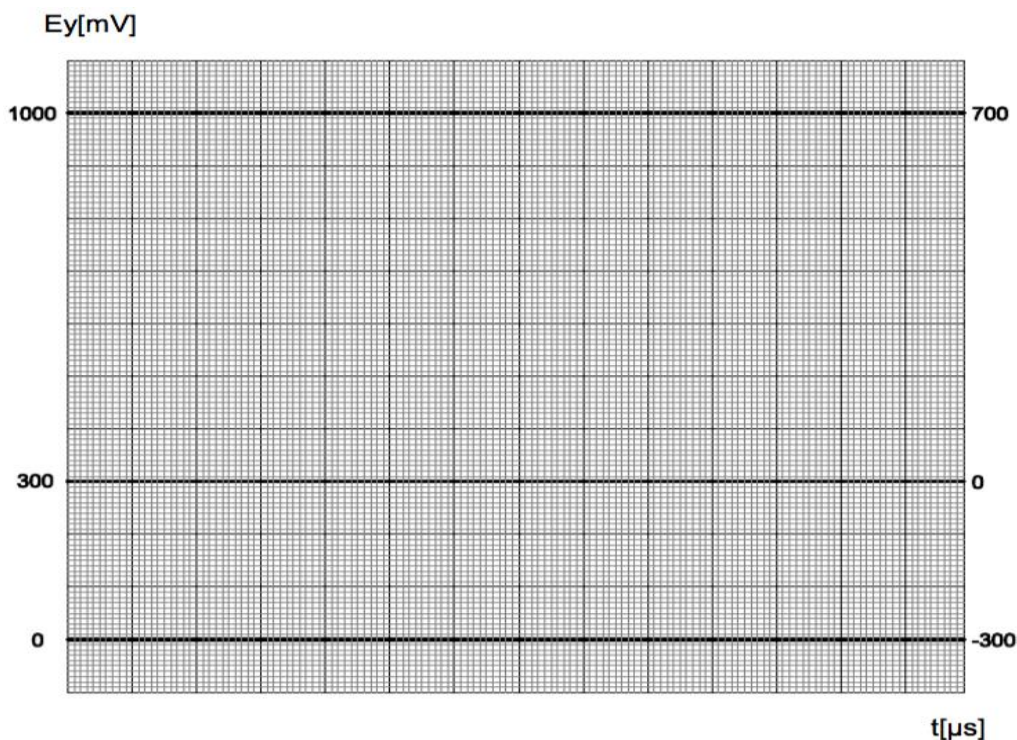
Редуковани сигнали разлике израчунавају се као: $E_u = 0,493(E_B - E_y)$, $E_v = 0,877(E_R - E_y)$. Дужина вектора $|E_c| = \sqrt{E_u^2 + E_v^2}$, а положај вектора: $\varphi = \arctg E_v/E_u$.

4.3. Задаци

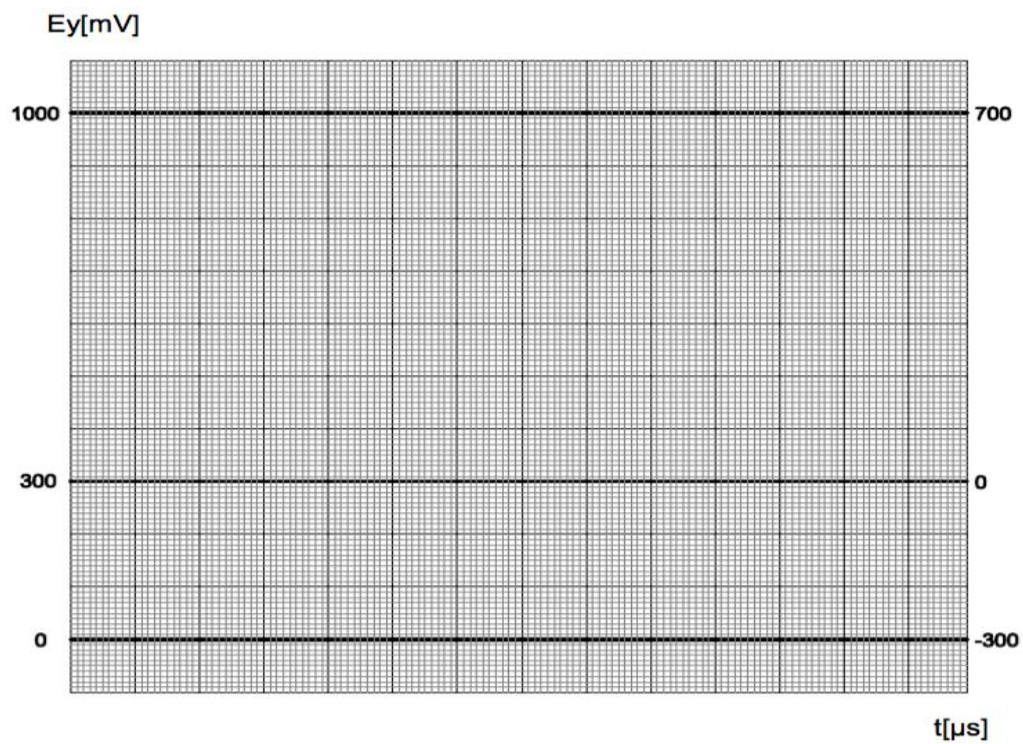
I. За дате тест карте израчунати и нацртати луминентни сигнал E_y . Добијене вредности нормализовати на 1Vpp. Хоризонтална оса представља време [μs]. Сваки подеок представља 10 [μs]. Вертикална оса представља ниво видео сигнала [mV]. Сваки подеок представља 100 [mV]. За исте тест карте упоредити видео сигнал добијен камером са нацртаним дијаграмима.



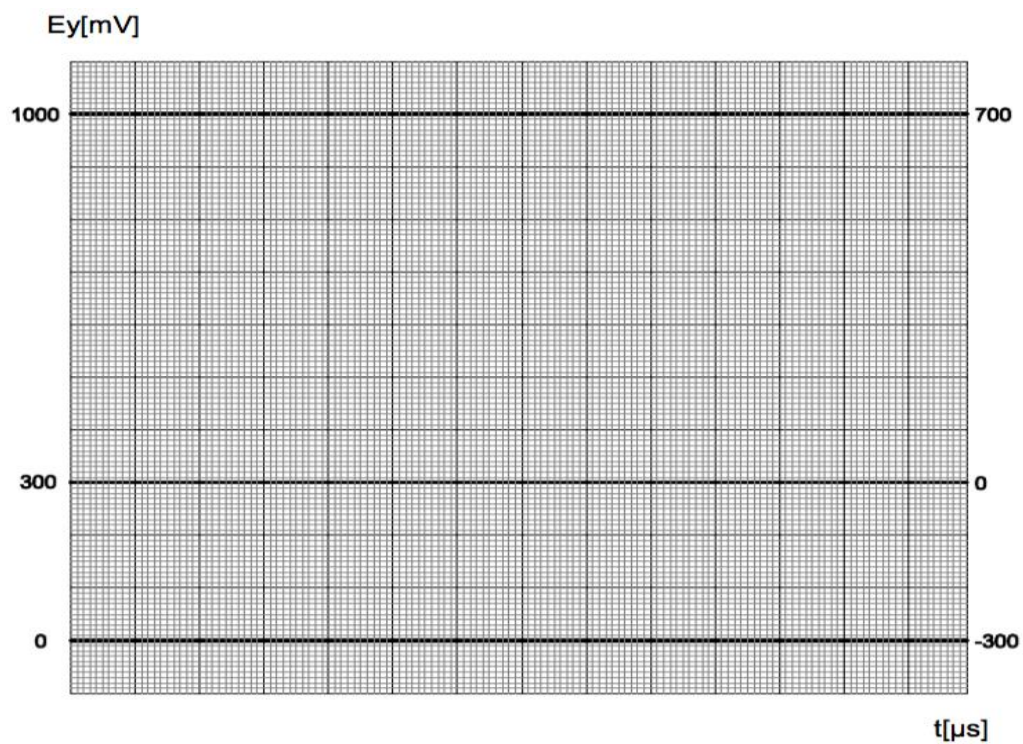
а) Луминентни видео сигнал за тест карту под а)



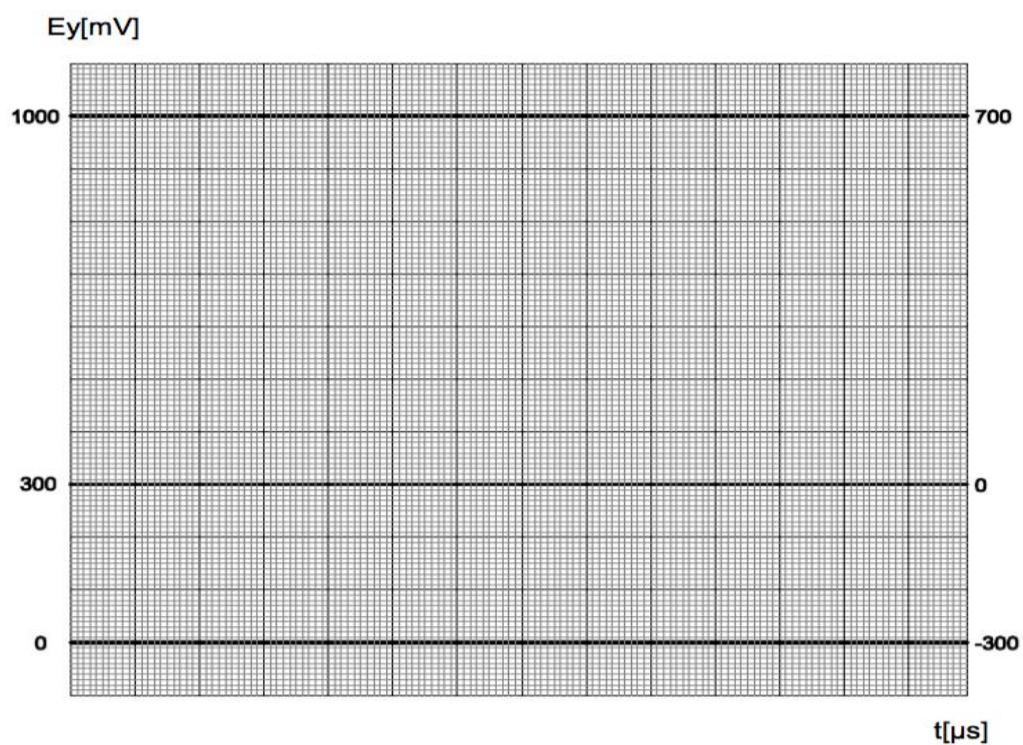
б) Луминентни видео сигнал за тест карту под б)



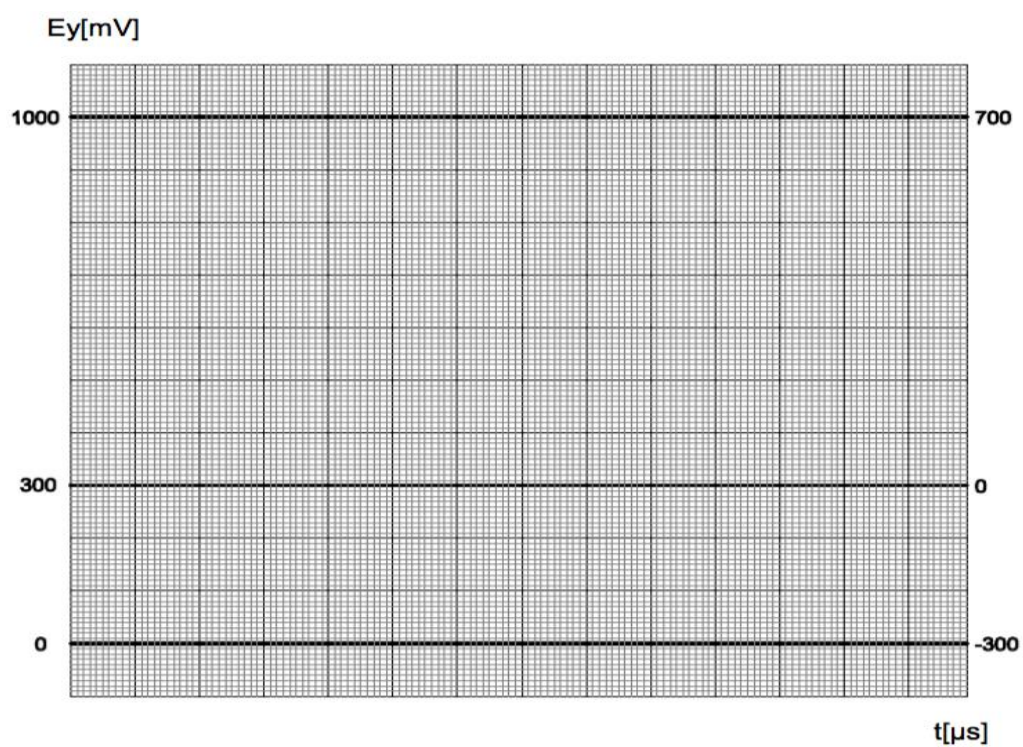
в) Луминентни видео сигнал за за тест карту под в), за десету линију



г) Луминентни видео сигнал за тест карту под в), за двеста девету линију



д) Луминентни видео сигнал за тест карту под в), за све линије



II. Израчунати сигнале разлике $E_R - E_y$, $E_B - E_y$ и $E_G - E_y$, за плаву и жуту боју.

$$E_R - E_y =$$

Плава: $E_B - E_y =$

$$E_G - E_y =$$

$$E_R - E_y =$$

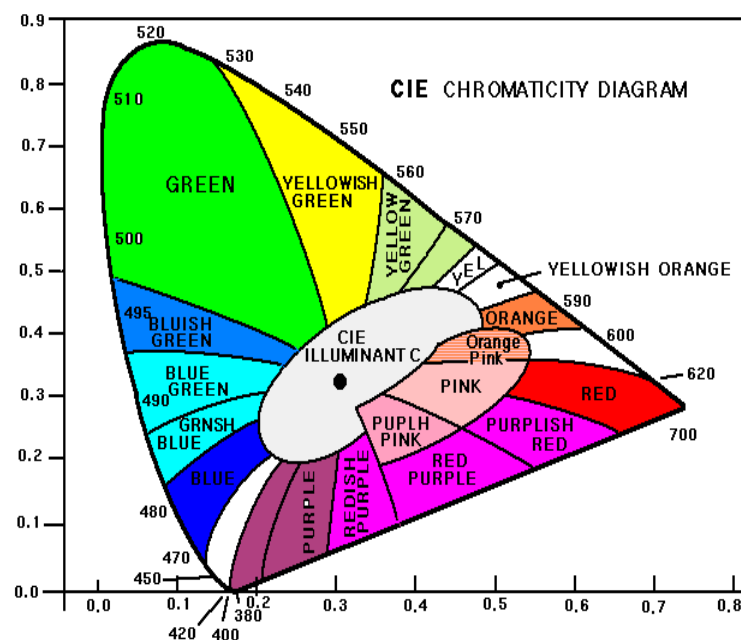
Жута: $E_B - E_y =$

$$E_G - E_y =$$

III. Израчунати редуковане сигнале E_u и E_v , дужину вектора $|E_c|$ и угао φ за плаву и жуту боју.

- $E_u =$
- $E_v =$
- $|E_c| =$
- $\varphi =$

IV. Помоћу CIE дијаграма боје одредити доминантну таласну дужину и засићење непознате боје која у дијаграму боја има координате S (0,35; 0,55). У CIE дијаграму нацртати добијено решење.



Вежба 6:

Аналогни видео сигнали

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) луминентним сигналом,
- б) сигналама разлике $E_R - E_Y$, $E_G - E_Y$ и $E_B - E_Y$,
- в) компонентним Y , P_b , P_r сигналама,
- г) компонентним R , G , B сигналама,
- д) хроминентним сигналом,
- ђ) S (Y/C) видео сигналом.

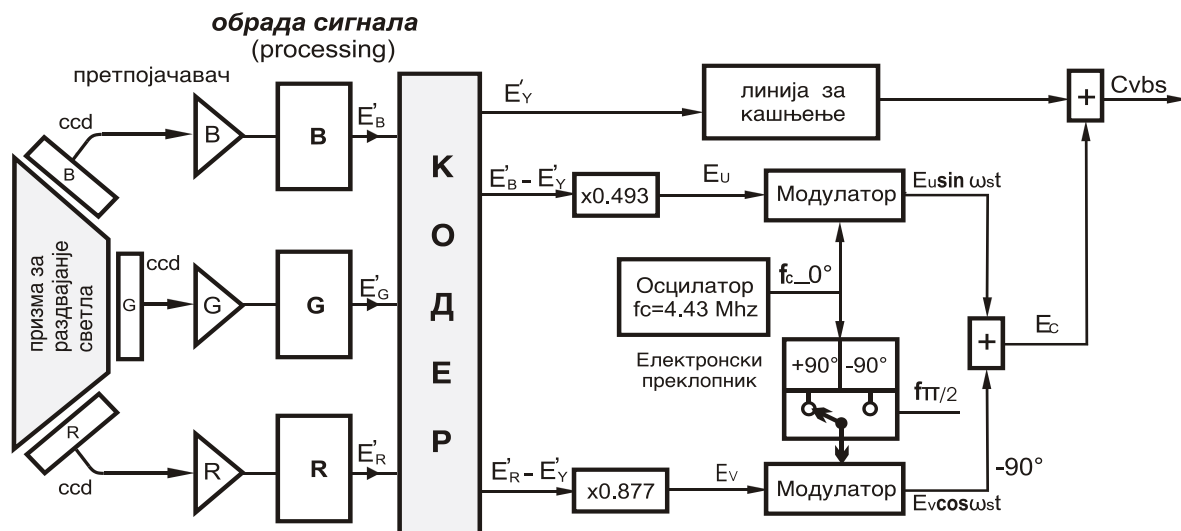
2. Теоријске основе и потребно предзнање

У аналогој радио - дифузној техници користе се ТВ системи познати под називом **NTSC** (*National Television Systems Committee*), **PAL** (*Phase Alternation Line*) и **SECAM** (*Sequentiel Couleur avec Memoire*). Без обзира на то који се систем користи видео сигнал на основу којег се врши синтеза слике у пријемнику мора да носи информације о сјајности (осветљају), врсти боје (доминантној таласној дужини) и засићењу (чистоћи боје) појединих елемената слике. Број линија у PAL систему је 625. Трајање линије је $64\mu s$, од тога $12\mu s$ отпада на хоризонтални повратни интервал, а $52\mu s$ на активни део линије. На вертикални повратни интервал отпада 25 линија, од тога 7,5 линија користе се за вертикалну синхронизацију (предњи импулси за изједначавање + вертикални синхронизациони импулси + задњи импулси за изједначавање) а остале линије се користе за пренос телетекст сигнала, мерних националних и интернационалних сигнала, тачног времена и других информација. Импулси за изједначавање називају се и еквилајзинг импулси. Постоји више варијанти PAL, SECAM и NTSC система. У окружењу, и код нас, користи се PAL B/G систем.

Трајање линије у PAL систему износи $64\mu s$, од тога $52\mu s$ отпада на активно, а $12\mu s$ на пасивно време. У оквиру $12\mu s$ смештени су хоризонтални синхрони-зациони сигнали и носилац боје - *burst*. Вертикални пасивни интервал износи 25 линија и у једном његовом делу смештени су вертикални синхронизациони сигнали и импулси за изједначавање (еквилајзинг импулси). Учестаност хоризонталних синхронизационих импулса је 15625Hz , а вертикалних 50Hz .

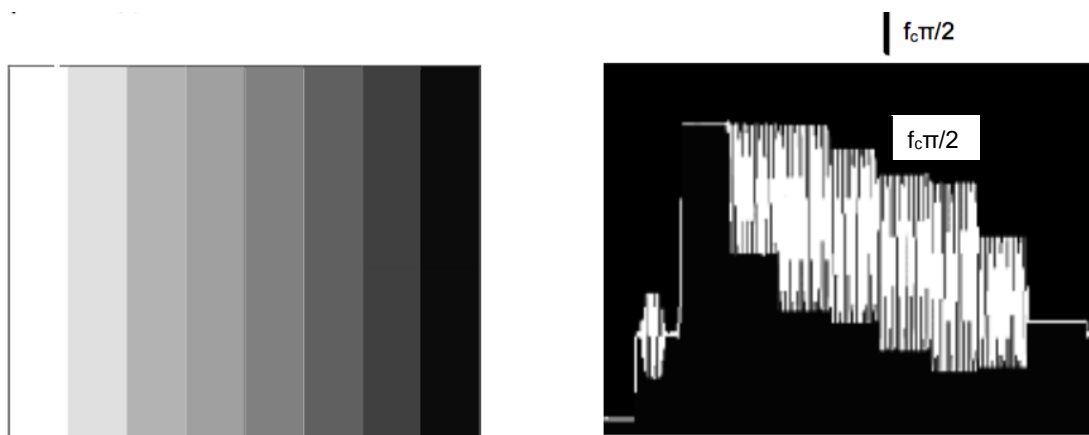
У камерама CCD, или цевни сензори слике, врше претварање светлосних у електричне величине (видео сигнал). После обраде видео сигнала (*procesinga*) добијају се три сигнала E_R , E_G , E_B , по један за сваку примарну боју, црвену, зелену и плаву. Они се доводе у кодер, односно у матрични склоп, у коме се од сигнала E_R , E_G , E_B ствара луминентни сигнал E_Y фреквенцијског опсега 5MHz , који носи информацију о сјајности слике и два сигнала разлике $E_R - E_Y$, $E_B - E_Y$, који настају одузимањем сигнала E_Y од сигнала E_R и E_B . Њихов фреквенцијски опсег је редукован на $1,5\text{MHz}$. Сигнали разлике носе информацију о врсти и засићењу боје.

Зависно од сложености ТВ уређаја на излазу из кодера може да се добије: композитни (сложени) видео сигнал, компонентни видео сигнали, S (Y/C) видео сигнал и дигитални видео сигнали. Формирање композитног видео сигнала у PAL кодеру приказано је на слици 1.



Слика 1. Формирање композитног видео сигнала у PAL кодеру

Изглед аналогног видео сигнала за белу, црну, три примарне R, G, B и три комплементарне боје, жуту (YL), цијан (CY) и љубичасту (MG) приказан је на слици 2. Видео сигнал са оваквим распоредом боја у ТВ назива се колор бар сигнал. Боје су тако распоређене да њихове сјајности опадају посматрано слева надесно. У колор телевизији целокупан ТВ ланац подешава се помоћу овог сигнала. У даљем тексту на примеру колор бар сигнала објасниће се добијање свих врста видео сигнала.



Слика 2. Колор бар сигнал

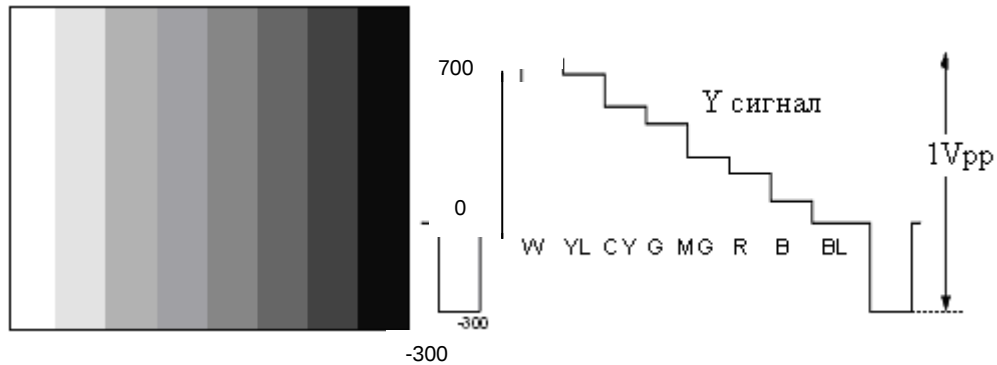
2.1. Луминентни (монохроматски) сигнал

Луминентни сигнал носи информације о сјајности (осветљају) појединих елемената у слици и компатибилан је са сигналом у црно-белој телевизији. Он углавном даје слици оштрину и заузима фреквенцијски опсег од 10Hz до 5MHz. Овај фреквенцијски опсег омогућава да се ситни детаљи у некој слици репродукују са довољном оштрином. Луминентни сигнал може се представити изразом

$$E_y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B.$$

Пропорционалан је сјајности елемената слике и добија се као збир од 30% сигнала E_R , 59% сигнала E_G и 11% сигнала E_B .

На слици 3 приказан је изглед луминентног сигнала за белу, црну, примарне и комплементарне боје.



Слика 3. Луминентни сигнал

2.2. Сигнали разлике

Због једноставности и бољег разумевања принцип формирања сигнала разлике E_R , E_G , E_B објаснићемо на аналогним сигналимa. Сигнали E_R , E_G , E_B нису погодни за пренос кроз радио-дифузни ТВ систем, због превеликог фреквенцијског опсега. Када би се сва три сигнала преносила посебно са истом ширином фреквенцијског опсега по једном телекомуникационом каналу била би потребна ширина канала од $3 \times 5 = 15\text{MHz}$. Због тога се ови сигнали трансформишу у сигнале разлике. Они носе информацију о врсти и засићењу боје. Могу се формирати три сигнала разлике боја и то $E_R - E_y$, $E_B - E_y$ и $E_G - E_y$. За формирање и пренос хроминентних сигнала усвојено је да се користе два сигнала разлике боја и то, $E_R - E_y$ и $E_B - E_y$. Сигнал $E_G - E_y$ не користи се за пренос зато што је он по амплитуди мањи од ова два сигнала разлике па је највише изложен шумовима. Како је око најосетљивије у подручју спектра зелене боје то би у том делу било највише осетљиво и на шуме. Код преноса хроминентних сигнала искоришћена је особина ока да слабије види боју ситних детаља, па је то омогућило да се фреквенцијски спектар хроминентних сигнала ограничи на 1,3MHz, односно код квалитетнијих високопрофесионалних уређаја на 1,5MHz. Тако је резолуција сигнала боје редукована на једну четвртину луминентне резолуције. При преносу црно-беле слике оба сигнала разлике боје једнака су нули тако да се преноси само сигнал E_y .

Луминентни сигнал може се описати једначином

$$E_y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B,$$

а сигнали разлике $E_R - E_y$ и $E_B - E_y$ добијају се одузимањем сигнала E_y од сигнала E_R и E_B . Ако се левој и десној страни ове једначине дода $0,70E_R$ и $0,89E_B$, респективно, а онда она среди, добијају се једначине за два сигнала разлике:

$$E_R - E_y = 0,70E_R - 0,59E_G - 0,11E_B,$$

$$E_B - E_Y = -0,30E_R - 0,59E_G + 0,89E_B.$$

Из ових једначина види се да је довољно преносити само два сигнала разлике, јер су у њима заступљене информације за све три примарне боје. Трећи сигнал разлике $E_G - E_Y$ формира се у самом ТВ пријемнику у матричном склопу (PAL декодер) из постојећа два сигнала разлике.

Добијање сигнала $E_G - E_Y$ врши се помоћу следећих једначина:

$$E_Y = 0,30E_R + 0,59E_G + 0,11E_B,$$

$$E_Y = 0,30 E_Y + 0,59 E_Y + 0,11 E_Y,$$

када се ове две једначине међусобно одузму добија се

$$E_G - E_Y = -0,51 (E_R - E_Y) - 0,19 (E_B - E_Y).$$

У ТВ пријемнику у декодеру врши се добијање сигнала $E_R - E_Y$, $E_B - E_Y$ и $E_G - E_Y$, односно E_R , E_G и E_B .

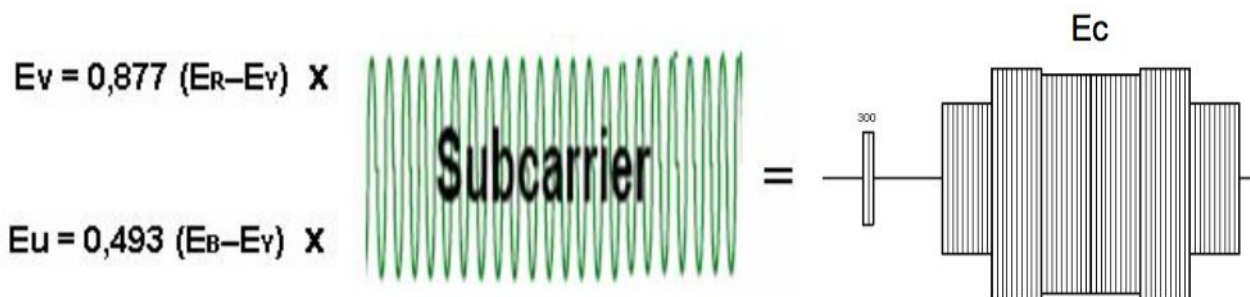
Коефицијенти уз чланове на десној страни једначине $E_G - E_Y$ мањи су од јединице и имају негативне вредности. Вредности мање од јединице значе да се формирање $E_G - E_Y$ сигнала може реализовати помоћу простих разделника напона са отпорницима. Минус испред коефицијената у једначини за $E_G - E_Y$ значи да треба сигнаlima разлике $E_R - E_Y$ и $E_B - E_Y$ обрнути фазу за 180° пре доласка у матрично коло.

2.3. Хроминентни сигнал

Хроминентни сигнал E_c за PAL систем добија се тако што редуковани сигнали разлике E_u и E_v , прво двоструко амплитудно модулишу (квадратурна модулација) исти носећи сигнал (*subcarrier*, подносилац боје 4,43MHz) али фазно помакнут за 90° , а онда се тако модулисани сигнали сабирају.

Хроминентни сигнал E_c може векторски да се представи у кругу боја, где дужина вектора $|E_c|$ одређује засићење боје а положај вектора фазу ϕ , односно врсту боје. Дужина вектора израчунава се на основу израза $|E_c| = \sqrt{E_u^2 + E_v^2}$, а положај вектора $\phi = \arctg E_v/E_u$.

Хроминентни сигнал E_c се добија тако што се прво сигнаlima разлике $E_R - E_Y$ и $E_B - E_Y$ изврши редукција амплитуде на 0,877 за сигнал разлике $E_R - E_Y$ и 0,493 за сигнал разлике $E_B - E_Y$. На тај начин добијају се сигнали E_u (B-Y) и E_v (R-Y), где сигнал E_u представља 0,493 сигнала разлике $E_B - E_Y$, а сигнал E_v представља 0,877 сигнала разлике $E_R - E_Y$. Редуковани сигнали $E_u = 0,493 (E_B - E_Y)$ и $E_v = 0,877 (E_R - E_Y)$ прво двоструко амплитудно модулишу (квадратурна модулација) исти носећи сигнал (*subcarrier*, подносилац боје 4,43MHz) али фазно помакнут за 90° , а онда се тако модулисани сигнали сабирају слика 4. На овај начин врши се двострука или квадратурна АМ, јер су подносиоци у квадратури, тј. између њих је фазни помак од 90° . Поступак добијања хроминентног сигнала приказан је на слици 4.



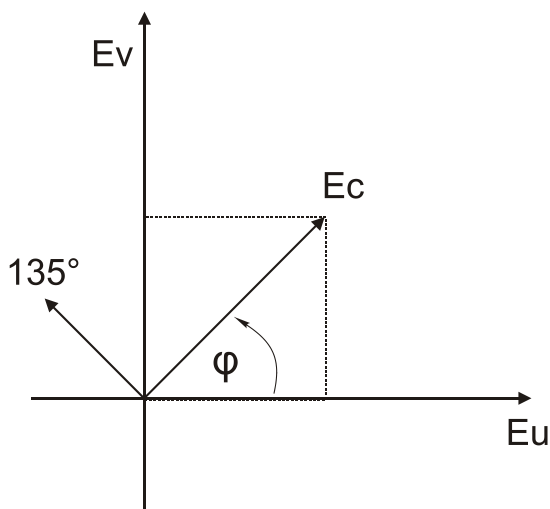
Слика 4. Хроминентни сигнал

После сабирања модулисаних сигнала разлике добија се хроминентни сигнал E_c или C .

$$E_c = E_u \sin \omega_{ct} \pm E_v \cos \omega_{ct} = |E_c| \sin (\omega_{ct} \pm \phi).$$

Из овог израза види се да је хроминентни сигнал модулисан и по амплитуди и по фази. Први члан одређује засићење боје, а други фазу носећег сигнала боје, односно врсту боје. Ова два податка садржана су имплицитно у претходној једначини. У зависности од тога која се боја преноси мењаће се амплитуда и фаза хроминентног сигнала, јер су ови параметри у функцији преношених сигнала разлике.

Хроминентни сигнал E_c може векторски да се представи у кругу боја, где дужина вектора $|E_c|$ одређује засићење боје а положај вектора фазу ϕ , односно врсту боје. Дужина вектора израчунава се на основу израза $|E_c| = \sqrt{E_u^2 + E_v^2}$, а положај вектора $\phi = \arctg E_v / E_u$.



Слика 5. Векторски приказ сигнала боје

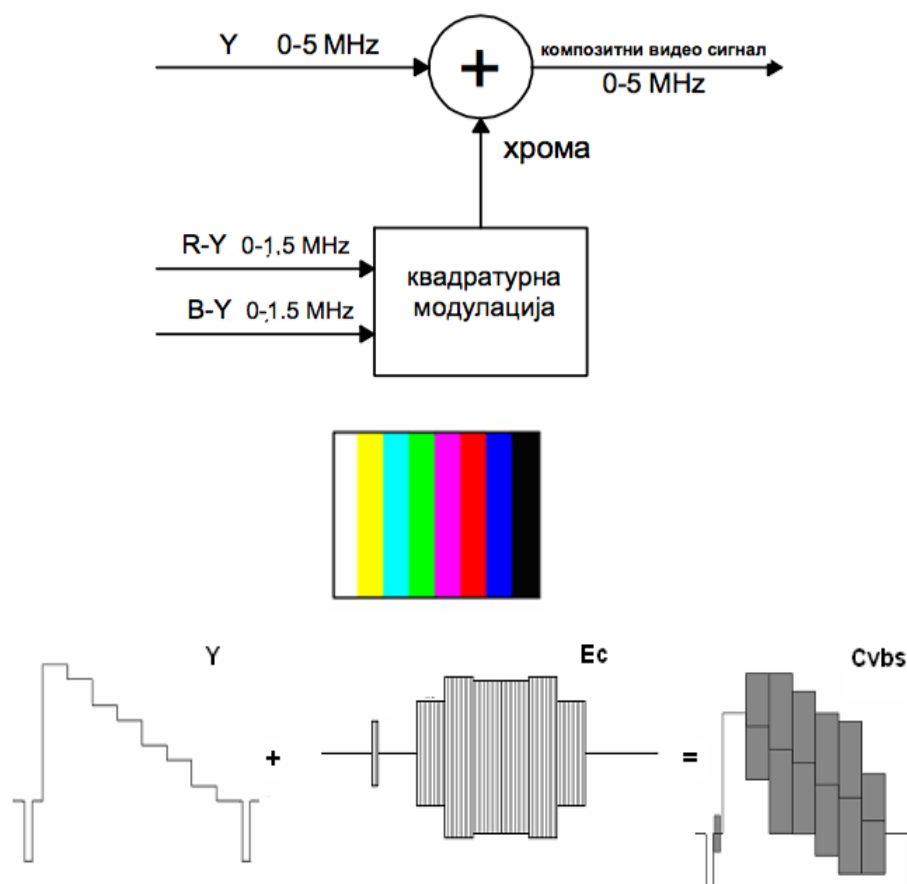
Променом дужине вектора E_c мења се засићење боје, а променом положаја вектора мења се фаза носећег сигнала боје, односно врста боје. Уколико је преношена боја више засићена модул вектора $|E_c|$ биће већи и обрнуто. Положај вектора боје E_c у односу на E_u осу одређује врсту боје. Црвена боја је одређена углом од $103,5^\circ$, зелена $240,5^\circ$, плава 347° . . .

Сигнал који служи као носилац редукованих сигнала разлике боје назива се помоћни носећи сигнал или носећи сигнал боје (subcarrier). Његова учестаност за PAL систем износи 4,43MHz и фазно је померена за $\pm\pi/2$. Са овом учестаношћу обезбеђује се да међусобни утицај луминентног и хроминентног сигнала буде најмањи.

2.4. Композитни видео сигнал

Добијање композитног видео сигнала приказано је на слици 6. Композитни видео сигнал добија се сабирањем луминентног, хроминентног сигнала и сложених синхронизационих сигнала. Обележава се са Cvbs (видео боја-синхро).

Ниво, односно амплитуда композитног видео сигнала износи 1Vpp. Амплитуда видео сигнала која представља садржај слике износи 0,7Vpp. Амплитуда синхронизационих сигнала износи 0,3Vpp, а „burst“ сигнала 0,3Vpp. Ниво белог је на нивоу од 1Vpp, а ниво црног на нивоу од 0,3Vpp. Ниво на који се суперпонирају сложени синхронизациони сигнали са видео сигналом назива се референтни ниво црног и он се налази на 0V.



Слика 6. Добијање композитног видео сигнала

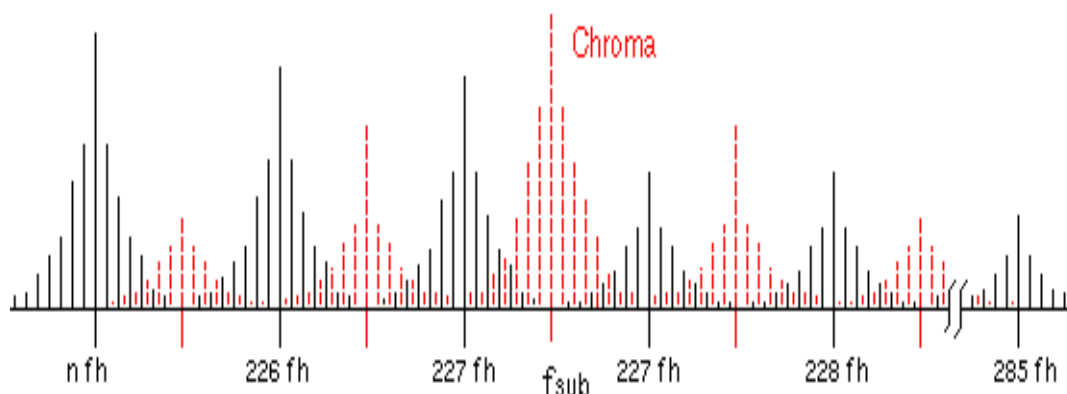
Композитни видео сигнал користи се у аналогној ТВ дифузији за пренос (трансмисију), код уређаја (consumer уређаја) за широку потрошњу за међусобно повезивање уређаја као и за повезивање уређаја код студијске технике мањих ТВ станица. Има економску предност, али не и предност у квалитету у односу на компонентни и S сигнал. Код композитног повезивања користи се само један кабл (коаксијални RG59, 75 Ω), и њиме се води композитни видео сигнал од уређаја до уређаја.

Пошто композитни видео сигнал служи за пренос, да током преноса (због повећаног нивоа композитног видео сигнала) не би дошло до премодулације и појаве нелинеарних изобличења врши се редукција амплитуде сигнала разлике $E_R - E_Y$ и $E_B - E_Y$, тако да се укупна амплитуда композитног видео сигнала смањује за 33%. Да се не би нарушила компатибилност са c/b сигналом не сме се смањивати линеарно луминентни сигнал, а да не би дошло до погоршања односа $S/\bar{S}$ хроминентног сигнала не сме се смањивати линеарно ни хроминентни сигнал. Нађено је решење у редукцији, односно у смањивању сигнала разлике $E_R - E_Y$ за 0,877 почетне амплитуде, и сигнала разлике $E_B - E_Y$ на 0,493 почетне амплитуде. Вредности 0,877 и 0,493 називају се коефицијенти редукције. На пријемној страни због верности репродукције боја добијени хроминентни сигнали множе се реципрочним коефицијентима $1/0,877$ и $1/0,493$. Код PAL система редуковани сигнали разлике означавају се са E_u и E_v или U и V (европски, јапански и амерички произвођачи опреме код формата BetaCam означавају их са P_r и P_b). Ако је над овим сигналимa извршена гама корекција онда се поред ознаке сигнала додаје још и апостроф ('), на пример E_y' .

Редуковани сигнали разлике израчунавају се као:

$$E_u = 0,493(E_B - E_Y) \text{ и } E_v = 0,877(E_R - E_Y).$$

Укрштени спектар луминентног и модулисаног хроминентног сигнала дат је на слици 7. Хроминентне компоненте груписане су око учестаности помоћног носиоца боје f_c , (subkerijera). Са учестаношћу сабкеријера од 4,43MHz обезбеђује се да међусобни утицај луминентног и хроминентног сигнала буде најмањи.

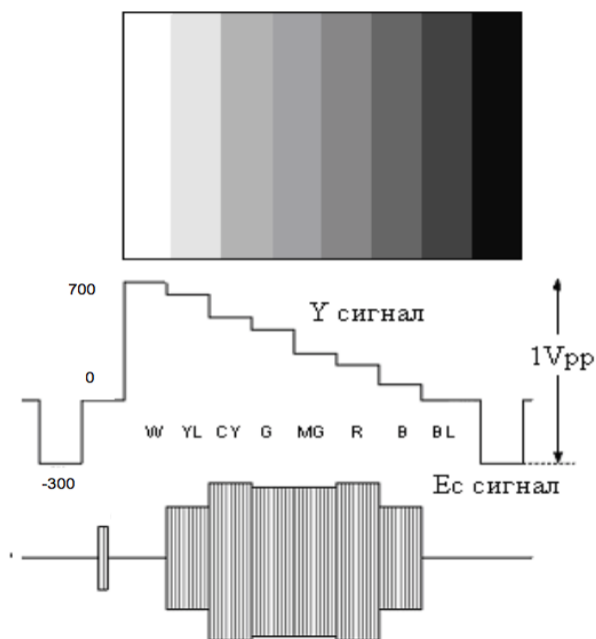


Слика 7. Спектар луминентног и хроминентног сигнала

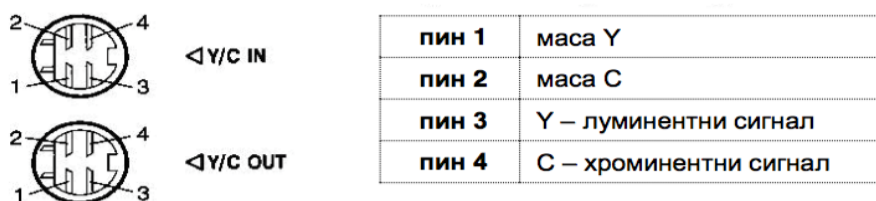
Синхронизациони сигнал боје (burst сигнал) смешта се у задњи степеник хоризонталног синхронизационог сигнала и његова амплитуда износи $0,3V_{pp}$, садржи 9 - 11 синусоида. Са њим се врши синхронизација осцилатора у ТВ пријемнику који на основу њега поново регенерише сигнал помоћног носиоца боје, исти по учестаности и фазном ставу са оригиналним помоћним носиоцем. Овај регенерисани сигнал потребан је да би могла да се изврши детекција хроминентних сигнала. Без burst сигнала, односно синхронизације осцилатора, изгубила би се синхронизација боје. При том репродуковала би се слика код које би се мењале боје по вертикали екрана.

2.5. S - видео сигнал

S – видео сигнал је видео сигнал који се састоји из два сигнала: луминентног E_Y или Y и хроминентног сигнала E_C или C . Уређаји се међусобно спајају једним четворожилним каблом на коме се налази 4-пински мини DIN конектор. По једној жили води се Y сигнал, а по другој сабрани модулисани сигнали разлике (хроминентни сигнал). На тај начин сигнали су међусобно изоловани, па је мањи шум него код композитног видео сигнала. Y сигнал доводи се на пин 3 и његова амплитуда износи 700mVpp. Хроминентни сигнал доводи се на пин 4. На пин 1 и 2 доводе се одвојено масе за Y и E_C сигнал. Код повезивања уређаја S-видео сигнаlima раздвојено се воде сигнали Y и E_C . Изглед Y и E_C сигнала приказан је на слици 8а, а Y/C конектора на слици 8б.



Слика 8а. S - видео сигнал



Слика 8б. Мини DIN конектор

2.6. Компонентни видео сигнали

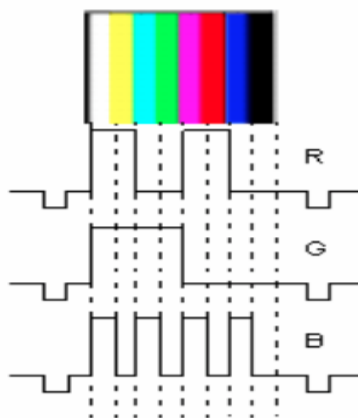
У студију који је опремљен професионалним уређајима за њихово међусобно повезивање користе се компонентни сигнали. Компонентни сигнали су стандардизовани и обележавају се најчешће за PAL систем са: R, G, B или Y, B -Y, R - Y или Y, E_u , E_v . Произвођачи BetaCam опреме обележавају их са P_b и P_r .

Ширина пропусног опсега R, G, B сигнала је по 5MHz, луминентног 5MHz, а компонентних сигнала до 1,5MHz. Добијање компонентних сигнала из камере приказано је на слици 9.



Слика 9. Добијање компонентних сигнала из камере

Компонентни R, G, B сигнали користе се код професионалних телевизијских уређаја, компјутерских монитора, видео миксера и виртуелних студија и они захтевају велику ширину пропусног опсега. Потребан је три пута већи пропусни опсег него за пренос композитног видео сигнала. Ниво видео сигнала је 700mVpp, синхронизационих сигнала 300mVpp. За колор бар R, G, B сигнали изгледају као на слици 10.



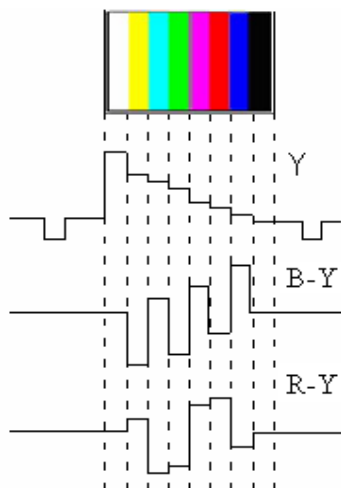
Слика 10. R, G, B сигнали

Компонентни Y, B-Y, R-Y, сигнали користе се за међусобно повезивање професионалних постпродукцијских уређаја у студију када се жели да се добије изворни квалитет слике приликом обраде. Користе се код професионалних уређаја. Ниво луминентног видео сигнала је 700mVpp, B-Y, R-Y сигнала 700mVpp, а ниво синхронизационих импулса је 300mVpp. За колор бар сигнал приказани су на слици 11. Добијају се на основу следећих израза:

$$E_y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B,$$

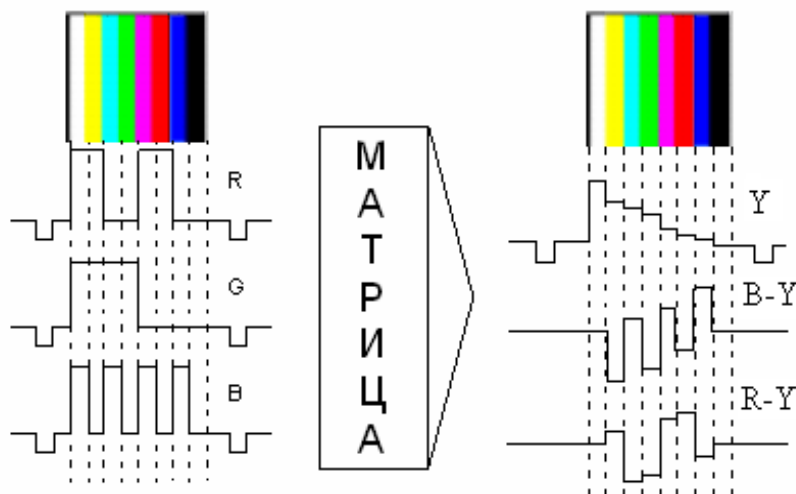
$$B-Y = 0,493 (E_B - E_y), P_b = 0,564 (E_B - E_y),$$

$$R-Y = 0,877 (E_R - E_y), P_r = 0,713 (E_R - E_y).$$



Слика 11. Y, B-Y, R-Y, сигнали

Ови сигнали се коаксијалним кабловима, карактеристичне импедансе 75Ω посебно за сваки сигнал, воде од уређаја до уређаја који имају компонентне излазе/улазе. На слици 12, за колор бар сигнал, показано је добијање Y, B-Y, R-Y сигнала из R, G, B сигнала, на основу претходних једначина.



Слика 12. Компонентни видео – сигнали

Компонентно повезивање уређаја даје најбољи квалитет слике приликом обраде у студију. Луминентни и сигнали разлике као и R, G, B сигнали преносе се различитим кабловима. На тај начин смањени су паразитни ефекти, могуће различите интерференције и штетни међусобни утицаји који могу да се јаве код композитног видео сигнала.

3. Контролна питања

а) Укратко објаснити разлике између композитног и компонентних видео сигнала.

б) Зашто се уводи редукција амплитуде хроминентних сигнала $E_R - E_y$ и $E_B - E_y$?
Колики су коефицијенти редукције?

в) Шта значе коефицијенти $1/0,877$ и $1/0,493$?

г) Нацртати векторски приказ за зелену и црвену боју и прокоментарисати дужину и положај вектора. Од чега зависи дужина вектора боје?

д) Колики је фреквенцијски опсег луминентног сигнала, а колики хроминентних сигнала?

ђ) У телевизијској продукцији са којом врстом сигнала се врши повезивање уређаја да би се добио што бољи квалитет слике?

е) Који се све сигнали инсертују у вертикалном повратном интервалу?

ж) Која је улога импулса за изједначавање (еквилајзинг импулса)?

з) Како се добијају сигнали разлике $E_R - E_y$, $E_G - E_y$ и $E_B - E_y$ из R, G, B сигнала?

и) Која се врста модулације користи за модулацију сигнала разлике?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Генератор колор бар сигнала
2. Blek burst генератор
3. Осцилоскоп (waveform монитор)
4. Векторскоп
5. ТВ монитор

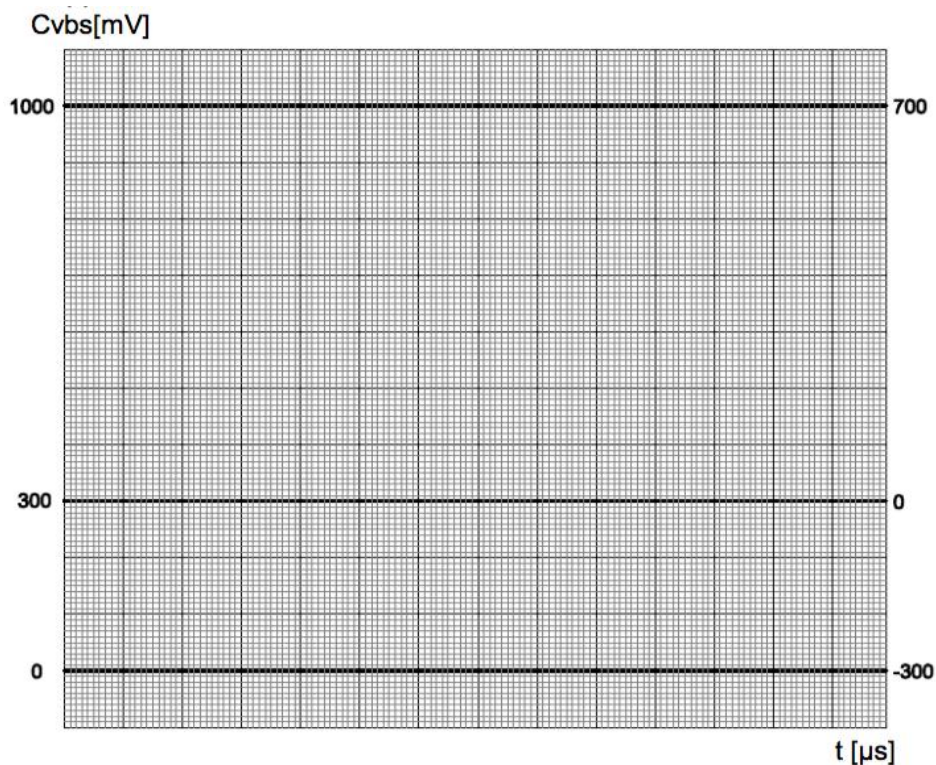
4.2. Задаци

I. Потребно је измерити и нацртати у основном опсегу осцилограме колор бар сигнала за:

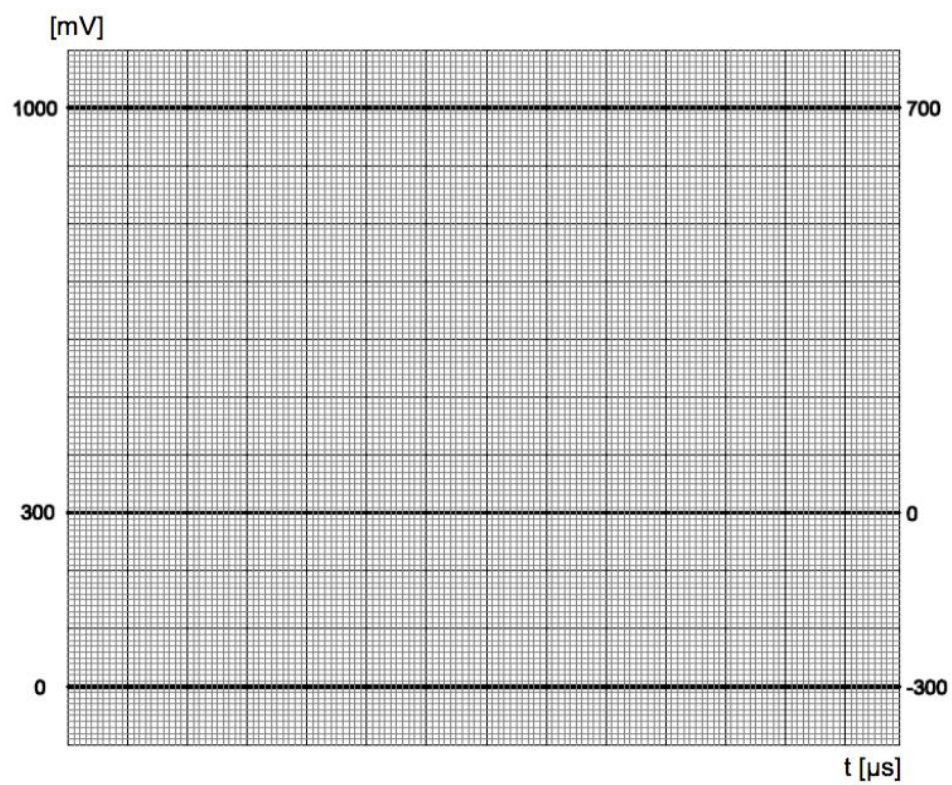
- а) сложени видео сигнал Cvbs (композитни),
- б) блек burst сигнал,
- в) луминентни сигнал Ey,
- г) хроминентни сигнал Es,
- д) положајем вектора примарних и комплементарних боја садржаних у колор бар сигналу.

Хоризонтална оса представља време [μs]. Сваки подеок представља 5 [μs].
Вертикална оса представља ниво видео сигнала [mV]. Сваки подеок представља 100 [mV].

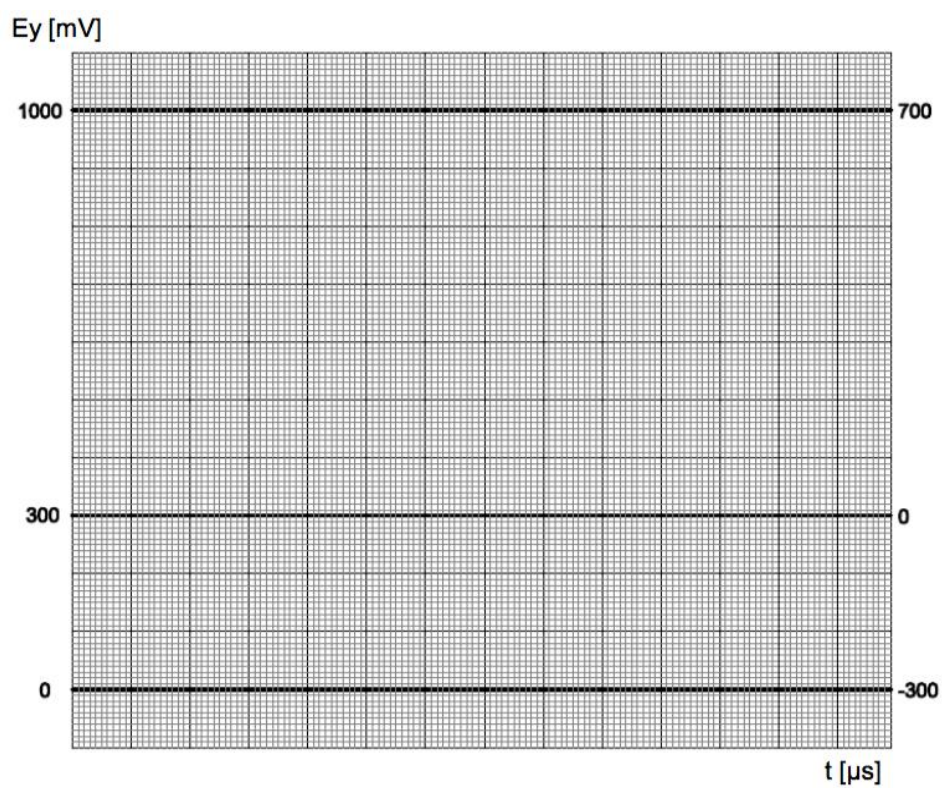
- а) Сложени видео сигнал Cvbs



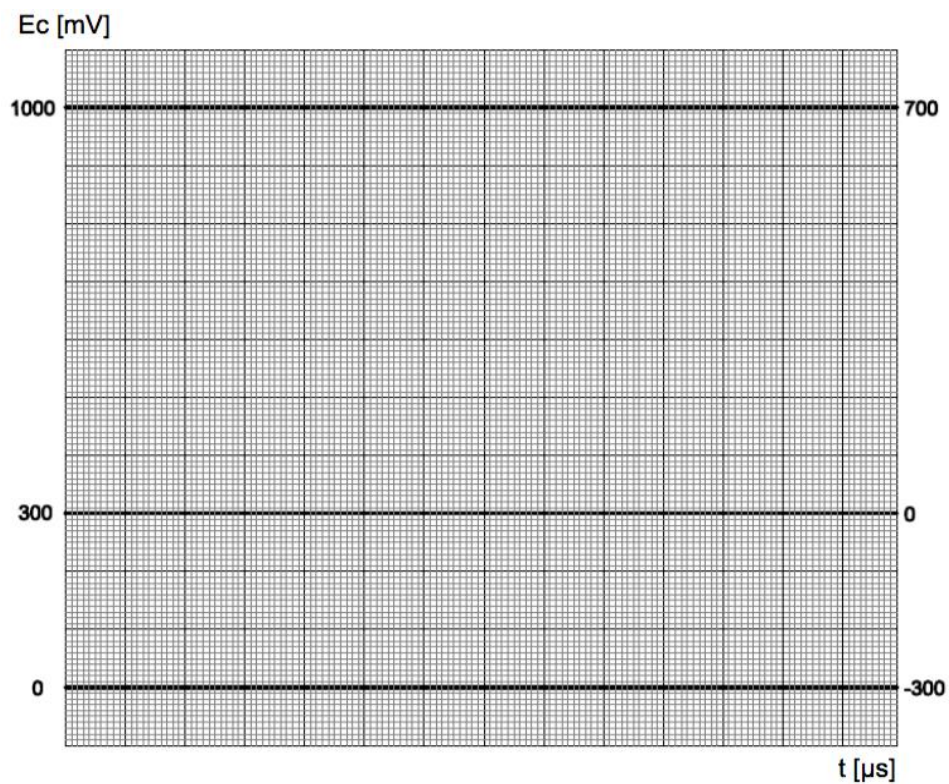
б) Blek burst сигнал



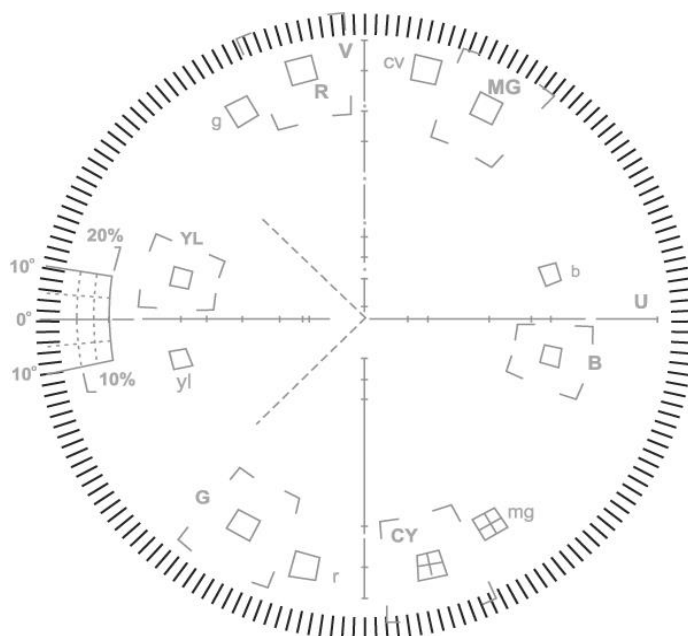
в) Луминентни сигнал E_y



г) Хроминентни сигнал E_c



II. Са векторскопа прецртати положај вектора примарних и комплементарних боја садржаних у колор бар сигналу.



Вежба 7:

Дигитални видео сигнали

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) фазама дигитализације аналогних видео сигнала,
- б) композитним дигиталним видео сигналом,
- в) компонентним дигиталним видео сигнаlima: Y, Cr, Cb и R, G, B,
- г) форматима дигитализације,
- д) стандардима одмеравања: 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0, 2:1:1.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Дигитализација видео сигнала је претварање аналогног видео сигнала у дигитални и то је процес који се састоји из три корака: одмеравање, квантизација и дигитално кодовање.

1. Одмеравање представља дискретизацију аналогног видео сигнала по времену. То је представљање аналогног континуалног сигнала низом дискретних одмерака, који се узимају у тачно одређеним тренуцима времена, слика 1. За видео сигнал одмерци су пиксели. Учестаност одмеравања (узимања узорака) треба да задовољи Nyquistovu, односно Шенон-Котелњикову теорему о одабирању, по којој фреквенција одмеравања мора да буде најмање два пута већа од ширине фреквенцијског опсега сигнала, односно од највише учестаности у спектру видео сигнала, $f_{\text{odab}} \geq 2f_{\text{max}}$. За PAL систем код кога је ширина видео сигнала у основном опсегу 5MHz, потребно је да минимална фреквенција одабирања буде већа од 10MHz.

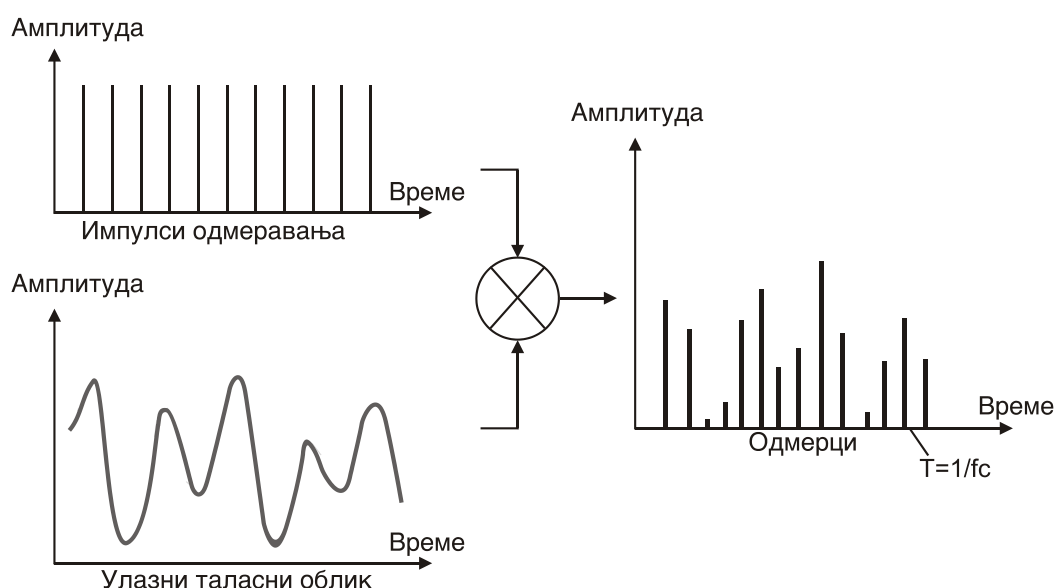
Уколико је учестаност одмеравања мања од ове фреквенције долази до појаве изобличења које се назива **Aliasing**.

Aliasing код аналогног видео сигнала јавља се због интерференције између спектра луминентног и спектра хроминентног сигнала. Ово изобличење се на ТВ пријемнику манифестује као позадинска слика, праве линије постају таласасте а долази и до појаве дугиних боја.

Код дигиталног сигнала ово изобличење се на ТВ пријемнику манифестује као треперење ситних детаља, ивице слике при репродукцији постају на зубљене а долази и до наизменичног повећања и смањења осветљаја у делу слике.

2. Квантизација је други корак у дигитализацији видео сигнала, а то је поступак заокруживања амплитуде добијених одмерака сигнала на најближу дозвољену вредност из укупног опсега квантизацијских вредности одмерака, односно то је поступак одређивања амплитуде појединих одмерака, слика 2. Квантизацијом се смањује укупан број добијених одмерака на дозвољени (унапред дефинисани) број амплитудских нивоа. Смањивање се врши тако што се одмерци одабирања заокружују

на најближу вредност квантизације, односно амплитуда сваког одмерка се претвара у неки од одговарајућих „N“ квантизацијских нивоа.



Слика 1. Одмеравање аналогног сигнала

Број нивоа квантизације је ограничен и одређен укупним бројем бита по одмерку. Сваки одмерак се кодује у бинарном бројном систему $N=2^n$, где је n потребан број бита за пренос једног одмерка. За 8 бита број нивоа је $2^8=256$, а за 12 бита $2^{12}=4096$. Квалитет слике зависи од броја квантизацијских нивоа. Што је већи број квантизацијских нивоа то је бољи квалитет слике и обрнуто.

Мали број квантизацијских нивоа доводи до појаве изобличења које се назива **Counting**. Манифестује се у слици као изобличење контуре, односно јављају се грубе линије по ивицама особе или предмета и доводи до повећања гранулационог шума у слици. Отклања се или повећањем броја квантизацијских нивоа или се аналогном сигналу, пре поступка дигитализације, додаје периодични сигнал или шум са Гаусовом расподелом.

Током квантизације јавља се обавезно квантизацијски шум, који се израчунава на основу израза

$$N_Q = 10,8 + 6 \cdot n + 20 \cdot \log(k) + 10 \cdot \log\left(\frac{f_s}{2 \cdot f_v}\right) \approx 6,36 + 6n$$

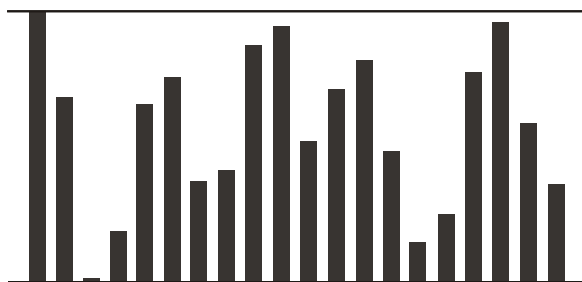
где су:

f_s - учестаност одмеравања, одабирања (*sampling*),

f_v - ширина фреквенцијског опсега видео сигнала,

k - корекциони фактор за расположиви амплитудски опсег (однос који показује колико се нивоа квантизације користи од могућег броја, обично је око 0,6).

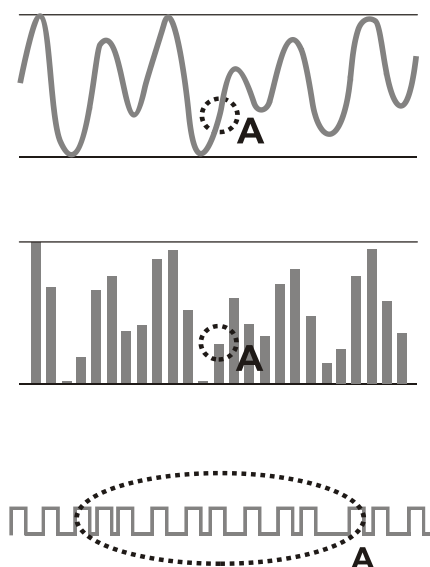
Са повећањем броја квантизацијских нивоа шум квантизације се смањује, али се повећава брзина преноса и сложеност уређаја. Субјективна истраживања су показала да је за резолуцију најситнијих детаља слике потребно најмање $2^8 = 256$ квантизацијских нивоа.



Слика 2. Квантизација сигнала

3. Кодовање је поступак после квантизације где се сваком квантизационом нивоу додељује бинарни код, односно то је поступак придруживања бинарног кода појединим квантизационим нивоима ($N=2^n$), слика 3. У дигиталној ТВ за трансмисију, односно пренос сигнала (изузимајући међустудијску размену, где се кодовање врши са 10 бита) користи се осам бита за кодовање једног одмера. Ако је мали број квантизацијских нивоа онда је квантовање грубље, па је потребан и мањи број бита да се сваки одмерак представи. На пример за 16 одмерака потребно је 4 бита, за 256 одмерака потребно је 8 бита, за 4096 одмерака 12 бита. Сваком квантизационом нивоу (одмерку) додељује се различита комбинација поворки 0 (Low) или 1(High), односно преноси се и обрађује низ нула и јединица.

Процес претварања аналогног сигнала у дигитални врши се у кодеру, а обрнути процес у декодеру. Постоје два начина претварања аналогног видео сигнала у дигитални и то: дигитализација композитног видео сигнала и дигитализација компонентног видео сигнала.



Слика 3. Кодовање сигнала

2.1. Дигитални SDI видео сигнал

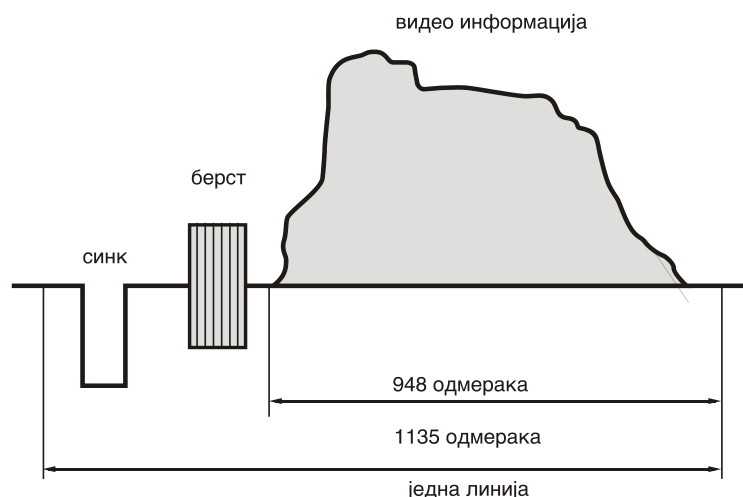
Дигитални SDI видео сигнал представља конверзију композитног аналогног видео сигнала у дигитални. Фреквенција одмеравања композитног видео сигнала износи $4fc$, где је fc фреквенција подносиоца боје (subcarrier). Приликом избора учестаности одмеравања композитног видео сигнала водило се рачуна да она буде једнака целобројном умношку учестаности помоћног носиоца боје fc . По препоруци CCIR (данас носи ознаку ITU-R-BT 601) усвојено је да учестаност одмеравања композитног видео сигнала буде једнака четворострукој вредности помоћног носиоца боје fc за одговарајући систем, ($fs=4fc$). А то значи да је фреквенција одмеравања композитног видео сигнала 4 пута већа од фреквенције помоћног носиоца боје одговарајућег аналогног система. Учестаност одмеравања за PAL систем је $fs=4fc=17,734475\text{ MHz}$.

Дигитални композитни видео сигнал користи се када у студију постоје и аналогни и дигитални уређаји (као што је сада случај са већим бројем ТВ станица), а жели се да обрада или архивирање снимљеног материјала буде дигитално или да излаз из студија у етер буде дигиталан. Овакав начин врло је погодан током прелазног периода, када у студију постоје аналогни и дигитални уређаји. Код мање професионалних дигиталних студијских уређаја јефтиније је да се врши дигитализација композитног видео сигнала него компонентног.

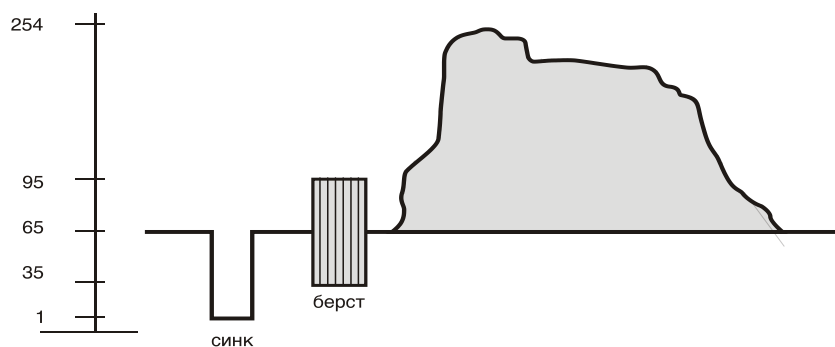
Број одмерака се добија тако што се фреквенција одмеравања композитног видео сигнала подели са хоризонталном фреквенцијом слике:

$$17.734\,475\text{Hz} : 15\,625\text{Hz} = 1135 \text{ одмерака.}$$

Цела линија за PAL систем ($64\mu\text{s}$) садржи 1135 одмерака, активни део линије садржи 948, а хоризонтални повратни интервал 187, слика 4. Распоред квантизацијских нивоа код композитног видео сигнала приказан је на слици 5. Укупан распон за 8-битну квантизацију је од 1-255 квантизацијских нивоа. Ниво синхронизационих импулса (синка) одговара квантизационом нивоу 1, ниво црног одговара нивоу 65, подносилац боје (берст) је на нивоу од 35-95 а ниво белог је на 254 квантизацијском нивоу.



Слика 4. Број одмерака код композитног видео сигнала



Слика 5. Распоред квантизацијских нивоа код композитног видео сигнала

Теоретски потребан **бинарни проток** у једној секунди ($64\mu\text{s}$, 1135 одмерака, 625 линија) за 8. битну квантизацију одређује се на следећи начин:

- $1135 \text{ одмерака} \times 625 \text{ линија} \times 25 \text{ слика} \times 8 \text{ бита} = 141,8 \text{ Mb/s}$ за PAL систем,
- или на други начин
- $17,73 \text{ MHz} \times 8 \text{ бита} = 141,8 \text{ Mb/s}$ за PAL систем

У пракси за пренос дигиталног сигнала слике користи се само активни део линије (за PAL систем има их 576, а дужина трајања активног дела једне линије износи $52\mu\text{s}$). Активни део слике је онај део слике који се види на екрану ТВ пријемника или монитора.

У једној линији ($52\mu\text{s}$) има укупно 948 активних одмерака што је еквивалентно 948 pix/liniji. Укупан број пиксела унутар једне слике (frame) износи:

$$948 \text{ pix/liniji} \times 576 \text{ линија} = 646.048 \text{ pix/frame}$$

Како се у једној секунди садржи комплетних 25 слика, то је број активних детаља (piksela) у једној секунди једнак:

$$948 \text{ pix/liniji} \times 576 \text{ линија} \times 25 \text{ слика} = 13.651\,200 \text{ pix/s}$$

Одређивање бинарног протока у једној секунди за композитни дигитални видео сигнал (за активни део линије) при осмобитној квантизацији врши се на следећи начин:

$$948 \text{ активних одмерака} \times 576 \text{ активних линија} \times 25 \text{ слика} \times 8 \text{ бита} = 109,21 \text{ Mb/s}$$

Композитни начин одмеравања захтева најмањи бинарни проток, али је и најслабијег квалитета. Квалитет сигнала је у директној сразмери са бинарним протоком.

2.2. Дигитални компонентни видео сигнали

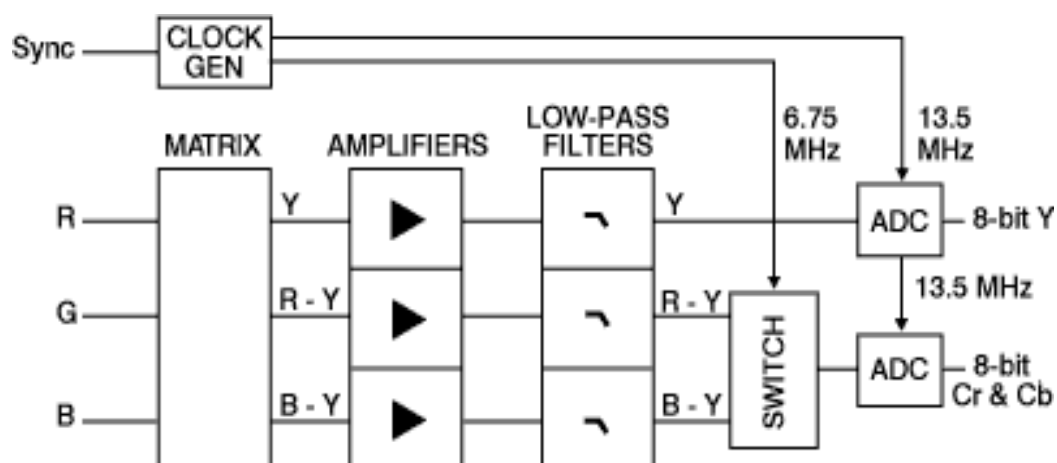
Дигитални компонентни сигнали добијају се дигитализацијом компонентних R, G, B или Y, R-Y, B-Y сигнала. Користе се код професионалних и полупрофесионалних дигиталних студијских уређаја. Помоћу њих у постпродукцији се добија оригинални технички квалитет сигнала, који је исти изворном сигналу. Дигитализација се врши по препоруци ITU-R BT. 601.

Свака од компоненти се посебно дигитализује. Учестаност одмеравања луминантног сигнала је 13,5 MHz и оба хроминентна сигнала разлике 6,75 MHz. Ово важи за структуру одмеравања 4:2:2 и однос страница екрана 4:3. Ове фреквенције представљају одређени целобројни умножак линијске (хоризонталне) учестаности. Ова вредност учестаности је одабрана зато јер је независна од ТВ система и иста је за PAL и NTSC систем.

За телевизију високе резолуције, формата 16/9, фреквенција одмеравања луминантног сигнала је 74,25 MHz, а фреквенција одмеравања хроминентних сигнала разлике дупло мања 37,125 MHz. Учестаност одмеравања 74,25 MHz код HDTV формата је 5,5 пута већа од учестаности 13,5 MHz која се користи у SDTV стандарду. Ово важи за структуру одмеравања 4:2:2 и квантовање одмерака са 8 и 10 бита.

Број одмерака у активном делу једне линије, за све три компоненте видео сигнала исти је за NTSC и PAL систем. Луминантни сигнал у активном делу једне линије за структуру одмеравања 4:2:2 одређен је са 720 одмерака за однос страница 4:3 и 1920 одмерака за телевизију високе резолуције за однос страница 16:9. Број линија код SDTV у Европи је 576, а код HDTV-а 1080.

Сигнали разлике боја одређени су сваки са по 360 одмерака за однос страница 4:3 за формат дигитализације 4:2:2. При томе је узето у обзир да је људско око мање осетљиво на боју него на ниво осветљености. Дигитализација компонентног Y, R-Y, B-Y приказана је на слици 6.



Слика 6. Дигитализација компонентног Y, R-Y, B-Y сигнала

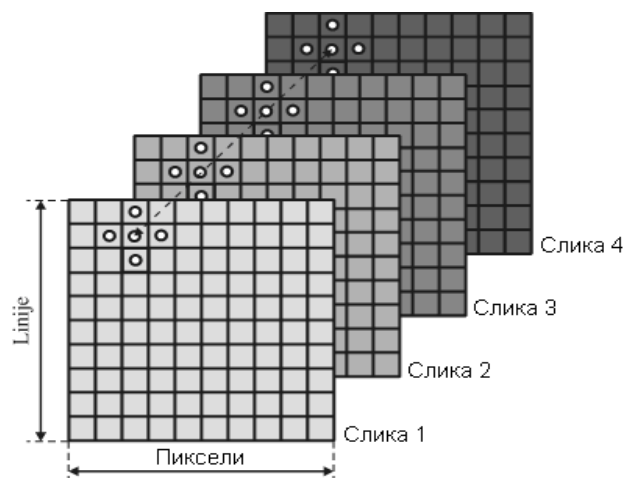
Дигитализацијом аналогних компонентних сигнала Y, R-Y, B-Y

$$\begin{aligned} Y &= 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B, \\ R - Y &= 0,70 R - 0,59 G - 0,11 B, \\ B - Y &= -0,30 R - 0,59 G + 0,89 B. \end{aligned}$$

добивају се дигитални сигнали Y, Cr и Cb

$$Y, C_r = 0,713 (R - Y), C_b = 0,564 (B - Y),$$

Структура одмеравања која одговара изабраној учестаности треба да је ортогонална. На тај начин се добија да се одмерци по вертикалном правцу слике налазе тачно један испод другог у узастопним линијама, слика 7.



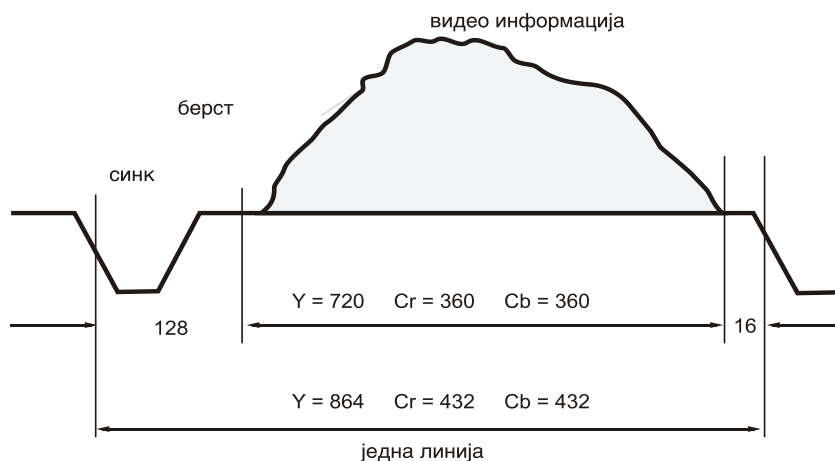
Слика 7. Ортогонална структура одмеравања

2.3. Формати дигитализације

Препоруком CCIR-601 из 1982. године дефинисани су следећи стандарди одмеравања за видео сигнале у компонентној форми базираној на сигнаlima Y, Cb и Cr: 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1, 4:2:0, 2:1:1.

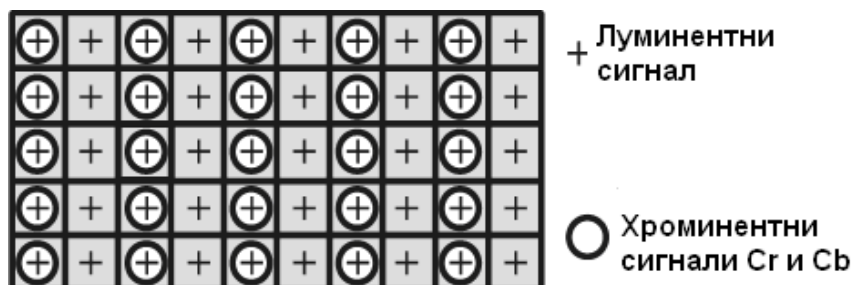
2.3.1. Стандард одмеравања 4:2:2

Ово је најчешће коришћени студијски стандард (broadcast) за претварање компонентног аналогног сигнала у дигитални. Учестаност одмеравања луминентног сигнала је 13,5 MHz (у ознаци 4), а учестаности одмеравања хроминентних сигнала су 6,75 MHz (у ознаци 2). Луминентни сигнал Y има 720 одмерака по активној линији, а сигнали разлике R-Y и B-Y по 360 одмерака по активној линији, слика 8. Број одмерака за целу линију (64μs) за Y сигнал износи 864, а за сигнале разлике 432. На сваки други одмерак луминентне компоненте долази по један одмерак од сваке хроминентне компоненте, слика 9.



Слика 8. Број одмерака за стандард одмеравања 4:2:2

Позиција одмерака сигнала разлике одговара положају непарних одмерака луминентног сигнала током сваке линије, слика 9. Вертикална резолуција једнака је броју активних линија и износи 576 линија за 625 - линијски систем и 480 линија за 525 - линијски систем.



Слика 9. Позиција одмерака сигнала разлике за стандард одмеравања 4:2:2

Број одмерака целе линије ($64 \mu s$) одређује се на следећи начин:

- $13,5\text{MHz}:15625\text{Hz} = 864$ одмерака, за PAL систем,
- $13,5\text{MHz}:15750\text{Hz} = 858$ одмерака, за NTSC систем.

Теоретски потребан бинарни проток за 8 и 10 - битну квантизацију за пренос одмерака (целе линије $64 \mu s$ и 625 линија у слици) добија се:

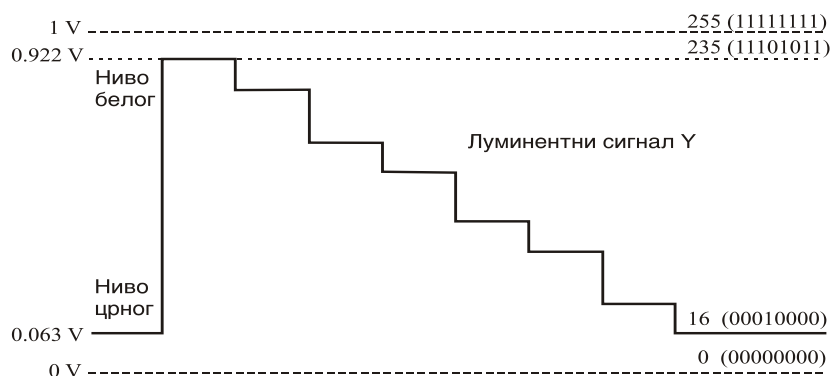
- $13,5 + 2 \times 6,75 \text{ MHz} \times 8 \text{ бита} = 216 \text{ Mb/s}$, за PAL систем, 4:3
- $(13,5 + 2 \times 6,75) \text{ MHz} \times 10 \text{ бита} = 270 \text{ Mb/s}$, за PAL систем, 4:3

или на основу броја одмерака

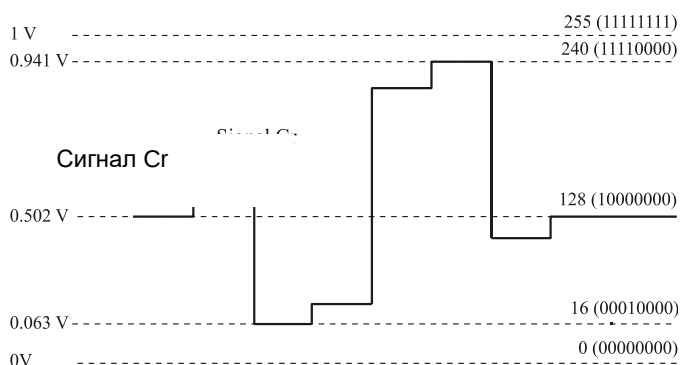
$$N_{64} = (864 + 432 + 432) \text{ одмерака} \times 625 \text{ линија} \times 25 \text{ слика} \times 8 \text{ битова} = 216 \text{ Mb/s}$$

за PAL систем, где 864 представља број одмерака целе линије ($64 \mu s$) за Y сигнал, а 432 је број одмерака за Cr и Cb сигнале.

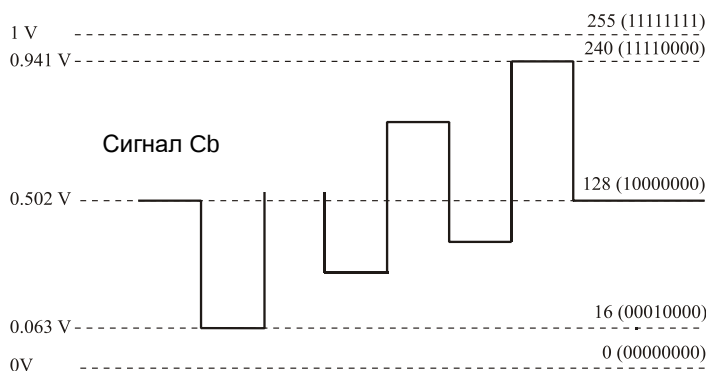
Код 8 - битне квантизације за сваки сигнал (Y, Cr и Cb) предвиђено је 256 нивоа од 0 до 255. Ниво црног квантује се на 16-том нивоу а ниво белог на 235 -том нивоу. Првих и задњих 16 нивоа остављени су као маргина за евентуално премашење у сигналу. Изузетак су квантизациони нивои 0 и 255 који су забрањени као кодне комбинације. На слици 10 приказан је распоред нивоа квантизације за луминентни сигнал. На сликама 11 и 12 приказани су распореди нивоа квантизације за Cr и Cb сигнале, респективно.



Слика 10. Распоред нивоа квантизације за луминентни сигнал



Слика 11. Распоред нивоа квантизације за Cr сигнал



Слика 12. Распоред нивоа квантизације за Cb сигнал

Број одмерака у активної линији ($52\mu s$) износи 720 за луминентни сигнал и 360 за сигнале разлике код PAL и NTSC система. Користећи 8-битну квантизацију $2^{3 \times 8}$ могуће је постићи 16.777 216 комбинација боја, што је приближно 16,7 милиона боја у дигитализованом видео сигналу.

Укупан број детаља (пиксела) у једној линији (N_L) износи,

$$N_L = 720 + 360 + 360 = 1440 \text{ pix/line}$$

Једна комплетна ТВ слика садржи 576 активних линија, па је број пиксела, односно потребан меморијски капацитет за једну некомпримовану слику

$$N_F = 576 \cdot N_L = 576 \cdot 1440 = 829.440 \text{ pix / frame} \text{ што је приближно } 830\text{KB}$$

а укупан број пиксела у једној секунди, односно потребан меморијски капацитет је

$$N_S = 25 \cdot N_F = 25 \cdot 829.440 = 20.736.000 \text{ pix / s}, \text{ што је приближно } 21\text{MB}$$

За један минут потребан меморијски капацитет је $21 \times 60 = 1,26\text{GB}$, што значи да се на 1GB меморије може да сними 47 секунди некомпримованог видео сигнала квантованог са 8 бита, стандарда 4:2:2.

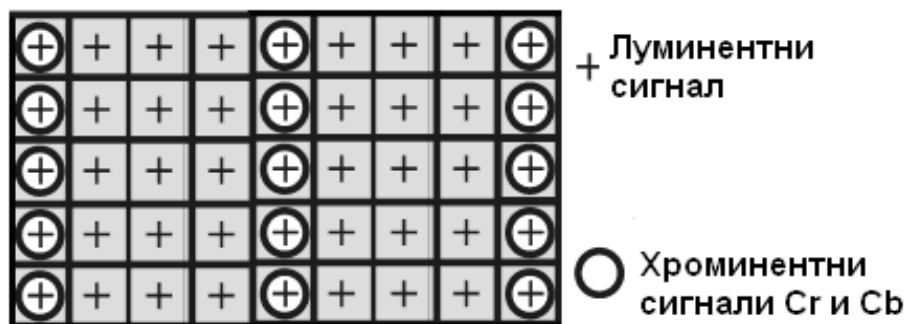
За осмобитну квантизацију, и 4:2:2 стандард одмеравања, потребан бинарни проток износи

$$N_{4:2:2} = 8 \cdot N_S = 8 \cdot 20.736.000 = 165.888.000 \text{ bit / s} = 165,88\text{Mb/s}$$

Користи се код Broadcast ТВ уређаја: D1 (8 битоа), D1 SP (10 битоа), Betacam SX, DigitalS 100, Digital Betacam и DVCPRO50 формат записа. Стандард са структуром одмеравања 4.2:2:4 садржи и четврти канал који служи као "Alfa" канал. Он се одабира истом фреквенцијом као и луминентни сигнал.

2.3.2. Стандард одмеравања 4:1:1

Учестаност одмеравања луминентног сигнала је 13,5MHz, а сигнала разлике R-Y и B-Y четири пута мања и износи 3,375MHz. Луминентни сигнал има 720 одмерака по активној линији, а сигнали разлике R-Y и B-Y по 180 одмерака по активној линији. То значи да на сваки четврти одмерак луминентне компоненте долази по један одмерак сваке од хроминентних компоненти. Овакав начин узимања одмерака, код кога је 4 пута већи број одмерака за луминентни сигнал, могућ је због тога што је људско око мање осетљиво на боју него на промене сјајности, па код реконструкције слике хроминентни сигнали имају много мањи значај од луминентног сигнала.



Слика 13. Позиција одмерака сигнала разлике за стандард одмеравања 4:1:1

Позиција одмерака за луминентни и сигнале разлике приказана је на слици 13. Вертикална резолуција сигнала разлике идентична је вертикалној резолуцији луминентног сигнала и износи 576 линија за PAL систем.

Одредимо бинарни проток за стандард одмеравања 4:1:1. Како је број активних одмерака за Y и сигнале разлике:

$$Y = 720$$

$$C_r = C_b = 180$$

то је укупан број детаља (пиксела) у једној линији N_L

$$N_L = 720 + 180 + 180 = 1080 \text{ pix/line}$$

Једна комплетна ТВ слика садржи 576 активних линија, па је

$$N_F = 576 \cdot N_L = 576 \cdot 1080 = 622.080 \text{ pix / frame}$$

а укупан број пиксела у једној секунди за PAL систем је

$$N_S = 25 \cdot N_F = 25 \cdot 622.080 = 15.552.000 \text{ pix / s}$$

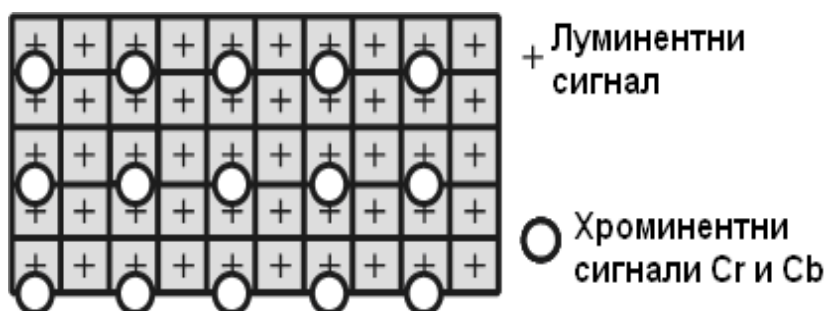
За осмобитну квантизацију и 4:1:1 стандард одмеравања потребан бинарни проток износи

$$N_{4:1:1} = 8 \cdot N_S = 8 \cdot 15.552.000 = 124.416.000 \text{ bit / s} = 124,416 \text{ Mb/s}$$

Користи се код формата: DVCPRO50, DVCPRO25 и Profesional.

2.3.3. Стандард одмеравања 4:2:0

Учестаност одмеравања луминентног сигнала је 13,5MHz, а сигнала разлике R-Y и B-Y 6,75MHz. Луминентни сигнал одмерава се у свакој, а сигнали разлике у свакој другој линији. Резолуција слике износи 576 активних линија са по 720 активних одмерака за луминентни сигнал, и 360 одмерака за један сигнал разлике, за други је једнака нули (сигнали разлике узимају се по један у свакој другој линији), слика14. Ово је еквивалентно резолуцији слике од 576 активних линија са по 720 активних одмерака за луминентни сигнал, и по 360 одмерака за по један сигнал разлике са 288 линија.



Слика 14. Позиција одмерака сигнала разлике за стандард одмеравања 4:2:0

Одредимо бинарни проток за стандард одмеравања 4:2:0. У свакој линији се одмерава Y сигнал, па је број активних одмерака за $Y = 720$.

У свакој другој линији се одмеравају сигнали разлике, тако да је

$$C_r = C_b = 360$$

а укупан број детаља у једној секунди је

$$N_s = (720 + 360 + 0) \times 576 \times 25 = 15.552.000 \text{ pix / s}$$

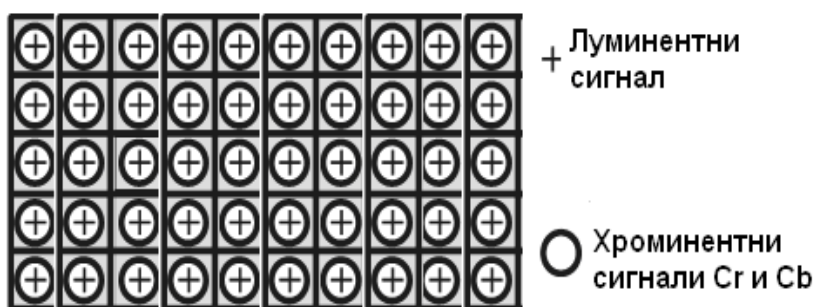
За осмобитну квантизацију и 4:2:0 стандард одмеравања потребан бинарни проток износи

$$N_{4:2:0} = 8 \cdot N_s = 8 \cdot 15.552.000 = 124.416.000 = 124.416 \text{ Mb / s}$$

Види се да је исти бинарни проток од 124,416Mb/s за стандард 4:1:1 и 4:2:0. Стандард 4:2:0 у употреби је код формата: DVD, DVCAM (PAL верзија) и DVCPRO 50.

2.3.4. Стандард одмеравања 4:4:4

Овај стандард користи се за одмеравање R, G, B сигнала. Учестаност одмеравања сва три сигнала је по 13,5 MHz. Број активних одмерака сваког R, G, B сигнала је 720, слика 15.



Слика 15. Позиција одмерака сигнала разлике за стандард одмеравања 4:4:4

Укупан број детаља (пиксела) у једној линији је,

$$N_L = 720 + 720 + 720 = 2160 \text{ pix/line}$$

Једна комплетна ТВ слика садржи 576 активних линија, па је број пиксела у једној слици

$$N_F = 576 \cdot N_L = 576 \cdot 2160 = 1.244.160 \text{ pix / frame}$$

а укупан број пиксела у једној секунди за PAL систем је

$$N_s = 25 \cdot N_F = 25 \times 1.244.160 = 31.104.000 \text{ pix / s}$$

За особитну квантизацију и 4:4:4 стандард одмеравања потребан бинарни проток износи

$$N_{4:4:4} = 8 \cdot N_s = 8 \cdot 31.104.000 = 248.832.000 \text{ bit / s} = 248,832 \text{ Mb/s}$$

Користи се код телевизије високе резолуције, виртуелних студија, у реализацији хрома ки ефекта, код видео миксера итд.

2.3.5. Стандард одмеравања 2:1:1

Учестаност одмеравања луминентног сигнала је 6,75MHz. Учестаност одмеравања сигнала разлике R-Y и B-Y је два пута мања и износи 3,375MHz. Намењен је првенствено за уређаје који се користе у електронском новинарству. То су јефтинији уређаји, резолуција слике је нешто смањена с обзиром да је смањена учестаност одмеравања. Брзина преноса је такође смањена па су смањени захтеви и за брзином рада кола, као и за капацитетом меморије

2.4. Дигитализација сигнала звука

Постоји више стандарда за дигитализацију сигнала звука у телевизијској техници, који се разликују према учестаности одмеравања и броју бита по одмерку. За сигнал звука по ITU-R BT.601 стандарду препоручена фреквенција одмеравања је 44,1kHz или 48kHz. Користи се кодовање са 16 или 20 бита по одмерку, а у новије време и 24 бита ради постизања бољег квалитета и веће динамике.

3. Контролна питања

а) Укратко објаснити поступак дигитализације аналогних сигнала?

б) Колика је фреквенција одмеравања композитног видео сигнала за PAL систем?

в) Како гласи Никвистов услов?

г) Којом се учестаношћу одмеравају Y, R-Y, B -Y сигнали за стандард одмеравања 4:1:1 и 2:1:1?

д) Објаснити стандард одмеравања 4:2:0.

ђ) Ако је ниво видео сигнала 1V, колика је грешка квантовања ако се сигнал кодује са 8 битова?

е) Колики је број одмерака по активној линији за сигнале Y, Cr и Cb, за стандард одмеравања 4:2:2 и 4:2:0?

ж) Колики је бинарни проток потребан за некомпримовани видео сигнал при стандарду одмеравања 4:1:1 и осмобитној квантизацији за видљиви део слике?

з) Када се јављају Aliasing изобличења? Објаснити.

и) Како се израчунава квантизацијски шум?

ј) За колико се смањује број пиксела у формату 4:2:0 у односу на формат 4:2:2.

к) Израчунати колико секунди некомпримованог видео сигнала, кодованог са 8 бита, стандарда одмеравања 4:2:2 може да се сними на 1GB меморије.

л) Колико је потребно килобајта меморије по једној некомпримованој слици, која се кодује са 8 бита, стандарда одмеравања 4:1:1.

м) Колико дигиталних одмерака може да се добије са n бита.

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Генератор колор бар и мултиберст сигнала
2. А/Д конвертор
3. Д/А конвертор
4. Осцилоскоп
5. Векторскоп
6. ТВ монитор са видео улазима за дигиталне сигнале

4.2. Задаци

I. Упознати се са коришћењем и менијем А/Д и Д/А конвертора за композитни C_{vbs}, Y/C и компонентне видео сигнале.

II. На улаз А/Д конвертора довести аналогни композитни C_{vbs}, Y/C и компонентне видео сигнале. На улазу А осцилоскопа посматрати аналогни видео сигнал, а на улазу В дигитални видео сигнал. Коментарисати добијене осцилограме.

III. На улаз Д/А конвертора довести SDI сигнал из А/Д конвертора. Мени Д/А конвертора подесити тако да се на излазу добије композитни C_{vbs}, Y/C и компонентни видео сигнал. Посматрати ове сигнале на осцилоскопу, векторскопу и Hi монитору.

IV. У менију Д/А конвертора подешавати и посматрати на осцилоскопу и монитору како промена следећих параметара: ниво црног “педестал”, ниво боје, осветљај, контраст, оштрине и хрома/лума (Y/C) кашњење, утиче на квалитет видео сигнала.

Вежба 8:

Синхронизација извора слике и утицај промене нивоа видео сигнала на квалитет репродуковане ТВ слике

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) синхронизацијом извора слике у телевизијском систему,
- б) синхронизацијом телевизијског система спољним видео сигналом,
- в) утицајем дужине коаксијалног кабла на карактеристике видео сигнала.
- г) утицајем промене нивоа композитног видео сигнала на квалитет репродуковане слике,
- д) утицајем промене нивоа луминентног видео сигнала на квалитет репродуковане слике,
- ђ) утицајем промене нивоа хроминентног видео сигнала на квалитет репродуковане слике,
- ж) утицајем промене завршног оптерећења уређаја на квалитет репродуковане слике,
- з) утицајем промене нивоа синхронизационих импулса на синхронизацију слике.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Синхронизација ТВ система представља временско и фазно усаглашавање различитих извора видео сигнала (аналогних и дигиталних) у реалном времену на улазу у видео миксер. Сигнални путеви различитих извора видео сигнала, који воде до видео миксера, морају бити временски и фазно усаглашени. Синхронизационим сигнаlima, као и сигналу слике, потребно је извесно време да прођу кроз кабл или кроз електронски уређај. Ово време је утолико дуже уколико је коаксијални кабл веће дужине, односно уколико уређај кроз који сигнал пролази садржи више елемената који изазивају кашњење (капацитивности и индуктивности). У табели 1 дато је време проласка (кашњења) ТВ сигнала (синхронизационог сигнала) кроз неке од уређаја који се најчешће користе у телевизији. Кашњење сигнала на 1m дужине коаксијалног кабла Belden 8281 износи 5ns, а промена фазе сигнала је 8° .

Да би слике из разних унутрашњих и спољних извора видео сигнала могле међусобно да се претапају, мешају и користе специјални ефекти без скокова и изобличења боје потребно је да сигнали из различитих извора који долазе у миксер буду синхрони и синфазни. Само са таквим сигнаlima могућа је монтажа и комбиновање ТВ сигнала из разних извора, као целине, без прекида, скокова или помераја.

Врста уређаја	Време кашњења [ns]	Еквив. дужина к. кабла Belden 8281 [m]	Промена фазе 4.43 MHz u [°]
Дистрибуциони појачавач RCA	20	4	32
Дигитална камера DV VX900E	50	10	80
Камера Sony DXC 537P	100	20	160

Табела 1. Кашњење сигнала и промена фазе кроз различите уређаје

Кашњење видео сигнала настаје услед њиховог проласка кроз каблове различитих дужина и кроз различите уређаје. Временско усаглашавање видео сигнала на неком месту, на пример на улазу у видео миксер, подешава се према видео сигналу чије је фиксно кашњење највеће и унапред познато. Сви остали сигнали се, помоћу линије за кашњење, вештачки касне подешавањем међусобне разлике између референтних предњих ивица хоризонталних синхронизационих импулса.

Синхронизација ТВ система реализује се помоћу синхронизационог генератора који генерише синхронизационе сигнале прецизно одређених облика и учестаности, помоћу којих се временски и фазно усаглашава (timing), или синхронизује рад свих уређаја. На овај начин омогућује се мешање видео сигнала из различитих извора и функционисање телевизијског система као целине.

Временске разлике између линијских или хоризонталних синхронизационих импулса доводе до појаве грешке хоризонталне фазе. Она проузрокује хоризонтални померај једне слике у односу на другу. У слици се манифестује као “скакање, померање” слике.

Велика временска разлика између хоризонталних или вертикалних синхронизационих импулса слике проузрокује потпуно испадање слике из синхронизације.

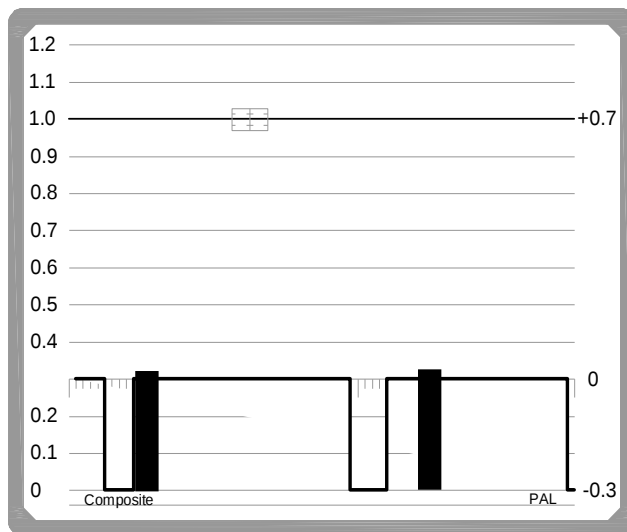
Фазна разлика између синхронизационих сигнала боје, или тзв. грешка систем – фазе (SC – фазе), проузрокује грешке у боји на појединим сликама, односно грешке у боји једне слике у односу на другу.

Генерално прихваћена толеранција за временску усаглашеност тих параметара за PAL (аналогни) систем је:

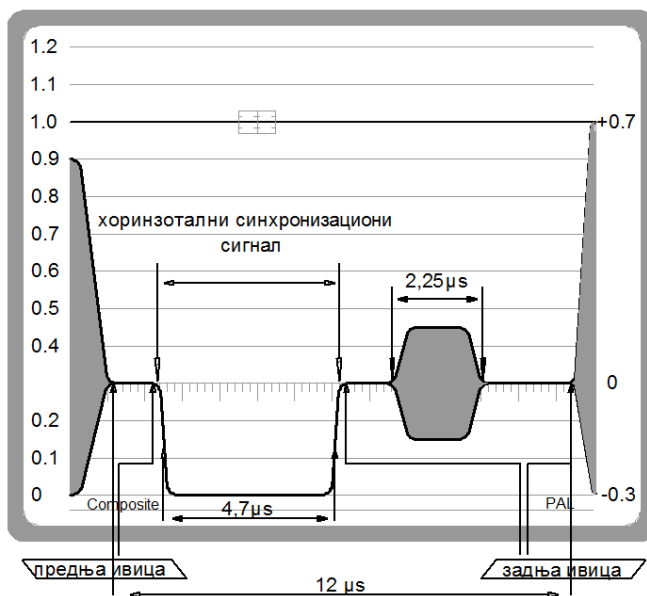
- $\pm 12\text{ns}$ - временска разлика између хоризонталних синхронизационих импулса,
- $\pm 1,5^\circ$ - фазна разлика између сигнала боје и референтног сигнала.

За референтни синхронизациони сигнал у аналогним и дигиталним ТВ системима узима се сложени (композитни) видео сигнал без садржаја слике. Овакав сигнал у литератури и пракси познат је као black burst сигнал, или “црно”. Његов облик приказан је на слици 1. Он садржи сложене синхронизационе сигнале (SSS) и burst сигнал. У SSS спадају хоризонтални, вертикални синхронизациони импулси и импулси за изједначавање (ekvilajzing импулси). Сви професионални и полупрофесионални уређаји, како аналогни тако и дигитални, имају улаз за овај сигнал. Тај улаз зове се

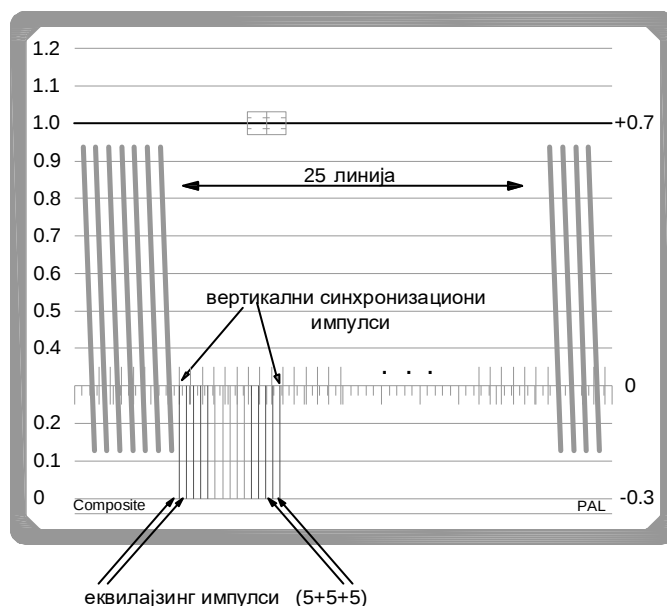
REF IN или Genlok in и генерише се у Black burst генератору. На слици 2 приказан је хоризонтални синхронизациони сигнал, а на слици 3 вертикални синхронизациони сигнал и еквилајзинг импулси.



Слика 1. Black burst сигнал



Слика 2. Хоризонтални синхронизациони сигнал



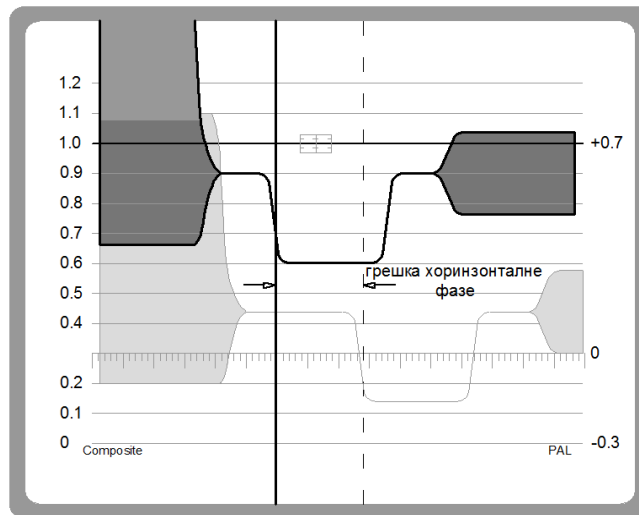
Слика 3. Вертикални повратни интервал

2.1. Временско усаглашавање видео сигнала у телевизијском систему

Да би се у студију поједини извори видео сигнала међусобно комбиновали, односно вршио прелаз са једног извора слике на други извор “резом” , претапањем, затамњењем, отамњењем, суперпозицијом, дуплом експозицијом, хрома ки, луминанс ки, потписивањем слике и сл., потребно је да сви извори видео сигнала на улазу у видео миксер стигну истовремено. У том случају на излазу из видео миксера, односно на монитору, неће доћи до никаквог ” скакања” слике ни хоризонталног померања. Да би се то постигло потребно је да сви извори видео сигнала на улазу у видео миксер буду временски усклађени (хоризонтални тајминг). Хоризонтални тајминг* треба да компензира временско кашњење које уносе сами уређаји и каблови којима су они повезани. Ако су различите дужине каблова временско усклађивање видео сигнала компензира се помоћу линије за кашњење (delay модул), која се убацује између уређаја, коаксијалног кабла и миксера. На самом видео уређају (сопствени синхронизациони генератор) или на улазу у видео миксер, постоји могућност финог подешавања хоризонталног тајминга помоћу потенциометра (H -time). Обично се видео миксер, или уређај са највећим кашњењем, узима као референтни уређај према коме се подешавају сви остали.

Подешавање се врши осцилоскопом, тако што се помоћу потенциометра (H -time) који се налази на уређају, или у менију уређаја, временски помера H - sync, све дотле док се његова предња ивица не поклопи са предњом ивицом H-syncа референтног сигнала. Исти се ефекат добија и ако се покlope вертикални синхронизациони импулси референтног сигнала и извора видео сигнала (V - time).

Ако је добро подешен H-time визуелно на монитору, на коме се прати излаз из видео миксера, не сме да се примети никакав трзај и померање две слике. На слици 4, приказана су два видео сигнала из различитих уређаја, који су временски померени.



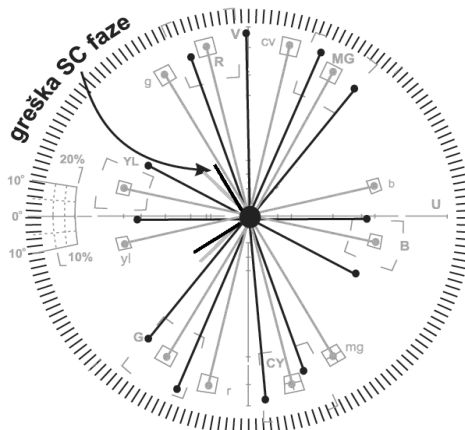
Слика 4. Временски померена два видео сигнала (H-time)

Аналогно H-time подешава се и V-time. Подешавање се врши све дотле док се предња ивица вертикалних синхронизационих импулса извора видео сигнала не поклопи са предњом ивицом вертикалних синхронизационих импулса референтног сигнала или другог извора видео сигнала. Уколико се предње ивице вертикалног синхронизационог импулса два видео сигнала не покlope онда се јавља грешка V-time. Ако је добро подешен H - time није потребно да се подешава V – time.

Код асинхроних свичера и визуелно контролних монитора није потребно да се обезбеди временско изједначавање сигнала.

2.2. Фазно усаглашавање видео сигнала у ТВ студију

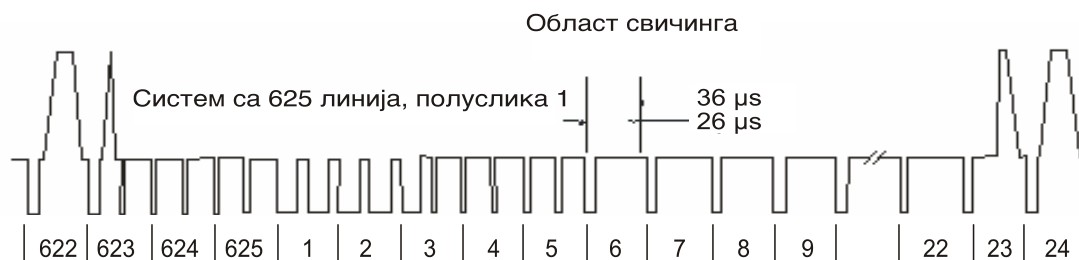
Фазно кашњење различитих видео сигнала може да доведе до промене у врсти и засићењу боје. На промену врсте боје око је јако осетљиво. Временско усаглашавање које води рачуна о фази подносиоца боје назива се “фазирање” система, или “довођење система у фазу”. Фазу помоћног носиоца боје (SC) сваког уређаја одређује сам тај уређај и дужине каблова којима је он везан на видео миксер. Компензација промене дужине кабла врши се у уређају променом фазе подносиоца боје (SC-фазе). У самом уређају постоји могућност грубог (coarse) и финог (fine) подешавања фазе sabkerijera (SC-фазе). То су електронски склопови са RC и LC елементима. Грубо подешавање фазе врши се у корацима од 120° , 240° и 360° . Фино подешавање фазе врши се у опсегу од $\pm 90^\circ$. Комбинацијом грубог и финог подешавања фазе SC видео сигнал из било ког видео уређаја доводи се у синхронизацију са референтним сигналом. Инструмент помоћу кога се врши подешавање фазе SC назива се векторскоп. Фазно подешавање система врши се у односу на фазу референтног сигнала. Систем је фазно подешен када сви извори видео сигнала долазе на видео миксер међусобно фазно усклађени. Ако је систем добро фазно подешен онда приликом миксовања било ког видео сигнала не сме да дође до промене фазе ниједног, односно не сме да дође до промене ни засићења ни врсте боје. Дозвољене толеранције подешености фазе код аналогних уређаја су $1,5^\circ$, што одговара дужини кабла од око 18cm. Мања фазна грешка доводи до смањења засићења боје током процеса мешања и претапања два видео сигнала. А већа фазна грешка доводи до промене врсте боје. Уколико је ТВ систем фазно добро подешен слика на излазу из



2.3. Синхронизација дигиталних видео уређаја

професионалних уређаја, док код полупрофесионалних и уређаја за широку потрошњу или је присутно на неким улазима или није присутно.

Код друге групе уређаја, код којих није доступно аутоматско подешавање тајмовања, улазни сигнали на улазима матрице, или видео миксера, морају бити номинално тајмовани међу собом. Препорука SMPTE дефинише прозор за тајмовање на одређеној хоризонталној линији, где се врши пребацивање (свичовање) у вертикалном интервалу. Слика 6 показује област свичовања за прву полуслику (за другу полуслику свичовање се врши на линији 319 за 625 линијски стандард). Ширина прозора је $10\mu\text{s}$, што ствара довољну разлику у времену између два сигнала да може да се оствари синхронизација.



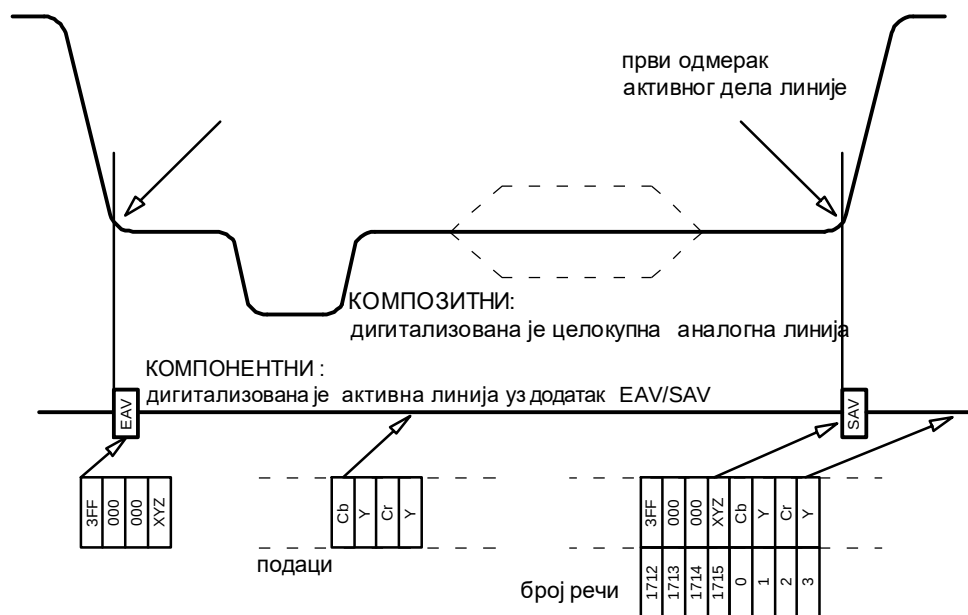
Слика 6. Област свичинга у вертикалном интервалу

Најделикатнији случај је трећа група уређаја, без компензације аутоматског тајмовања, нарочито на улазима видео миксера где се налазе Д/А конвертори без компензације тајмовања, код њих се захтева иста прецизност подешавања као и код аналогних система, а то је у опсегу наносекунди. То је и разумљиво јер се после Д/А конверзије даље захтева аналогно процесирање видео сигнала.

Реалан свет, који посматра визуелно слику, дигитални видео сигнал види на ТВ пријемнику као аналогни. Зато је важно да се посматрају аналогна изобличења која могу да утичу на дигитални сигнал. А то су изобличења фазе, шум и џитер.

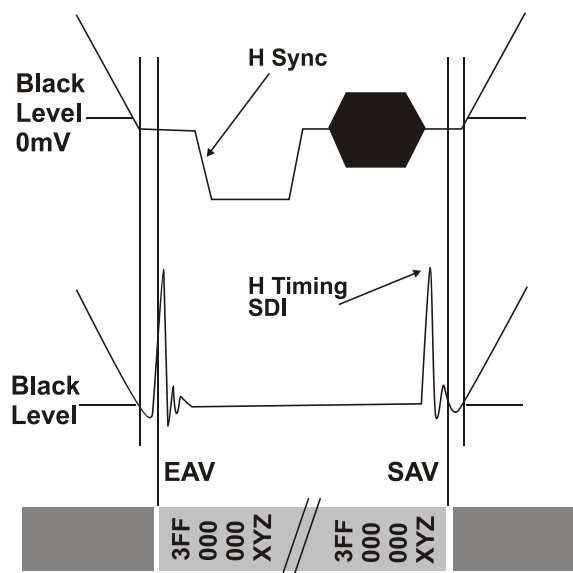
Код дигиталних уређаја сигнал за тајмовање налазе се у свакој линији, тако да оне одређују „почетак активног видео сигнала” (*Start of Active Video – SAV*) и „крај активног видео сигнала” (*End of Active Video – EAV*).

На слици 7 приказане су позиције одмерака и дигиталних речи у односу на аналогну хоризонталну линију. Због тога што су информације о тајмовању код дигиталних сигнала садржане у SAV и EAV сигнаlima, нема потребе за конвенционалним синхронизационим сигнаlima, тако да је хоризонтални повратни интервал искоришћен за пренос других информација (синхронизациони сигнали, помоћни подаци, аудио сигнали).



Слика 7. Аналогна и дигитална хоризонтална линија

Положај хоризонталних синхронизационих сигнала, за једну линију, код аналогног и дигиталног видео сигнала, приказан је на слици 8.



Слика 8. Положај H -синхронизационог сигнала код аналогних и дигиталних видео сигнала

2.4. Синхронизација ТВ центра са спољним видео сигналом

Ако један ТВ центар ради са неким другим екстерним ТВ центром, или са репортажним колима, да би се обезбедио њихов међусобни синхрони рад потребно је главни ТВ центар синхронизовати са екстерним ТВ центром. То се остварује тако што се генератор синхронизационих сигнала у главном центру синхронизује са екстерним видео сигналом (подносилац боје, Н и V фреквенција ...), односно пребацује се у Gen lock рад. Ако се не би то урадило онда на видео миксеру два видео сигнала (интерни и екстерни) не би могли да се миксују (мешају) јер би долазило до губитка синхронизације.

На предњој страни синхронизационог генератора постоји преклопник за бирање начина рада генератора. У самосталном раду користи се начин рада у локалу. Када се има спољни видео сигнал користи се Genlock рад. У овом положају врши се подешавање Н – фазе и SC – фазе да би се оба генератора довела у синхрони рад. SC – фаза може да се подешава у опсегу од 0 до 360 степени.

Синхронизација екстерних видео сигнала може се вршити и помоћу уређаја који се зову дигитални уређаји за синхронизацију – Frame sinhronajzer. То су дигитални уређаји за синхронизацију који меморишу долазни екстерни видео сигнал а исти тај видео сигнал ишчитава из меморије у ритму локалних синхронизационих импулса, који долазе из референтног генератора (black burst сигнал). На тај начин омогућава се синхронизација два видео сигнала из различитих извора, који претходно нису били синхрони.

Дигитални видео миксери који имају уграђене дигиталне синхронајзере могу да остваре синхронизацију и са несинхроним видео сигналама на улазу (екстерни сигнали).

2.5. Фреквенцијска карактеристика студијских уређаја у телевизији

Фреквенцијска карактеристика студијских уређаја треба да буде линеарна у читавом пропусном опсегу, а то значи да видео сигнал фреквенције од 10Hz до 5MHz, за PAL систем, треба равномерно да се појачава и пропушта кроз студијски уређај. Уколико студијски уређај не пропушта видео сигнал виших учестаности онда људско око такву слику види као мање оштру слику. Када је у питању боја ситних детаља људско око мање примећује промене боје у сигналу на вишим учестаностима него на нижим учестаностима. Код професионалних студијских уређаја фреквенцијска карактеристика је линеарна и они пропуштају равномерно видео сигнал до 5MHz.

Мерење и подешавање фреквенцијске карактеристике студијских уређаја врши се помоћу мултиберст сигнала.

3. Контролна питања

а) Како различите дужине коаксијалног кабла од извора до улаза у видео миксер утичу на хоризонталну H-time и SC-фазу. Како се врши подешавање H-time и SC-фазе на уређајима?

б) Који се сигнал користи као референтни сигнал за синхронизацију уређаја? Нацртати његов изглед и објаснити га.

в) Зашто је потребно да се синхронизују различити извори видео сигнала.

г) Нацртати хоризонтални повратни интервал код аналогних и дигиталних сигнала.

д) Када H-time није добро подешен како се визуелно на ТВ монитору манифестује грешка?

ђ) Како се врши повезивање аналогних и дигиталних видео уређаја на аналогни видео миксер.

е) Када SC-фаза није добро подешена како се визуелно на ТВ монитору манифестује грешка?

ж) Код дигиталних уређаја у хоризонталном повратном интервалу који се све сигнали убацују?

з) Шта значе скраћенице SAV и EAV?

и) Како се врши синхронизација телевизијског система спољним (екстерним) видео сигналом.

ј) Како се ситни детаљи у слици виде у фреквенцијској карактеристици видео сигнала?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Генератор колор бар и мултиберст сигнала
2. Black burst генератор
3. Различите дужине коаксијалног кабла RG59
4. Различити извори видео сигнала
5. Осцилоскоп
6. Векторскоп
7. ТВ монитор

4.2. Упутство за реализацију вежбе

Колор бар сигнал преко печ поља довести на улаз IN В мерне групе. На улаз IN А мерне групе доводити колор бар сигнал на различите дужине коаксијалног кабла: 50m, 100m и 150m. Посматрати и прецртати добијене осцилограме са осцилоскопа и векторскопа за различите дужине коаксијалног кабла. Ово исто поновити и за мултиберст сигнал. Изведите закључак.

4.3. Задаци

I. За различите дужине коаксијалног кабла, RG 59, одредити следеће параметре колор бар и мултиберст сигнала (резултате приказати табеларно):

- ниво колор бар сигнала,
- ниво синхронизационих импулса,
- ниво луминентног сигнала E_y ,
- ниво хроминентног сигнала E_c .

Колор бар сигнал

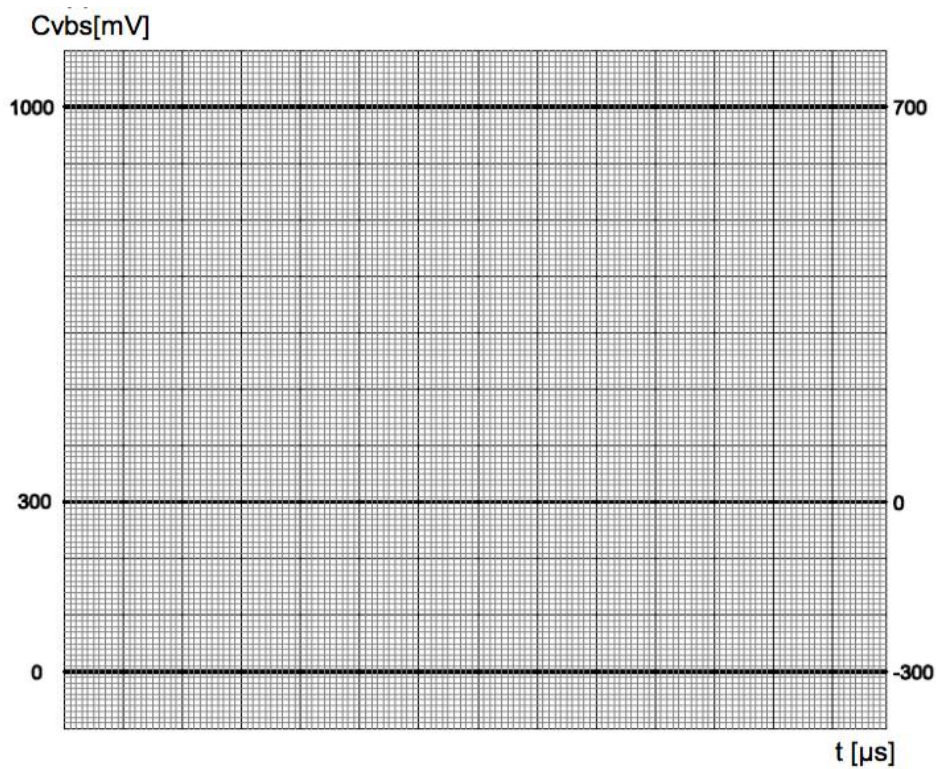
Дужина к. кабла [m]	Ниво композитног в. сигнала [pp]	Ниво синхр. сигнала	Ниво лумин. сигнала E_y	Ниво хромин. сигнала E_c
На почетку к. кабла				
50				
100				
150				

II. Прецртати изглед **колор бар и мултиберст сигнала** за дужину коаксијалног кабла од 150m и обележити најважније нивое.

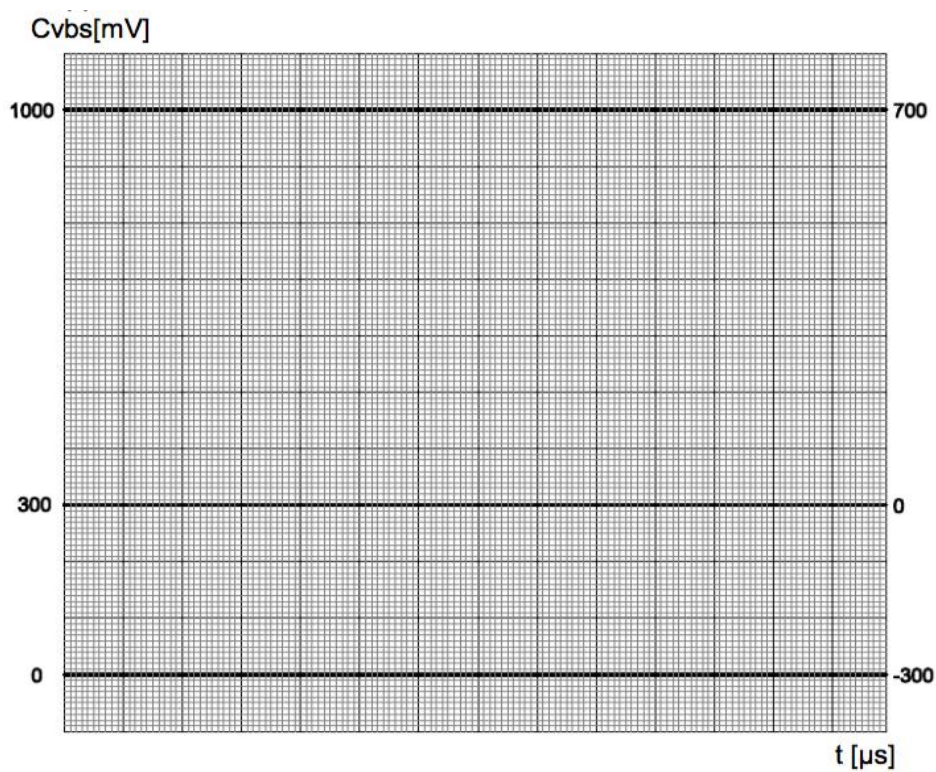
Хоризонтална оса представља време [μ s]. Сваки подеок представља 10[μ s].

Вертикална оса представља ниво видео сигнала [mV]. Сваки подеок представља 100[mV].

а) Ниво колор бар сигнала у основном опсегу за дужину коаксијалног кабла од 150m



б) Ниво мултиберст сигнала у основном опсегу за дужину коаксијалног кабла од 150m



III. На један од улаза видео миксера довести мултиберст сигнал. На осцилоскопу посматрати излазни сигнал на PV и OUT видео миксера. Исти поступак поновити са дистрибуционим појачавачем, свичером и Frame synchronizer-ом. Коментарисати добијене резултате.

.....

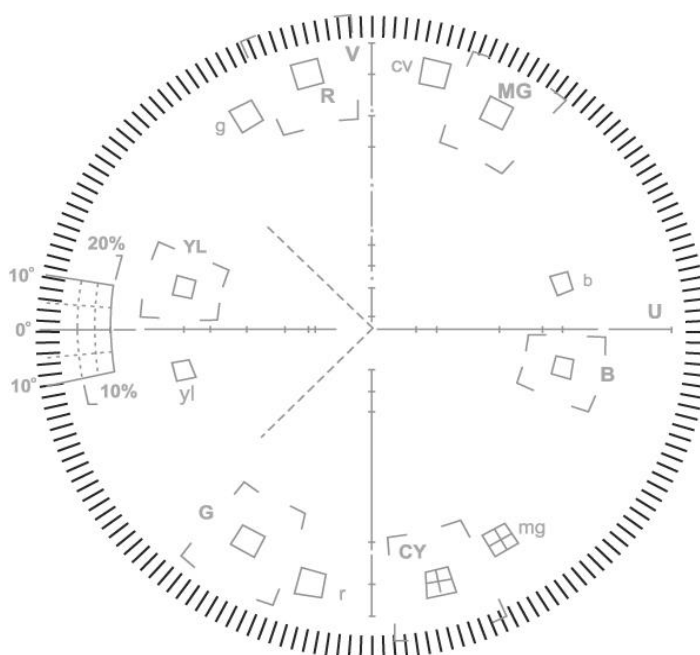
.....

.....

.....

.....

IV. На улаз 1 видео миксера довести композитни видео сигнал (колор бар сигнал амплитуде 1Vpp), на улаз 2 довести колор бар сигнал са дужине коаксијалног кабла од 150m. Користећи следећу маску на видео миксеру , ова два сигнала дати на излазу. Визуелно на монитору, осцилоскопу и векторскопу посматрати излазни сигнал. Коментарисати уједначеност сјајности и боје слике, промену нивоа видео сигнала, врсту и засићење боје. Са векторскопа прецртати положај и дужину вектора примарних и комплементарних боја садржаних у колор бар сигналу на излазу из видео миксера.



V. Показати како промена нивоа композитног видео сигнала утиче на квалитет репродуковане ТВ слике.

Упутство: На улаз Frame synchronizera (или дистрибуционог појачавача VDA) довести композитни колор бар сигнал нивоа 1Vpp. Излаз OUT из Frame synchronizera (или дистрибуционог појачавача VDA) повезати на улаз IN B ТВ монитора и IN B waveform монитора. Мењати ниво видео колор бар сигнала, на Frame synchronizery (или дистрибуционом појачавачу VDA) у границама од 300 mV до 1100mV, са кораком од

200 mV. Посматрати промену квалитета слике на ТВ монитору. Добијене резултате и коментаре уписати у табелу испод.

Ниво видео-сигнала [700mV]	300[mV]	500[mV]	700[mV]	900[mV]	1100[mV]
Квалитет слике на ТВ монитору (коментар)					

VI. Показати како промена нивоа луминентног видео сигнала утиче на квалитет репродуковане ТВ слике када хроминентни сигнал има стандардну вредност.

Упутство: На улаз Frame synchronizera (или дистрибуционог појачавача VDA) довести композитни колор бар сигнал нивоа. Излаз OUT из Frame synchronizera (или дистрибуционог појачавача VDA) повезати на улаз IN B ТВ монитора и IN B waveform монитора. Мењати ниво луминентног видео сигнала, на Frame synchronizeru (или дистрибуционом појачавачу VDA) у границама од 300 mV до 1100mV, са кораком од 200 mV. Посматрати промену квалитета слике на ТВ монитору. Добијене резултате и коментаре уписати у табелу испод.

Ниво луминентног видео-сигнала [300-700mV]	300[mV]	500[mV]	700[mV]	900[mV]	1100[mV]
Квалитет слике на ТВ монитору (коментар)					

VII. Показати како промена нивоа хроминентног видео сигнала утиче на квалитет репродуковане ТВ слике када луминентни сигнал има вредност 1Vpp.

Упутство: На улаз Frame synchronizera (или дистрибуционог појачавача VDA) довести композитни колор бар сигнал нивоа 1Vpp. Излаз OUT из Frame synchronizera (или дистрибуционог појачавача VDA) повезати на улаз IN B ТВ монитора и IN B waveform монитора. Мењати ниво хроминентног видео сигнала, на Frame synchronizeru (или дистрибуционом појачавачу VDA) у границама од 300 mV до 1100mV, са кораком од 200 mV. Посматрати промену квалитета слике на ТВ монитору. Добијене резултате и коментаре уписати у табелу испод.

Ниво хроминентног видео-сигнала када је лумин. сигнал 700mV	300[mV]	500[mV]	700[mV]	900[mV]	1100[mV]
Квалитет слике на ТВ монитору (коментар)					

VIII. Код повезивања видео уређаја мора да се води рачуна о њиховој терминацији, односно завршетку. Терминатором (завршницом) назива се посебан облик BNC конектора који у себи садржи завршни отпор од 75Ω . Карактеристична импеданса уређаја треба да одговара завршном отпору терминатора. За телевизијске уређаје завршни отпор терминатора износи 75Ω . Дупло завршени или незавршени путеви видео сигнала између уређаја озбиљно утичу на амплитуду видео сигнала. Ако је пут видео сигнала дупло завршен онда је видео сигнал мањи од $1V_{pp}$, а ако је незавршен већи од $1V_{pp}$. Када пут видео сигнала иде кроз више уређаја, од једног до другог (looping), онда терминатор треба ставити на последњи уређај. Само једна терминација је дозвољена у видео петљи и то на последњем уређају.

Показати како промена завршног оптерећења на уређајима утиче на квалитет репродуковане ТВ слике. На осцилоскопу и векторскопу посматрати ниво колор бар сигнала када је последњи уређај завршен (терминисан) са:

- завршницом од 75Ω ,
- завршницом од 50Ω ,
- није завршен,
- завршен дупло са две завршнице од 75Ω ,
- завршен дупло са две завршнице једна од 75Ω , а друга од 50Ω .

Добијене резултате приказати табеларно:

	Завршница од 75Ω	Завршница од 50Ω	Уређај није завршен	Уређај дупло завршен са 75Ω	Уређај дупло завршен са $75/50\Omega$
Ниво колор бар сигнала [mV]					
Коментар					

Напомена: Завршницу поставити на крајњи уређај пута видео сигнала.

IX. Показати како промене нивоа синхронизационих импулса утичу на синхронизацију слике:

Упутство: На улаз Frame synchronizera довести колор бар сигнал нивоа $1V_{pp}$. Излаз OUT из Frame synchronizera повезати на улаз IN B ТВ монитора и IN B waveform монитора. Смањити ниво хоризонталног синхронизационог сигнала за а) 30% б) 60% с) 80%. Посматрати промену синхронизације слике на ТВ монитору.

Вежба 9:

Мерење и анализа пријемних дигиталних (DVB-T) сигнала код земаљске ТВ дифузије

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) Земаљском дигиталном ТВ дифузијом (DVB-T2),
- б) пријемним антенским системом за земаљску ТВ дифузију,
- в) Cenelec и CCIR стандардима за PAL B/G систем,
- г) мерењем нивоа и анализом спектра пријемних дигиталних сигнала,
- д) мерењем односа S/N и BER (Bit Error Rate).

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Дистрибуција телевизијског сигнала од студија до телевизијских пријемника може се реализовати на више начина, помоћу: мреже радио-дифузних предајника, сателитским везама, кабловским везама, микроталасним дистрибуционим системима (MMDS) и интернетом (IPTV).

Дифузија ТВ програма представља пренос телевизијског сигнала од једног предајника ка великом броју ТВ пријемника. То је неусмерено или делимично усмерено емитовање. Простирање радио-таласа зависи од њихове фреквенције. При нижим фреквенцијама, они лако заобилазе препреке мање од таласних дужина, али им снага нагло опада с растојањем (у ваздуху опада приближно с квадратом растојања). При вишим фреквенцијама, радио-таласи теже се простиру праволинијски, а могу да се одбијају и од препрека. Осетљиви су на временске услове, а може да их апсорбује киша.

Сателитски пренос може да буде усмерен од тачке до тачке, или усмерен ка ширем подручју покривања. Од земље ка сателиту емитовање је усмерено, а од сателита ка земљи (на предајницима или ТВ пријемницима) дифузно. Кабловске и микроталасне везе су дистрибуционе, значи да су везе предајника директно адре-сиране према одређеном пријемнику.

Електромагнетни спектар приказан је на слици 1.

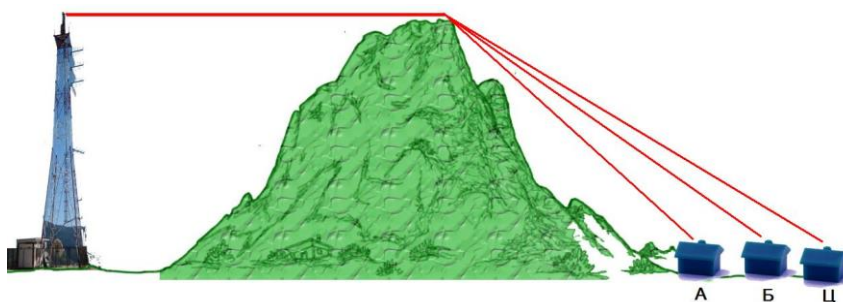


Слика 1. Електромагнетни спектар

За пренос видео сигнала користе се носећи таласи који се простиру кроз доње слојеве атмосфере, тј. таласи чија је учестаност изнад 40MHz. Ова учестаност представља, приближно, границу изнад које нема рефлексије од високих јоносферских слојева. Порастом учестаности, слабљење површинских таласа нагло расте, зато учестаности носећих сигнала не смеју бити веће од 1000MHz. Простирање видео сигнала од предајне до пријемне антене врши се праволинијски. До пријемне антене таласи могу да дођу и индиректно, услед рефлексије од земљине површине и других објеката, или рефлексије у самој атмосфери, ако се њена диелектрична константа нагло мења. Закаснили талас може да дође у супротну фазу с директним таласом и да га тако поништи. Тај ефекат назива се слабљење таласа, због различитих путања. Осим тога, таласи могу да стигну до пријемне антене услед дифракције, тј. савијања таласа око ивица неке препреке која се налази између предајне и пријемне антене.

Да би на месту пријема био сигуран пријем, потребно је да постоји оптичка видљивост између предајне и пријемне антене. Издизањем предајне или пријемне антене на већу висину, повећава се домет таласа, тј. постиже се да антене и иза неке физичке препреке имају оптичку видљивост.

У стварности, електромагнетни таласи не простиру се потпуно праволинијски, већ се мало савијају ка површини земље, што је условљено нехомогеношћу атмосфере. Захваљујући овој особини таласа, могућ је, понекад, пријем сигнала (пријем у сенци) и у случајевима када се пријемна антена налази иза неке ниже препреке, слика 2, под условом да није дубоко у сенци. Међутим, не треба се ослањати на ову особину таласа.



Слика 2. Пријем сигнала у сенци

Јачина ТВ сигнала на месту пријема мења се, зависи и од врсте терена пре-ко којег се простиру електромагнетни таласи (ЕМТ). Ово се јавља због упијања (апсорпције) ЕМТ од стране терена, као што су зграде у граду, или шумски преде-ли. Као последица упијања, јавља се слабљење сигнала, па се може десити да је немогуће остварити задовољавајући пријем, упркос оптичкој видљивости и малој удаљености предајника.

Ниво сигнала на пријемној антени зависи од снаге ТВ предајника, констру-кције, висине и положаја предајне и пријемне антене, и од учестаности ТВ сигнала (тј. канала на којем се емитује програм).

Да би се повећао квалитет слике и број пријемних канала, настали су прво заједнички антенски системи (ЗАС), касније и кабловско дистрибуциони системи (КДС).

У почетку, ЗАС и КДС били су испомоћ класичној, дифузној ТВ, тамо где је пријем лош и где нема интереса да се праве посебни дифузни системи. У великим градовима,

КДС је неопходна због велике густине зграда и појава вишеструких ре-флексција које онемогућавају квалитетан пријем. Појавом сателитске ТВ, економска рачуница довела је до повезивања сателитске и кабловске телевизије. Данас нема ЗАС, искључиво се граде КДС системи.

2.1. Земаљска аналогна ТВ дифузија

Земаљска аналогна ТВ дифузија скоро да је дошла у засићење, због малог броја програма који могу да се емитују, скупе и мале покривености територије, за-хтева за релативно великим снагама предајника и осетљивости на интерферентне сметње и рефлексije. Због ограничене ширине VHF и UHF подручја и због појаве интермодулационих ефеката блиских канала, може да се смести само до 60 аналогних VHF и UHF канала. Ширина канала у PAL B/G систему за VHF подручје је 7MHz, а за UHF 8MHz.

Код земаљске аналогне дифузије за пренос сигнала од дифузног предајника или репетитора до пријемне антене, користи се, за слику, негативна амплитудна модулација (AM) с потиснутим доњим бочним опсегом, а за тон фреквенцијска модулација. Негативна AM користи се због тога што, ако током преноса дође до појаве импулсних сметњи оне се у слици на ТВ пријемнику, репродукују као тамне, па их око мање запажа.

Избор врсте модулације код аналогне телевизије остварен је на основу ефекта које суперпонирана сметња изазива на екрану телевизијског пријемника. Анализирајмо случај када се телевизијски сигнал преноси амплитудном, или када би се преносио угаоном (фреквенцијском или фазном) модулацијом.

Амплитудска модулација: нека на месту пријема поред директног долази и рефлектовани талас, слика 4. До рефлексije сигнала долази због одбијања сигнала од јоносфере, брда или зграда.



Слика 4. Директан и рефлектовани талас на пријемнику

Рефлектовани талас прелази дужи пут од предајника до пријемника, у односу на директан талас. Због коначне брзине простирања електромагнетних таласа, рефлектовани талас биће временски закашњен у односу на директан талас. Појам временског кашњења односи се на временски интервал, у коме се преносе подаци о одређеном детаљу слике, тј. подаци о истом детаљу слике који ће путем рефлектованог таласа касније стићи до пријемне антене. Суперпонирање директног и рефлектованог таласа довешће до резултујућег таласа, код кога су подаци о истом детаљу слике временски помакнути. Приликом репродукције слике на екрану, доћи ће

до репродукције још једне или више слика, које су у односу на основну слику померене, односно, доћи ће до појаве духа у слици. То је нарочито изражено у градским срединама, где је могућност пријема директног таласа мала и где доминирају вишеструке рефлексије. Најчешћи је случај да се поред директног таласа јави само још један доминантни рефлектовани талас. У таквом случају се, приликом репродукције, поред основне јавља, још једна просторно помакнута слика, али на овакву слику нервни систем човека брзо се прилагођава и она није толико непријатна за гледање.

Угаона модулација: када би пренос ТВ сигнала био остварен угаоном (фреквенцијском или фазном) модулацијом рефлектовани таласи у комбинацији с директним таласом стварали би сметње у слици, које не би имале ничег заједничког с оригиналном геометријом слике (неправилне трепћуће шаре у функцији садржаја слике). Таква слика била би непријатна за гледање, а са повећањем интензитета рефлектованог таласа репродукована слика била би, до те мере, деградирана да се не би могао уочити садржај ТВ слике.

Структура РФ канала код земаљске ТВ дифузије приказана је на слици 5.



Слика 5. Структура РФ канала код земаљске ТВ дифузије

Неке карактеристике различитих варијанти PAL система приказане су у табели 1.

Систем	Ширина канала (MHz)	Носилац тона (MHz)	Модулација слике и поларитет	Доњи бочни опсег (MHz)
PAL B	7	5,5	АМ нег.	0,75
PAL D/K	8	6,5	АМ нег.	0,75
PAL G	8	5,5	АМ нег.	0,75
PAL H	8	5,5	АМ. нег.	1,25
PAL I	8	6,0	АМ. нег.	1,25
PAL K1/L	8	6,5	АМ. нег.	1,25
PALM (525/60)	6	4,5	АМ. нег.	0,75
PAL N	6	4,5	АМ. нег.	0,75

Табела 1. Поређење PAL варијанти

2.2. Земаљска дигитална ТВ дифузија (DVB-T/T2)

Да би се повећао број канала, постигао бољи квалитет слике и тона, решили проблеми рефлектованих сигнала, уведен је, у Европи, DVB-T (Digital Video Broadcasting) стандард, односно, европски стандард за земаљску дигиталну ТВ дифузију, а у Америци ATSC (Advanced Television Systems Committee) стандард дигиталне телевизије. Њиме се постиже бољи квалитет слике и тона (слика је оштра, тон је студијског квалитета), већа отпорност на шумове, већи број радио и ТВ програма у оквиру постојећих ТВ канала, већи број пратећих интерактивних сервиса, потребна је мања снага предајника, па је и мања потрошња ел. енергије, повећана је поузданост пријема, решен је проблем фединга и вишеструких рефлексија на пријему услед еха, односно, услед суперпозиције директног и рефлектованог таласа и повећана је отпорност на деловање ускопојасних сметњи. Због велике искоришћености спектра, повећан је број расположивих канала у спектру, тако да се у један аналогни ТВ канал могу сместити 4-7 (DVB-T) или 8-16 (DVB-T2) дигиталних канала DVD квалитета. Саобраћај унутар тог канала може бити подељен по капацитету на више сегмената, тако да сваки сегмент може да преноси различите телевизијске и радијске програме, и друге сервисе.

Код аналогне ТВ дифузије, ако на антени долази директан сигнал одређеног нивоа, слика ће бити квалитетна, ако је мали ниво сигнала, или ако долази и рефлектовани сигнал, слика ће бити пуна снега и рефлексије. Слабљењем сигнала и појавом рефлексије, пада и квалитет слике, постаје "снежна", повећавају се сметње и слика постаје негледљива.

За разлику од аналогне телевизије где рефлектовани сигнал смета, код DVB-T сигнала, рефлексија не смета. DVB-T пријемник бира и обрађује најјачи сигнал који антена прима, (свеједно да ли је директни или рефлектовани). Затим, тај примљени сигнал демодулише, тако да се добија MPEG-2 сигнал. Ако се корисник налази у подручју покривања DVB-T сигналом, слика ће бити одличног квалитета али, ако је јачина пријемног DVB-T сигнал на граници пријема, долазиће до "замрзавања" слике. Ако је пријемни сигнал још слабији, слике неће бити уопште. То значи да код DVB-T, ако на ТВ пријемнику има слике, она је квалитетна, или је нема. Код DVB-T, појмови снег и рефлексија непознати су, слика 6.

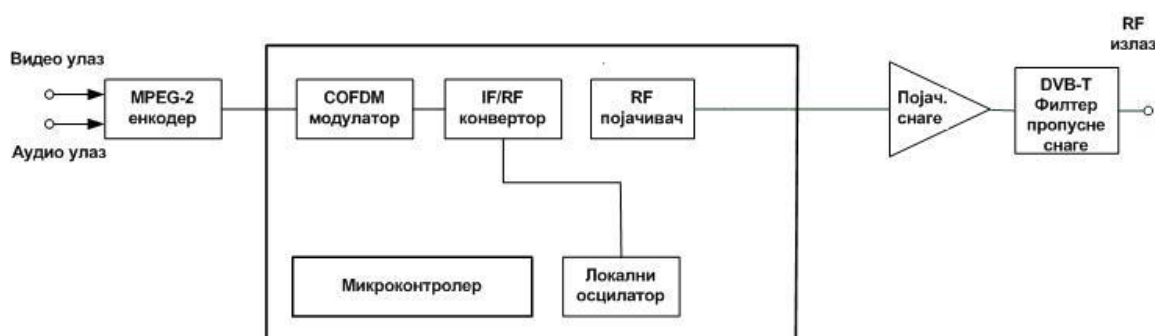


Слика 6. Пријем аналогног и дигиталног ТВ сигнала

Теоријски, аналогни ТВ предајници могу се заменити дигиталним DVB-T предајницима, тако што се замени Ексајтер, а излазни степен (појачавач) остаје исти. Ексајтер је уређај који представља модулатор сигнала у предајнику и код анало-гних предајника то је АМ модулатор за слику и ФМ модулатор за тон, слика 7а, а код дигиталних COFDM модулатор, слика 7б.



Слика 7а. Аналогни ТВ трансмитер



Слика 7б. Дигитални ТВ трансмитер

Појачавач снаге код аналогних предајника може се користити и код DVB-T предајника. Излазна снага појачавача код DVB-T предајника је за исту зону покри-вања, око 4 пута мања од снаге предајника аналогних сигнала, табела 2.

Излазна снага аналогног ТВ предајника	Излазна снага DVB-T предајника
0,5 kW	125 W
1 kW	250 W
2 kW	500 W
5 kW	1,25 kW
10 kW	2,5 kW
20 kW	5 kW

Табела 2. Поређење излазних снага дигиталних и налогних предајника

Код DVB -T, за модулацију дигиталног сигнала, користи се COFDM модулација (Coded Orthogonal Frequency Divisional Multiplexing). Видео сигнал се, предходно, кодира и компримује по неком од MPEG (MPEG2 или MPEG 4) стандарда, у различитим резолуцијама и форматима, потом се врши COFDM модулација ради преноса. Суштина ове модулације је у томе што се укупни опсег канала дели на N подопсега. У подопсегу се одређују подносиоци, где се сваки подносилац модулише појединачним симбо-лом, а подопсези се фреквенцијски мултиплексирају. Број подносилаца износи 2K или 8K, где је K = 1024. Поједини подносиоци могу бити модулисани QPSK, 16 QAM или 64 QAM поступком, (вежба 4).

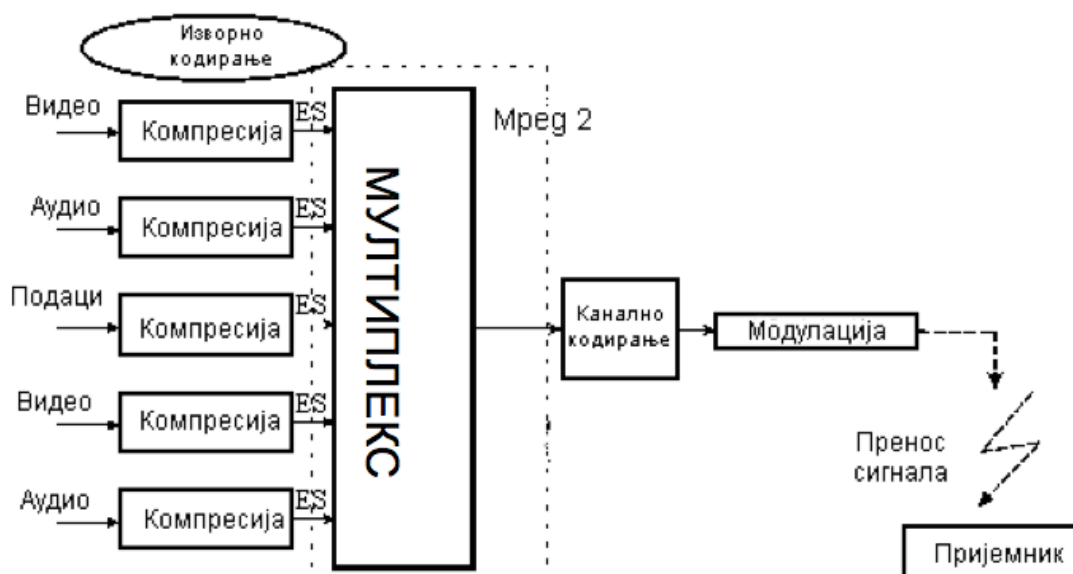
Радио Телевизија Србије је од 6 априла 2005. године на 27 UHF каналу (PTC1, PTC2, дигитални радио) са Авале за подручје Београда почела да емитује DVB -Т програм (MPEG-2 стандард), а са Иришког венца од 17 новембра 2005. године на 35 UHF каналу за подручје Новог Сада. Међутим, РТС је 2009. године за дигитално емитовање усвојила DVB-T2 стандард, што значи да се за компресију сигнала користи MPEG - 4.10 (H264/AVC) стандард. За исте емисионе параметре минимални ниво употребљивог поља је за DVB-T стандард 56dBuV/m, а за DVB-T2 53,2 dBuV/m.

У Србији су, званично, 7. јуна 2015. искључени сви аналогни предајници и емитовање је искључиво дигитално према DVB-T2 стандарду. У оквиру ЈП Емисиона техника и везе функционише укупно 212 предајника и репетитора на територији Србије. За подручје Београда најзначајнија је Авала са које се емитују два мултиплекса. MUX1 на 22. каналу који садржи програме свих емитера са дозволом за национално емитовање и MUX2 на 28. каналу са програмима емитера са дозволама за локално и регионално емитовање. У фази тестирања је и трећи мултиплекс.

2.3. Пренос дигиталних ТВ сигнала (DVB-T/S/C)

Пренос дигиталних ТВ сигнала дефинисан је европским ETSI стандардима за сателитску, кабловску и земаљску радиодифузију дигиталног ТВ сигнала.

Општа блок шема система за радиодифузију дигиталног ТВ сигнала прика-зана је на слици 8.



Слика 8. Блок шема система за радиодифузију дигиталног ТВ сигнала

У свим земаљским, кабловским и сателитским системима за радиодифузију дигиталног ТВ сигнала за изворно кодирање, користи се MPEG-2 или MPEG-4 стандард, док се канално кодирање и модулациони поступци разликују у зависности од преносног медијума:

- за земаљску радиодифузију, DVB –T, користи се OFDM – фреквенцијски мултиплекс ортогоналних подносилаца.
- за сателитску радиодифузију, DVB – S, користи се модулациони поступак QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Главна карактеристика тог модулационог поступка је ефикасност у погледу снаге, што је важно због потребне мале снаге предајника на сателиту и великог слабљења (гушења) сигнала при проласку кроз атмосферу .
- за кабловску дистрибуцију дигиталних сигнала, DVB – C, користи се QAM (Quadrature Amplitude Modulation) модулација – квадратурна амплитудна модулација са 16, 32, 64, или 256 QAM дискретна стања. Главна особина QAM поступка јесте спектрална ефикасност, која омогућава пренос сигнала каналом чија је ширина ограничена на 8 MHz. QAM се користи и у модемима за пренос сигнала кроз телефонски канал, као и у сателитским телеко-муникационим системима. 64QAM и 256 QAM користи се код КДС, модема за смер од главне станице ка кориснику, протока од 38 до 50Mb/s, а од корисника ка главној станици QPSK, или 16QAM протока од 5 до 10 Mb/s.

2.4. Пријем сигнала код земаљске дигиталне ТВ дифузије (DVB-T)

За пријем DVB-T сигнала на **аналогним ТВ пријемницима** (ТВ пријемници који немају уграђен тјунер за дигитални пријем) потребно је да се има сопствена или заједничка земаљска пријемна антена, спољна или собна, (зависно од нивоа пријемног сигнала) и конвертор (Set Top Box – тјунер/декодер), који се повезује између антене и ТВ пријемника. Он врши демодулацију MPEG-2 сигнала и на свом излазу даје аналогни видео сигнал у основном опсегу (Skart, AV) или у РФ опсегу, слика 9.

Данас, на излазу сложенијих конвертора (set top box уређаја) може да се бира MPEG-2 или MPEG-4 (у ITU усвојен као препорука H.264-AVC) стандард компресије. Код MPEG-4 компресије, урађено је низ побољшања у односу на MPEG-2 компресију, тако да се исти субјективни квалитет репродуковане слике може добити два пута мањим протоком.



Слика 9. Пријем DVB-T сигнала на аналогном ТВ пријемнику

За пријем DVB-T сигнала **на дигиталним ТВ пријемницима** (LCD, плазма, TFT) који имају уграђен дигитални тјунер (декодер за пријем DVB-T сигнала) није потребан тзв. *Set - top box* уређај. Сигнал се из антене директно води на РФ улаз ТВ пријемника. Потребно је само да се ТВ пријемник пребаци у дигитални мод рада и да се пронађу дигитални ТВ канали.

За пријем DVB-T сигнала на **рачунар**, потребно је да се набави антена и DVB -T екстерна или интерна картица за рачунар (тзв. *Stick*), која се повезује на УСБ прикључак. Програм може да се гледа, или сними у рачунар, касније ископира на ДВД или ЦД.

2.5. Мерење односа S/N и BER-a (Bit Error Rate)

Као мера квалитета канала којим се преноси аналогни сигнал користи се однос сигнал/шум (S/N). Ако снагу сигнала означимо са S, а снагу шума са N, однос сигнала и шума је S/N. Обично се не наводи сам однос, већ вредности израза $10\log S/N$, изражене у децибелима (dB). Вредности односа S/N од 10 одговара 100dB, вредности 100 одговара 20dB, вредности 1000 одговара 30dB итд.

Код преноса дигиталних сигнала, као мера квалитета канала, уводи се параметар дигиталне грешке, означава се са BER (*Bit error rate*), и дефинише као:

BER = број погрешно пренесених битова/укупан број пренетих битова

Параметар BER је бездимензиона величина. На пример, када код 10^6 (1.000.000) пренетих битова један бит буде погрешно пренесен, тада је:

$$BER = \frac{1}{1000000} = 10^{-6}$$

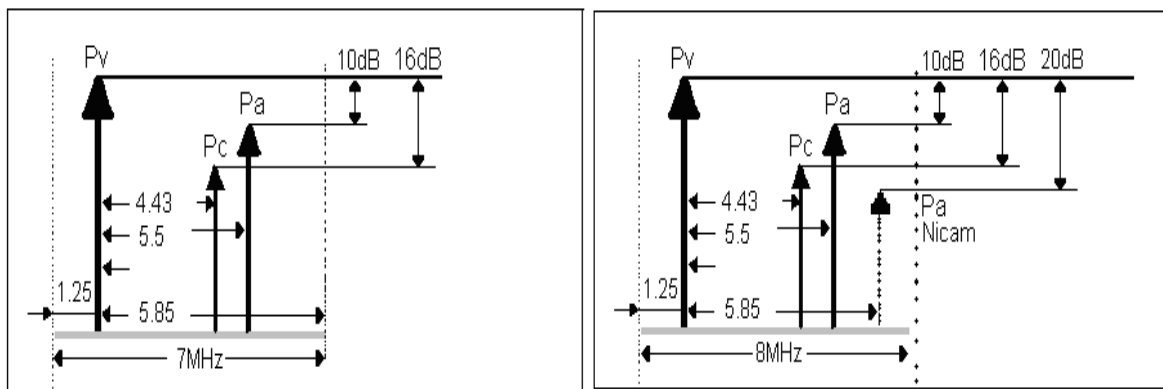
Код дигиталне телевизије захтева се врло мала вредност BER-а, односно, да канал има добре перформансе које могу да се опишу са $BER=10^{-10}$ - 10^{-12} . Код преноса битском брзином 30 Mb/s оваква вредност BER-а обезбеђује 0,1-10 погрешно пренесених битова за 1 сат.

2.6. Cenelec и CCIR стандарди за PAL B/G систем

ТВ фреквенцијски спектар, распоред канала и нивои носиоца сигнала слике и звука према Cenelec (European Committee for Electrotechnical Standardization) стандарду, приказани су на сликама 10 и 11.

VHF					UHF			
BI	Sub. Ops	FM	Доњи S	BIII	Горњи S	Hyperband	BIV	BV
C2 C3 C4			S1-S10	C5-C12	S11-S20	S21-S41	C21-C37	C38-C69
47 68	88	108	174	230	302	470	606	862 [MHz]

Слика 10. Распоред канала за VHF и UHF подручје



Слика 11. Нивои носиоца слике и звука у КДС–у према Cenelec стандарду
 Распоред канала према CCIR стандарду за PAL B/G систем приказан је у табели 3.

Канал	Доња граница канала [MHz]	Горња граница канала [MHz]	Видео носилац [MHz]	Аудио носилац [MHz]	Подносилац боје [MHz]	Канал	Доња граница канала [MHz]	Горња граница канала [MHz]	Видео носилац [MHz]	Аудио носилац [MHz]	Подн. боје [MHz]
BI						BIV					
2	47	54	48.25	53.75	52.68	21	470	478	471.25	476.75	475.68
3	54	61	55.25	60.75	59.68	22	478	486	479.25	484.75	483.68
4	61	68	62.25	67.75	66.68	23	486	494	487.25	492.75	491.68
Суб. Банд						24	494	502	495.25	500.75	499.68
L1	68	75	69.25	74.75	73.18	25	502	510	503.25	508.75	507.68
L2	75	82	76.25	81.75	80.25	26	510	518	511.25	516.75	515.68
L3	82	89	83.25	88.75	87.32	27	518	526	519.25	524.75	523.68
BII						28	526	534	527.25	532.75	531.68
FM	88	108				29	534	542	535.25	540.75	539.68
ДОЊИ S						30	542	550	543.25	548.75	547.68
S1	104	111	105.25	110.75	109.68	31	550	558	551.25	556.75	555.68
S2	111	118	112.25	117.75	116.68	32	558	566	559.25	564.75	563.68
S3	118	125	119.25	124.75	123.68	33	566	574	567.25	572.75	571.68
S4	125	132	126.25	131.75	130.68	34	574	582	575.25	580.75	579.68
S5	132	139	133.25	138.75	137.68	35	582	590	583.25	588.75	587.68
S6	139	146	140.25	145.75	144.68	36	590	598	591.25	596.75	595.68
S7	146	153	147.25	152.75	151.68	37	598	606	599.25	604.75	603.68
S8	153	160	154.25	159.75	158.68	BV					
S9	160	167	161.25	166.75	165.68	38	606	614	607.25	612.75	611.68
S10	167	174	168.25	173.75	172.68	39	614	622	615.25	620.75	619.68
BIII						40	622	630	623.25	628.75	627.68
5	174	181	175.25	180.75	179.68	41	630	638	631.25	636.75	635.68
6	181	188	182.25	187.75	186.68	42	638	646	639.25	644.75	643.68
7	188	195	189.25	194.75	193.68	43	646	654	647.25	652.75	651.68
8	195	202	196.25	201.75	200.68	44	654	662	655.25	660.75	659.68
9	202	209	203.25	208.75	207.68	45	662	670	663.25	668.75	667.68
10	209	216	210.25	215.75	214.68	46	670	678	671.25	676.75	675.68
11	216	223	217.25	222.75	221.68	47	678	686	679.25	684.75	683.68
12	223	230	224.25	229.75	228.68	48	686	694	687.25	692.75	691.68
ГОРЊИ S						49	694	702	695.25	700.75	699.68
S11	230	237	231.25	236.75	235.68	50	702	710	703.25	708.75	707.68
S12	237	244	238.25	243.75	242.68	51	710	718	711.25	716.75	715.68
S13	244	251	245.25	250.75	249.68	52	718	726	719.25	724.75	723.68
S14	251	258	252.25	257.75	256.68	53	726	734	727.25	732.75	731.68
S15	258	265	259.25	264.75	263.68	54	734	742	735.25	740.75	739.68
S16	265	272	266.25	271.75	270.68	55	742	750	743.25	748.75	747.68
S17	272	279	273.25	278.75	277.68	56	750	758	751.25	756.75	755.68
S18	279	286	280.25	285.75	284.68	57	758	766	759.25	764.75	763.68
S19	286	293	287.25	292.75	291.68	58	766	774	767.25	772.75	771.68
S20	293	300	294.25	299.75	298.68	59	774	782	775.25	780.75	779.68
HIPER BAND						60	782	790	783.25	788.75	787.68
S21	302	310	303.25	308.75	307.68	61	790	798	791.25	796.75	795.68
S22	310	318	311.25	316.75	315.68	62	798	806	799.25	804.75	803.68
S23	318	326	319.25	324.75	323.68	63	806	814	807.25	812.75	811.68
S24	326	334	327.25	332.75	331.68	64	814	822	815.25	820.75	819.68
S25	334	342	335.25	340.75	339.68	65	822	830	823.25	828.75	827.68
S26	342	350	343.25	348.75	347.68	66	830	838	831.25	836.75	835.68
S27	350	358	351.25	356.75	355.68	67	838	846	839.25	844.75	843.68
S28	358	366	359.25	364.75	363.68	68	846	854	847.25	852.75	851.68
S29	366	374	367.25	372.75	371.68	69	854	862	855.25	860.75	859.68
S30	374	382	375.25	380.75	379.68						
S31	382	390	383.25	388.75	387.68						
S32	390	398	391.25	396.75	395.68						
S33	398	406	399.25	404.75	403.68						
S34	406	414	407.25	412.75	411.68						
S35	414	422	415.25	420.75	419.68						
S36	422	430	423.25	428.75	427.68						
S37	430	438	431.25	436.75	435.68						
S38	438	446	439.25	444.75	443.68						

Табела 3. CCIR стандард за PAL B/G систем

2.7. Пријемни антенски систем за земаљску ТВ дифузију

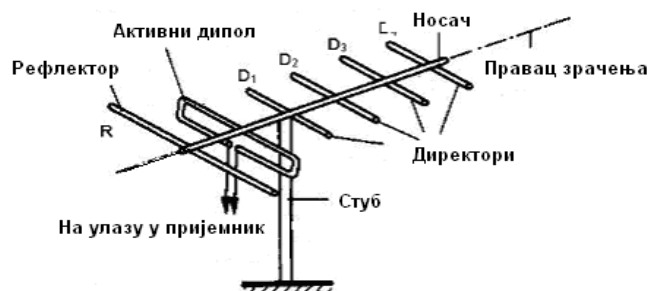
Пријемни антенски систем за земаљску аналогу или DVB -T треба да обезбеди квалитетан сигнал, како би се он успешно дистрибуирао до корисника. У телевизијској антени индукује се електрична струја услед постојања електромагнетног поља које потиче од великог броја разних аналогних и дигиталних предајника. Јачина пријемног електромагнетног поља зависи од снаге предајника, од растојања између предајника и пријемне антене, усмерености антене и полоризације таласа који стиже до антене. Потребно је да се обезбеди што већи ниво улазног сигнала, са што мање сметњи. Код предајника ближих антенском систему, зависност нивоа сигнала у функцији висине израженија је него код предајника који су даље. Код мерења пријемних сигнала треба идентификовати и лоцирати сметње на фреквенцијама пријемних канала (да ли су сметње други сигнали, сабрани са одабраним сигналом или потичу од рефлексије сигнала). Временски стабилне сметње, које одступају од пријемног смера за више од 30° , могу се умањити употребом усмерених антена. Код постављања антена у урбаним срединама, мора се водити рачуна о утицају електромагнетног зрачења кућних уређаја, индустријских и других постројења. Ниво сметњи које потичу од радиорелејних веза треба да буде мањи за 26dB од нивоа корисног сигнала. Највећа промена сигнала, услед разних утицаја, не сме да буде већа од 3dB. За земаљску дифузију најчешће се користе Уаги и Логаритамске антене. Уколико је мали ниво пријемног сигнала, а сигнал "чист", без сметњи, могу се користити антенски малошумни појачавачи који се постављају ближе антени.

2.8. Пријемне земаљске антене

За пријем радио и ТВ сигнала користе се различите антене, које се разликују по фреквенцијском подручју пријема и по електричним и механичким решењима. За земаљску дифузију најчешће се користе Уаги и Логаритамске антене.

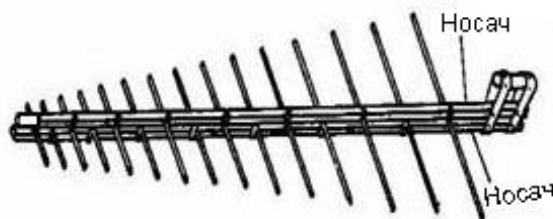
Уаги антене састоје се из линијског низа више паралелних дипола, који су на металном носачу, слика 12. Директор је савијени активни дипол и с његових прикључака одводи се VF сигнал на улазу пријемника. Рефлектори су пасивни диполи и они усмеравају енергију долазећег таласа ка активном диполу. Окрећу се у правцу предајника. Појачање расте повећањем броја пасивних елемената, али се сужава фреквенцијска карактеристика.

Уаги антене су ускопојасне антене намењене пријему сигнала с велике удаљености. Јаги антене разликују се по фреквенцијском подручју пријема, и по електричним и механичким карактеристикама.



Слика 12. Уаги антена

Логаритамске антене су широкопојасне антене које се користе за истовремени пријем сигнала из различитих фреквенцијских опсега (VHF+UHF). Сви диполи паралелно се напајају VF енергијом преко напојног вода, са стране најкраћег дипола. За напојни вод користи се коаксијални кабл карактеристичне импедансе 75Ω , који се увуче у метални носач и везује за најкраћи дипол. Појачање антена је мање него код Yаги антена, мањих су димензија, али су фреквенцијско независне у широком подручју фреквенције. Изглед Логаритамске антене приказан је на слици 13.



Слика 13. Логаритамска антена

2.9. Антенски кабл

Као антенски кабл користи се коаксијални кабл RG 6 или RF 75-7-9/C, 75-омски. При монтажи, не сме да се оштети, нити савија под сувише оштрим углом. Ако би се оштетио заштитни омотач, који је од пластичне масе, у њега би могла да продре влага, па би се повећало слабљење, и кабл би временом почео да пропада. Приликом монтаже коаксијалног кабла, не сме се сувише притегнути обујмица за причвршћивање, јер би дошло до промене пресека кабла на том месту и промене његове карактеристичне импедансе, што би довело до појаве рефлексije ел. таласа. Рефлексija би слабила јачину сигнала у каблу и проузроковала сметње у слици. Кабл се мора тако причврстити да не оптерећује кабловски прикључак на антени, да се не љуља на ветру, и да не виси на прикључку.

2.10. Антенски појачавачи

Користе се за појачање пријемних сигнала, чији ниво није довољан за даљу обраду. Појачавач треба да се повеже што ближе антени због слабљења кабла. Главне карактеристике антенских појачавача су: појачање, шумни број и динамички опсег.

Појачање се изражава у dB, и даје логаритамски однос између излазне снаге (напона) и улазне снаге (напона) сигнала.

$$A_p = 10 \log P_{izl}/P_{ul} [dB], A_u = 20 \log U_{izl}/U_{ul} [dB]$$

Ако је $A = 40dB$, однос снаге је 1:10 000, а напона 1:100.

Шумни број показује квалитет антенског појачавача. Потребно је да буде што мањи, испод 4dB. Шумни број изражава однос снаге сигнала S према снази шума N на улазу система, у поређењу с односом снаге сигнала S према снази шума N на излазу система.

$$F = 10 \log F [dB] = 10 \log ((S/N \text{ na ulazu}) / (S/N \text{ na izlazu})) [dB]$$

Динамички опсег појачавача представља опсег у коме може да се мења ниво сигнала на улазу појачавача, а да сигнал на излазу не претрпи деградацију већу од строго дефинисане. Динамички опсег с доње стране ограничен је шумним бројем појачавача односно минималним допуштеним односом сигнал/шум излазног сигнала, а са горње стране дозвољеним нивоом нелинеарних изобличења.

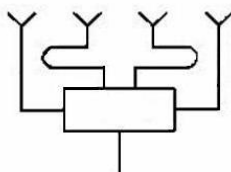
Антенски појачавачи према фреквенцијској карактеристици деле се на каналне и широкопојасне.

Канални појачавачи користе се за појачање слабих пријемних сигнала само једног канала. Помоћу њих постиже се оптимално појачање једног канала и имају мали шумни број. Фабрички су подешени на одређени канал и не смеју се преподешавати без неопходне опреме. Уграђују се у каналне антене.

Широкопојасни појачавачи користе се за појачање у широком фреквенцијском подручју (UHF, UKT, VHF), обично за појачање сигнала који су се предходно здружили фреквенцијском скретницом.

2.11. Антенске скретнице

Употребљавају се за удруживање (спајање), или раздвајање сигнала различитих фреквенцијских опсега (VHF, UKT, UHF,) у један сигнал, који се коаксијалним каблом води даље, слика 14. Антенске скретнице које се користе за удруживање канала имају више улаза, а само један излаз. Могу да буду двоструке, троструке, четвороструке и вишеструке.



Слика 14. Антенска скретница

3. Контролна питања

а) Који фреквенцијски опсег заузима VHF и UHF подручје? Нацртати расположив фреквенцијски опсег за КДС. Колики број аналогних канала може да се пренесе у КДС-у?

б) Колико дигиталних канала може да се преносе у једном аналогном каналу ширине 8MHz?

в) Нацртати структуру RF канала за UHF подручје.

г) Шта је потребно за пријем DVB-T сигнала на: аналогним ТВ пријемницима, рачунару, дигиталним ТВ пријемницима са дигиталним улазом?

д) Које се врсте модулација користе за модулацију дигиталних сигнала код DVB-T, DVB-C и DVB-S?

ђ) Објаснити шта значи појачање, шумни број и динамички опсег антенског појачавача.

е) Каква је разлика између Јаги и логаритамске антене?

ж) На који начин аналогни предајници могу да се замене дигиталним?

з) Како рефлектовани сигнал утиче на квалитет слике код дигиталне телевизије?

и) Како се дефинише BER?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор, потребни за извођење вежбе

1. Пријемна широкопојасна антена РФ сигнала
2. Мерач поља FSM100
3. Каблови и конектори

4.2. Задаци

I. Одабрати четири ТВ канала из VHF и UHF опсега за PAL B/G систем. Мерним инструментом FSM100 измерити ниво сигнала и ниво шума за изабране ТВ канале. Израчунати однос сигнал/шум (S/N) за сваки од канала, фреквенцију носиоца слике, боје и тона. Попунити дату табелу. Упоредити израчунате с измереним вредностима сигнала.

р.бр	број/име канала	ниво сигнала [dBμV]	ниво шума [dBμV]	S / N [dB]	фреквенција носиоца слике [MHz]	фреквенција носиоца боје [MHz]	фреквенција носиоца тона [MHz]
1.							
2.							
3.							
4.							

II. За предходно одабране ТВ канале, измерити:

- Ниво видео носиоца [P_V] - представља ниво носиоца видео сигнала,
- Ниво аудио носиоца [P_A] - представља ниво носиоца аудио сигнала,
- Ниво носиоца боје [P_C] - представља ниво носиоца боје.

На основу измерених вредности за P_V , P_A , P_C , израчунати однос P_V/P_A и P_V/P_C на основу израза:

$$P_V/P_A \text{ [dB}\mu\text{V]} = P_V \text{ [dB}\mu\text{V]} - P_A \text{ [dB}\mu\text{V]},$$

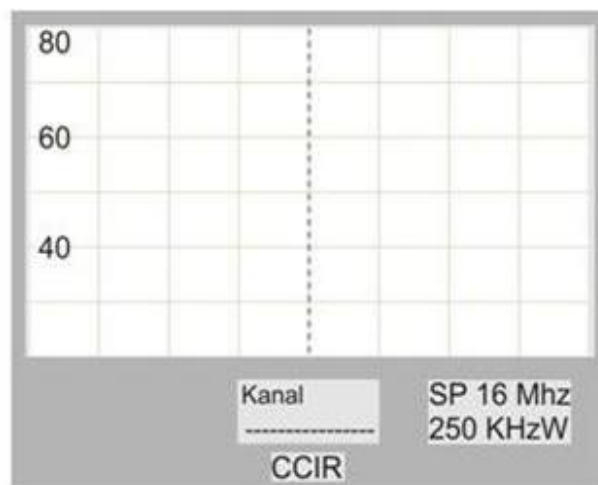
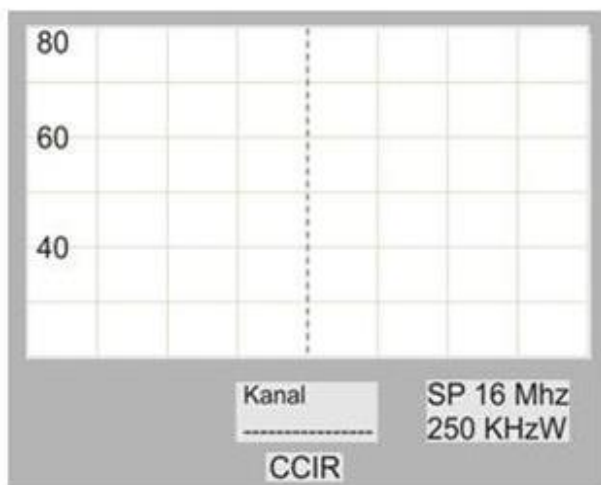
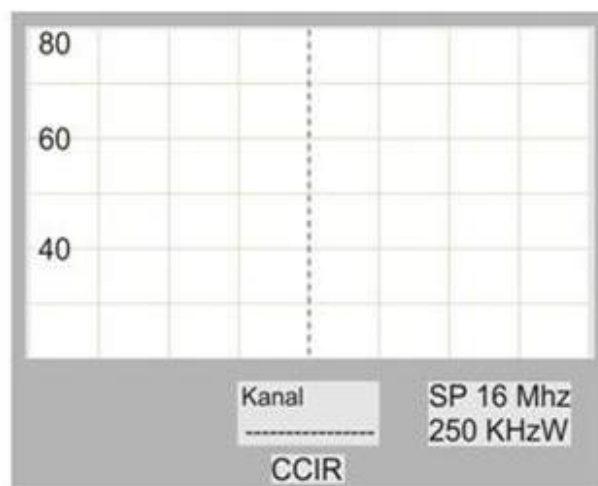
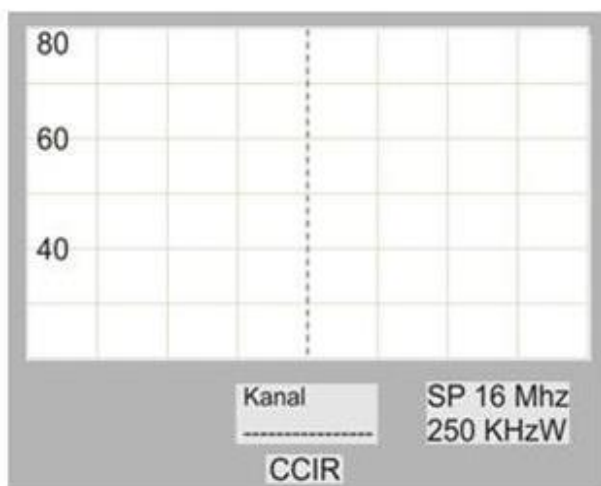
$$P_V/P_C \text{ [dB}\mu\text{V]} = P_V \text{ [dB}\mu\text{V]} - P_C \text{ [dB}\mu\text{V]}.$$

Добијене вредности уписати у табелу. Да ли добијене вредности за P_V/P_A и P_V/P_C задовољавају Cenelec стандард?

р.бр	канал	ниво P_V [dBμV]	ниво P_A [dBμV]	ниво P_C [dBμV]	P_V / P_A [dBμV]	P_V / P_C [dBμV]
1.						
2.						
3.						
4.						

III. Мерни инструмент пребацити у мод мерења дигиталних сигнала. Изабрати дигитални сигнал DVB-T који се емитује на 22. Или 28. каналу с Авале. Измерити и анализирати квалитет DVB -T сигнала. Упоредити квалитет слике добијен DVB-T сигналом и квалитет слике добијен на неком од аналогних ТВ канала.

IV. На мерном инструменту подесити распон фреквенцијског спектра на 16 MHz, и за 3 аналогна и један DVB-T канал нацртати графички приказ спектра.



Вежба 10:

Поступци модулације аналогних и дигиталних сигнала у телевизији

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) поступцима модулације аналогних телевизијских сигнала,
- б) поступцима модулације дигиталних телевизијских сигнала,
- в) мерењем зависности пријемног нивоа сигнала у односу на фреквенцију емитованог РФ сигнала,
- г) мерење зависности пријемног нивоа сигнала у односу на израчену снагу (ERP) емитованог РФ сигнала.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Сигнали који се појављују на излазу уређаја (микрофона, камере, магнетоскопа) називају се сигнали у основном (природном или физичком) опсегу учестаности или сигнали поруке. Ако би се такви сигнали преносили и ако се њихов спектар не би мењао, имали би пренос сигнала у основном или природном опсегу учестаности. Сигнали у основном опсегу не могу се преносити на велике даљине због слабљења медијума којим се преносе. Ако би се сигнали преносили ваздушно (бежично), биле би потребне предајне антене великих димензија (физичка дужина антене морала би да износи бар $1/10$ таласне дужине сигнала који преноси). На пример, ако би се преносио звук фреквенције 1kHz, била би потребна предајна антена дужине 75 km, ако би се тај звук од 1kHz на неки начин транспоновао у носећи сигнал фреквенције 100 MHz, била би потребна антена много мање дужине (мање од 1m). Избором виших учестаности носиоца долази се у домен, у коме су антене прихватљивих димензија. Модулације се користе када се жели да се сигнал са што мање слабљења и изобличења пренесе бежичним путем или жичаним медијумима.

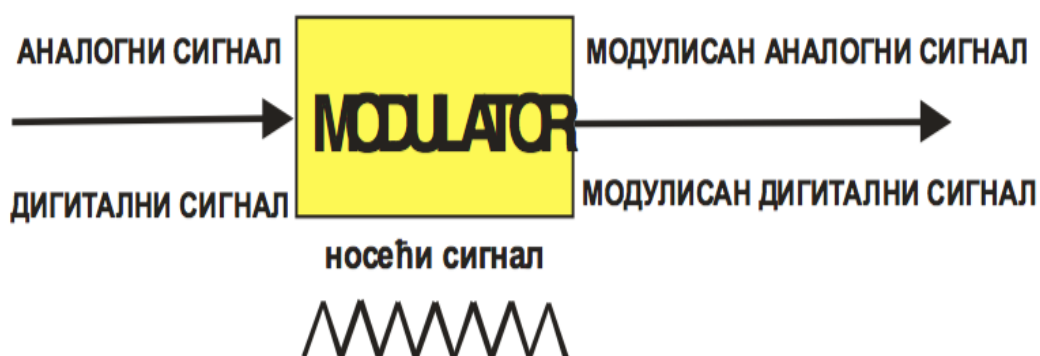
Поступак обраде носећег сигнала (помоћног), у коме се мењају неки од његових параметара (амплитуда, фреквенција или фаза) сагласно променама сигнала поруке (сигнала у основном опсегу), назива се модулација. Модулацијом се спектар сигнала из основног опсега помера у онај део фреквенцијског опсега у коме коришћени преносни медијум има повољнија преносна својства. Основна сврха поступка модулације је да се сигнал, који је потребно пренети, тако обради да буде подесан за пренос. Носилац поруке назива се модулишући сигнал, док се помоћни периодични сигнал назива носилац. Сигнал, који представља резултат обраде, назива се модулисани сигнал. Он се својим особинама много боље прилагођава преносним карактеристикама расположивог медијума и преноси се са што мање слабљења.

Процес обраде модулисаног сигнала у пријемнику, с циљем да се из њега издвоји модулишући сигнал, назива се демодулација. У основи, то је процес који је инверзан процесу обраде сигнала при модулацији. Добијени сигнал на излазу из демодулатора назива се демодулисани сигнал. Модулација и демодулација представљају два

повезана процеса обраде у преносу сигнала. Склоп којим се обавља модулација назива се модулатор, а склоп у коме се обавља демодулација демодулатор. Заједнички назив за модулатор и демодулатор је модем. Модулациони поступци могу да буду аналогни и дигитални.

2.1. Аналогни модулациони поступци

Код аналогних модулационих поступака, модулисани сигнал је континуалан. Као модулишући сигнал користи се сигнал у основном опсегу, а као носилац, сигнал чији је таласни облик синусоидалан. Ако се амплитуда носиоца мења, сагласно променама модулишућег сигнала, добиће се амплитудска модулација (*Amplitude Modulation*, AM), ако је тај параметар фреквенција носиоца, добиће се фреквенцијска модулација (*Frequency Modulation*, FM), односно, ако је то фаза добиће се фазна модулација (*Phase Modulation*, PM). На слици 1. приказан је принцип модулације аналогних и дигиталних сигнала.



Слика 1. Принцип модулације аналогних и дигиталних сигнала

2.1.1. Амплитудска модулација

Када се под утицајем модулишућег сигнала мења само амплитуда простопериодичног носиоца, сразмерно модулишућем сигналу, а његова учестаност и почетна фаза остају константне, онда је у питању амплитудска модулација.

Ако је: модулишући сигнал: $u_m(t) = U_m \cos \omega_m t$,

а носећи сигнал: $u_o(t) = U_0 \cos \omega_0 t$,

где је U_m - амплитуда модулишућег сигнала, U_0 - амплитуда носећег сигнала, ω_0 - кружна фреквенција носећег сигнала, ω_m - кружна фреквенција модулишућег сигнала.

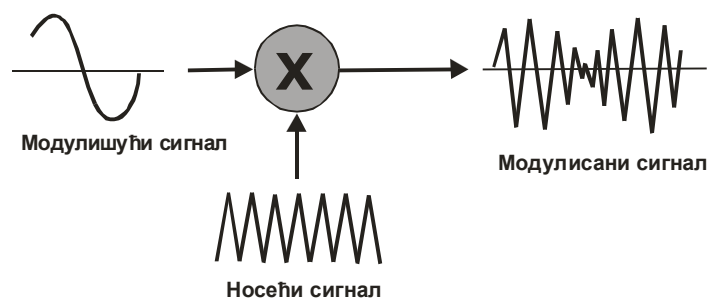
Множењем модулисаног сигнала и сигнала носиоца добија се амплитудно модулисани сигнал $u(t)$, слика 2.

$$u(t) = u_m(t) \cdot u_o(t) = U_m \cos \omega_m t \cdot U_0 \cos \omega_0 t$$

$$u(t) = U_0 \cos \omega_0 t + \underline{m} U_0 \cos (\omega_0 - \omega_m)t + \underline{m} U_0 \cos (\omega_0 + \omega_m)t, \text{ или } 2 \quad 2$$

$$u(t) = U_0 [1 + m \cos(\omega_m t)] \cos(\omega_0 t).$$

где је m индекс или степен амплитудске модулације.



Слика 2. Амплитудно модулисани сигнал

Анвелопа модулисаног сигнала директно је сразмерна модулишућем сигналу. Основни циљ код АМ је да се спектар модулишућег сигнала транслира за ω_0 . Спектар који се налази у опсегу учестаности од ω_0 до $\omega_0 + \omega_m$ назива се виши, горњи бочни опсег, а њему симетричан спектар у опсегу $\omega_0 - \omega_m$ до ω_0 нижи, доњи бочни опсег, слика 3.

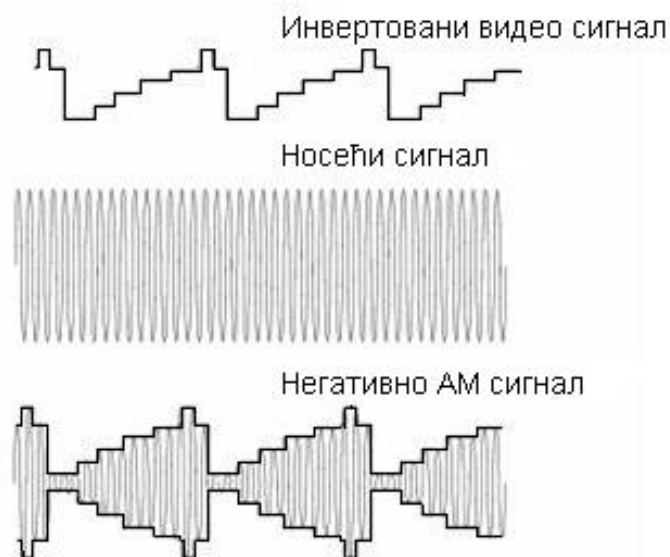


Слика 3. Амплитудна модулација с два бочна опсега

Као резултат модулације, у спектру модулисаног сигнала јавља се: компонента носећег таласа $U_0 \cos \omega_0 t$, и још две симетричне такозване бочне компоненте, чије су амплитуде $mU_0 / 2 \cos (\omega_0 - \omega_m)t$ и $mU_0 / 2 \cos (\omega_0 + \omega_m)t$.

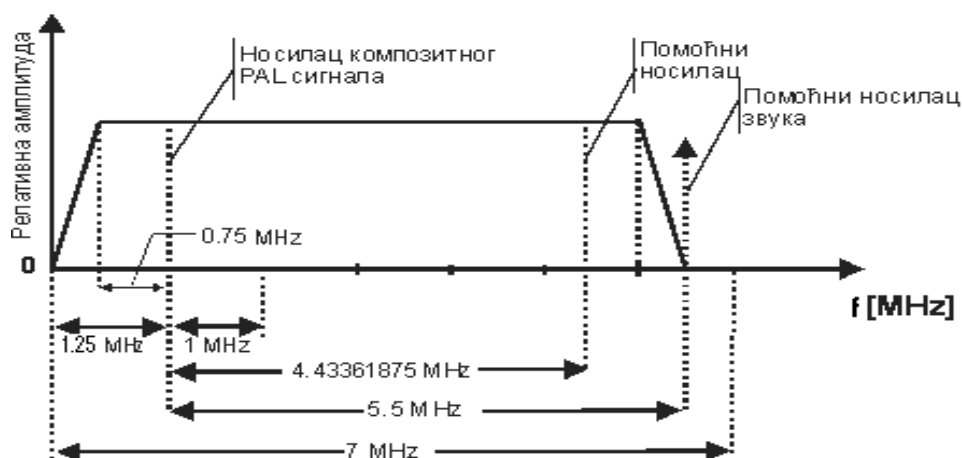
Учестаности ових бочних компоненти симетрично су удаљене од носеће учестаности ω_0 . Свака бочна компонента (опсег) преноси комплетне податке о модулишућем сигналу и зато, по жељи, један се може укинути, а да се при томе не оштети информација која се преноси модулисаним сигналом. Оба бочна опсега носе исту информацију. Ова врста модулације позната је под називом амплитудска модулација с два бочна опсега (АМ - 2БО).

У дифузном преносу аналогног видео сигнала користи се негативна амплитудна модулација са несиметричним бочним опсезима, слика 4. Негативна АМ користи се, зато, што, ако током преноса дође до појаве импулсних сметњи, оне се у слици на ТВ пријемнику репродукују као тамне, па их око мање запажа. Када би се користила АМ с два бочна опсега, за дифузију телевизијског сигнала био би потребан врло широк пропусни опсег.



Слика 4. Негативна амплитудна модулација

Телевизијски сигнал у основном опсегу заузима 5MHz, што значи да би за његов пренос са АМ с два бочна опсега требала ширина канала од 10MHz. Ако се укључи и пренос звука, један телевизијски канал износио би више од 10MHz, па би се у расположивом VHF и UHF фреквенцијском опсегу сместио мали број канала. Теоријски је могуће преносити видео сигнал само у једном бочном опсегу, али у пракси то није могуће, јер видео сигнал има веома изражене компоненте на ниским учестаностима, а њих је тешко отклонити физички остварљивим филтрима. С друге стране, нагло слабљење филтра унело би велики степен фазних изобличења у домену ниских учестаности, а око је врло осетљиво на ту врсту изобличења. Све ово отежава потпуно потискивање једног бочног опсега. Због тога филтер у предајнику постепено одбацује доњи бочни опсег, почевши од учестаности 0,75 MHz, закључно са 1,25 MHz испод учестаности носиоца. Резултујућа ширина канала с несиметричним бочним опсезима за телевизијски сигнал износи 7 MHz за VHF подручје, слика 5, и 8 MHz за UHF подручје, узимајући у обзир и ширину опсега потребног за пренос сигнала звука.



Слика 5. Ширина канала за телевизијски сигнал 7 MHz за VHF подручје

Анализе су показале да, ако би се видео сигнал преносио фреквенцијском модулацијом, била би потребна много већа ширина канала, а и она је знатно осетљивија на изобличења која настају кад до пријемне антене долази више таласа рефлектованих од разних објеката. Са АМ вишеструке рефлексије на ТВ пријемнику стварају вишеструке слике константног међусобног размака, које личе једне на другу. Рефлектовани таласи фреквенцијски модулисаног сигнала стварали би, заједно са директним таласом, сметње које не би имале ништа заједничког с геометријом слике. Оне би се манифестовале као неправилно трепереће шаре, зависне од садржаја слике. Чак и мале амплитуде рефлектованог таласа могле би да произведу велике сметње. Ове сметње биле би јако непријатне за око.

Обрнути поступак, којим се модулисани сигнал поново трансформише у изворни, назива се демодулација, применом одговарајућег филтра лако се изворни сигнал реконструише из модулисаног сигнала.

Демодулација је процес инверзан процесу модулације. Амплитудска модулација реализована је кроз операцију множења модулишућег и сигнала носиоца, из чега произилази да би демодулација требало да буде реализована као операција дељења АМ сигнала и сигнала носиоца генерисаног у пријемнику. Међутим, практично то није могуће урадити, па се демодулација врши тако што се амплитудски модулисани сигнал поново множи с носиоцем исте учестаности и на тај начин се врши ретранслација спектра модулишућег сигнала у његов природни опсег учестаности. Додавање једног филтра пропусника ниских учестаности иза оваквог демодулатора, обезбеђује да се на излазу из филтра добије оригинални модулишући сигнал.

2.1.2. Угаоне модулације

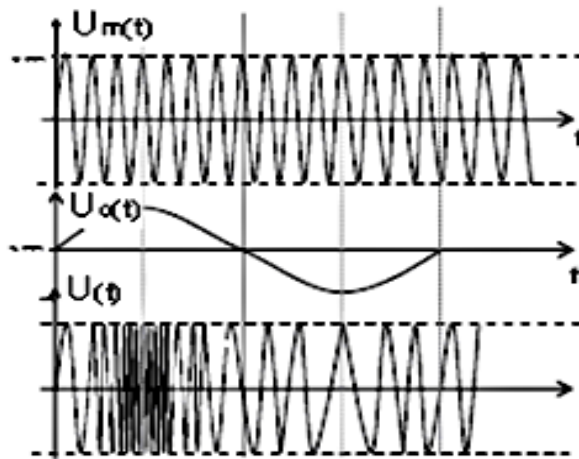
Код угаоних модулација, амплитуда носиоца остаје непромењена, а помоћу модулишућег сигнала мења се угао носиоца. Промена угла носиоца може да се оствари променом његове тренутне фреквенције, или променом његове тренутне фазе. Отуда се угаоне модулације деле на фреквенцијску (*Frequency Modulation*, FM) и фазну модулацију (*Phase Modulation*, PM). У процесу угаоне модулације, амплитуда носиоца остаје непромењена. Изглед фреквенцијски модулисаног сигнала веома је сличан изгледу фазно модулисаног сигнала. Немогуће је уочити разлику, без познавања модулационе функције.

2.1.3. Фреквенцијска модулација

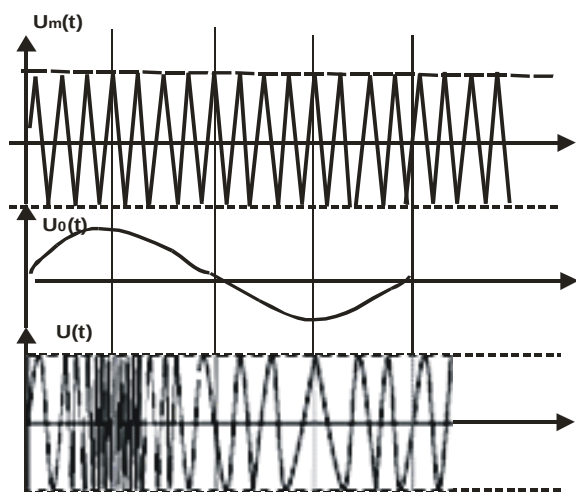
Када је амплитуда носећег сигнала константна, а његова фреквенција се мења по закону сигнала у основном опсегу, таква модулација назива се фреквенцијска модулација. Промена фреквенције сразмерна је амплитуди сигнала из основног опсега, слика 6.

2.1.4. Фазна модулација

Ако се фаза носиоца мења, сагласно променама фазе модулишућег сигнала, добиће се фазна модулација (*Phase Modulation*, PM). Промена фазе носећег сигнала сразмерна је промени амплитуде модулишућег сигнала, слика 7.



Слика 6. Фреквенцијска модулација



Слика 7. Фазна модулација

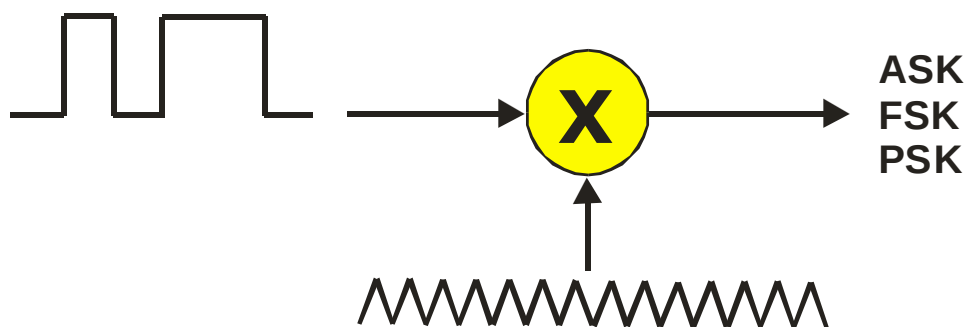
2.2. Дигитални модулациони поступци

Код дигиталних модулационих поступака, таласни облик носећег сигнала увек је синусоидалан. Модулишући сигнал дигиталан је и представљен низом логичких '0' и '1'. Дигитални сигнал, у свом основном (природном) облику, има ограничену снагу и опсег учестаности, па није погодан за пренос на даљину, због великог слабљења кроз медијум којим се преноси и због ширења импулса у времену, што доводи до појаве интерсимболне интерференције. Као и код аналогних сигнала, и код дигиталних постоје разни модулациони поступци за модулацију дигиталних сигнала:

- дигитална амплитудска модулација (*Amplitude Shift Keying, ASK*),
- дигитална фреквенцијска модулација (*Frequency Shift Keying, FSK*) и
- дигитална фазна модулација (*Phase Shift Keying, PSK*).

У сва три случаја, модулација се врши променом неког од параметара (амплитуда, учестаност или фаза) носећег сигнала (синусоидалног сигнала), у складу с вредностима сигнала податка. Дигитални пренос обавља се најчешће, фазном или

фреквенцијском модулацијом, док се амплитудна модулација користи много мање. Принцип дигиталних модулација приказан је на слици 8.



Слика 8. Принцип дигиталних модулација

Комбинацијом ова три основна поступка, може се добити велики број различитих модулација. Комбинацијом два дигитално фазно модулисана сигнала (PSK) с ортогоналним носиоцима, добија се нови модулациони поступак, који се назива квадратурна фазна модулација (*Quadrature Phase Shift Keying*, QPSK). А модулацијом амплитуде и фазе носиоца може се добити модулација која се назива квадратурна амплитудска модулација (*Quadrature Amlitude Modulation*, QAM), итд.

Дигиталне модулације имају одређене предности у односу на аналогне, пре свега, једноставна имплементација, мала вредност вероватноће грешке при малим вредностима односа сигнал/шум, добре перформансе при преносу преко канала с федингом и минимална ширина фреквенцијског опсега.

3. Контролна питања

а) Зашто се сигнали у основном опсегу не могу преносити на велике даљине?

б) Како се назива сигнал који носи поруку, а како сигнал који је носилац поруке?

в) Који се параметар мења код АМ модулације, а који код угаоних модулација?

г) Каква је разлика између АМ модулације с 2 бочна опсега и АМ с једним бочним опсегом и делимично другим?

д) Зашто се у аналогој телевизији, за пренос слике користи негативна АМ модулација?

ђ) Колика је ширина телевизијског канала за VHF и UHF подручје?

е) Како се добија квадратурна амплитудска модулација (QAM)?

ж) Какав је таласни облик носећег сигнала код дигиталних модулација?

з) Које су предности дигиталних у односу на аналогне модулације?

и) Код дигиталних модулација како је представљен модулишући сигнал?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

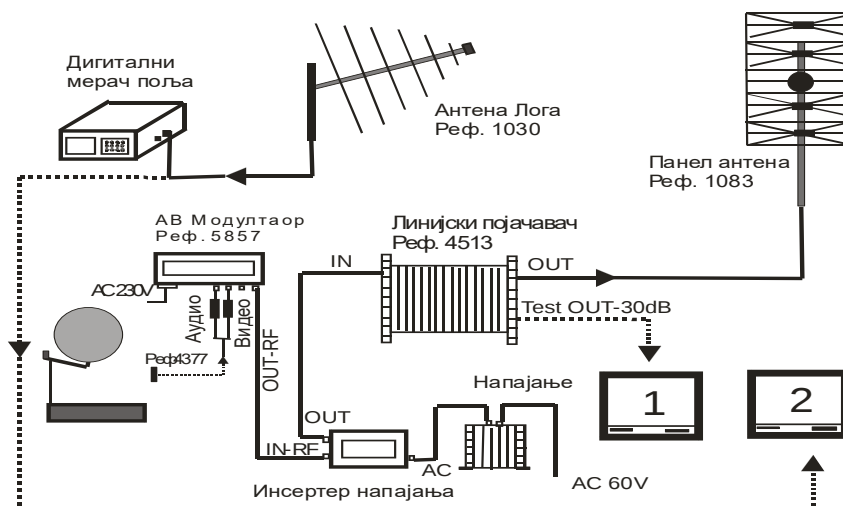
1. АМ модулатор
2. Мерни инструмент FSM100
3. ТВ пријемник
4. Аналогни осцилоскоп
5. Широкопојасни појачавач
6. Сателитска антена
7. Дигитални сателитски пријемник
8. Антене
9. Power инсертер
10. Пратећи каблови и конектори

4.2. Опис вежбе

Одговарајућим кабловима, аудио/видео сигнал из сателитског ресивера, или колор бар генератора, довести на улаз ТВ модулятора. ТВ модулатор врши модулацију улазног сигнала на стандардно VHF и UHF подручје (46 до 862 MHz). Појачавачки део модулятора појачава ниво излазног РФ сигнала на око 80 - 90 dB μ V. РФ сигнал из ТВ модулятора довести на РФ улаз "power insertera", а његов излаз с инсертованим напоном напајања довести на улаз широкопојасног појачавача. Power инсертер (сабирница за даљинско напајање) комбинује РФ сигнал с АС сигналом из јединице за напајање. Један од излаза широкопојасног појачавача довести на UHF панел, а други на улаз контролног ТВ1 пријемника.

Сигнал с Лога пријемне антене довести на улаз мерног инструмента FSM100 и улаз ТВ 2 пријемника.

Преко UHF панел антене емитовати ТВ сигнал. На модулатору мењати фреквенцију излазног канала, а на широкопојасном појачавачу појачање излазног РФ сигнала. Мењати удаљеност UHF панела и Лога пријемне антене. Шема повезивања опреме дата је на слици 1.



Слика 1. Блок шема повезивања уређаја

4.3. Задаци

I. Мерење зависности нивоа пријемног сигнала у односу на фреквенцију емитованог РФ сигнала.

На широкопојасном појачавачу подесити излазни ниво РФ сигнала. Помоћу одговарајућих преклопника на модулатору, мењати фреквенцију излазног РФ сигнала у оквиру целог UHF подручја, а на пријемној антени вршити мерења нивоа пријемних сигнала. Добијене резултате уписати у табели 1.

Р.бр.	Канал	Фреквенција [MHz]	Ниво сигнала на пријему [dBμV]
1.	C-21	470 - 478	
2.	C-30	542 – 550	
3.	C-40	622 – 630	
4.	C-50	702 – 710	
5.	C-60	782 – 790	
6.	C-69	854 - 862	

Табела 1.

II. Зависност нивоа пријемног сигнала у односу на појачање широкопојасног појачавача (снаге предајника).

На широкопојасном појачавачу, мењати појачање излазног РФ сигнала. Мерним инструментом мерити ниво сигнала на Лого пријемној антени. У табели 2, уписати добијене резултате.

Р.бр.	степен појачања [dBμV]	излазни ниво сигнала на појачавачу [dBμV]	ниво сигнала на пријему [dBμV]
1.	+ 0	80	
2.	+ 10	90	
3.	+ 20	100	
4.	+ 30	110	
5.	+ 36	116	

Табела 2.

III. Зависност нивоа пријемног сигнала у односу на растојање између предајне и пријемне антене.

На широкопојасном појачавачу подесити излазну снагу појачавача константном. Мењати растојање између UHF панела и Лога пријемне антене (предајне и пријемне антене). Мерним инструментом мерити ниво сигнала на Лога пријемној антени. У табели 3, уписати добијене резултате.

Р.бр.	излазни ниво сигнала на појачавачу [dBμV]	растојање предајне и пријемне антене (m)	ниво сигнала на пријему [dBμV]
1.	80		
2.	80		
3.	80		
4.	80		

Табела 3.

IV. Мерење амплитудно модулисаних сигнала на различитим дужинама коаксијалног кабла.

На почетку коаксијалног кабла из амплитудног модулатора, довести амплитудно модулисани колор бар сигнал. На различитим дужинама коаксијалног кабла измерити ниво колор бар сигнала који је добијен демодулацијом АМ сигнала. У табели 4, уписати добијене резултате.

Р.бр.	Ниво видео сигнала на улаз у АМ [mV]	Дужина коаксијалног кабла [m]	Ниво демодулисаног видео сигнала [mV]
1.		50	
2.		100	
3.		150	

Табела 4.

Вежба 11:

Мерење и анализа пријемних аналогних и дигиталних (DVB-S) сигнала код сателитске ТВ дифузије

1. Циљ вежбе

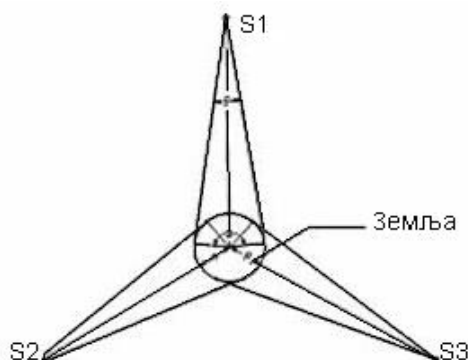
У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) моделом остваривања сателитске везе земља – сателит,
- б) фреквенцијским опсезима сателитских сигнала,
- в) аналогним и дигиталним системима за пренос сателитских сигнала,
- г) сателитским антенама,
- д) мерењем нивоа пријемних аналогних и дигиталних DVB –S сателитских сигнала,
- ђ) мерењем односа S/N и BER (Bit Error Rate).

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Сателитска ТВ дифузија представља пријем ТВ програма помоћу сателита. Сателит се са Земљине површине лансира помоћу ракета и уводи у орбиту. Орбита представља трајекторију кретања сателита под утицајем природних сила, првенствено услед деловања гравитационе силе-земље. Сателит се креће у екваторијалној равни по кружној путањи, која је од површине Земље удаљена око 36000 km. Угаона брзина Земље око своје осе и угаона брзина обртања сателита око Земље међусобно су једнаке. Због тога се сателит увек налази изнад једне тачке на Земљи, односно, посматрано са Земље, сателит се не креће, зато сателитске антене не морају, да се преусмеравају. Сателити овог типа називају се геостационарни сателити.

Уз помоћ три сателита, директно изнад екватора, могуће је електромагнетним таласима покривити скоро целу површину Земље, слика 1. Сваки такав сателит покрива око 40% Земљине површине. Данас око Земљине атмосфере круже разни сателити: Интелсат, Еутелсат, Астра, Хотбирд, ...



Слика 1. Три сателита покривају скоро целу површину Земље

Сваки сателит не покрива, својим сигналом, једнако целу површину Земље, већ само један део. Површина покривеног подручја је облика круга, елипсе, или је неправилно обликована. Величина те површине зависи од снаге сателита. Најачи сигнал је у средини снопа. Идући према ивичним деловима, јачина сигнала опада, да би се на ивицама толико смањила да се не може примати без коришћења вишеметарских сателитских антена. Ако су сигнали у зони покривања већи, потребна је мања антена и обрнуто. Што је снага емитовања сателита мања, то је потребна већа антена, нарочито према ивицама зоне покривања.

Сноп са сателита може се упоредити са светлом батеријске лампе – много је јачи у центру него на крајевима зоне покривања. То је разлог што интензитет истог сигнала (нпр. ТВ канала) није једнак у две различите тачке на Земљи. Због те разлике у интензитету сигнала, у разним географским подручјима, користе се антене различитих пречника за исти сателит.

Коришћење сателита има значајне предности за емитовање и дистрибуцију телевизијског програма, које се огледају, пре свега, у великој зони покривања територије, непотребности изградње мреже предајника и репетитора, могућности преноса већег броја канала истим сателитом, међусобном повезивању удаљених ТВ студија, могућношћу међународних преноса и размене програма.

2.1. Фреквенцијски опсези сателитских сигнала

Да би један програм (сигнал) могао да буде емитован са сателита, мора претходно да буде послат на сателит са предајне земаљске станице. Тај сигнал транспонује се назад ка Земљи, покривајући велику површину. При томе, разликује се сигнал који се шаље према сателиту са земаљске станице (*узлазни сигнал* - »*uplink*«) и сигнал који се шаље од сателита према пријемној антени (*силазни сигнал* - »*downlink*«). Сигнали који се шаљу са земаљске станице према сателиту имају различиту учестаност од сигнала који се шаљу са сателита према пријемној антени, да би се избегла могућност интерференције. За пријем сигнала са сателита користе се фреквенције око 11GHz и 12 GHz, а за слање сигнала на сателит фреквенције око 14 GHz, а означавају се 14/11 GHz и 14/12 GHz. Први број означава опсег узлазне учестаности, други опсег силазне учестаности. Сваки програм према и са сателита емитује се са одређеном ширином опсега учестаности који, зависи углавном од усвојеног стандарда и карактеристика одређеног сателита. Фреквенцијска ширина аналогног канала сателитског трансподера износи најчешће од 27 до 36 MHz, зависно од сателита. Како се квалитет телевизијске слике са 27 и 36 MHz много не разликује, усвојен је стандард за ширину канала од 27-28 MHz. У каналу се, поред слике, преносе радио програми и додатни тонски сигнали (стерео или вишејезички тон) или звук са окружујућом репродукцијом.

На једном сателиту налази се већи број транспондера чији је задатак да приме високофреквенцијски модулисане сигнале емитоване са земаљских емисио-них станица, појачају их, и на другој фреквенцији емитују ка Земљи.

За пренос и пријем телевизијских сигнала са сателита користе се три фреквен-тна банда C, Ku и Ka.

1. **C банд** заступљен је првенствено у Америци, за *Downlink* се користи опсег од 3,7 до 4,2GHz, док се за *Uplink* користи опсег од 5,925 до 6,425GHz. Он је отпорнији на лоше временске услове од Ku и Ka банда.

2. **Ku банд** се користи у Европи, програми са сателита емитују се у опсегу од 10,7 – 12,75GHz. За *Uplink* се користи опсег од 14 – 14,5GHz.

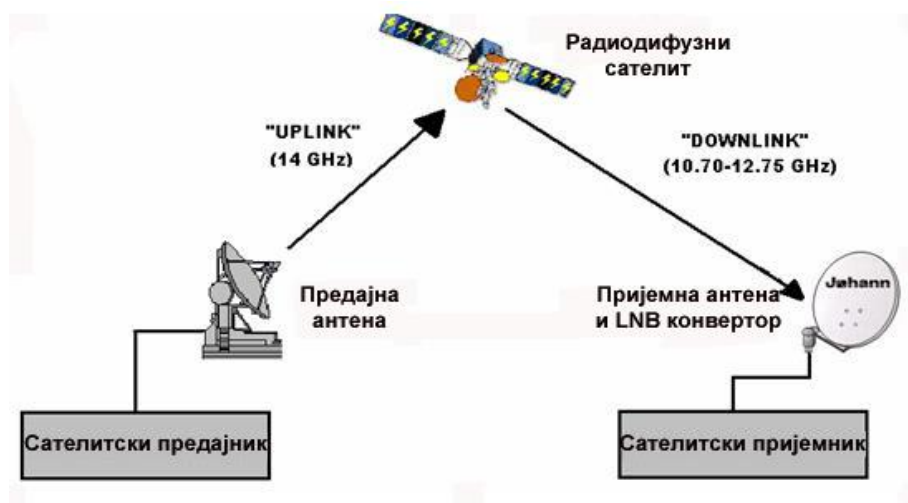
3. **Ка банд** користи за *Downlink* опсег од 18,3 – 18,8GHz и од 19,7 – 20,02GHz, док за *Uplink* користи опсег од 27,5 – 31GHz. Антене које могу да се користе за пријем ових сигнала мање су по димензијама. Ипак, треба имати у виду да је овај банд и најнеотпорнији на временске услове. За сада се овај банд не користи пуно али, имајући у виду велику потражњу за новим капацитетима, посебно након појаве Интернета преко сателита и преноса **HDTV** сигнала, све више ће добијати на актуелности.

Антене у Ку банду много су мање од антена у С банду. Коришћење С, Ку и Ка банда у сателитској телевизији оправдано је из више разлога:

- на располагању је већа ширина фреквенцијског опсега; на тај начин омогућено је повећање броја канала, као и њихово проширење, што омогућава повећање количине информација које се преносе посредством једног сателита;
- приликом слања сигнала са Земље на сателит, могућа је боља усмереност предајних антена са Земље ка малом циљу (сателиту) у свемиру; познато је да се електромагнетни таласи много боље могу усмерити (фокусирати) помоћу једне антене, уколико су њене димензије веће од таласне дужине сигнала који се емитује;
- електромагнетни таласи у микроталасном подручју нису толико подложни утицају шума и сметњи при простирању, као што су тим утицајем подложни сигнали нижих учестаности;
- електромагнетни таласи у микроталасном подручју лако пролазе кроз горње слојеве атмосфере и свемирски простор без рефлексije.

2.2. Модел остваривања везе Земља – сателит

Сигнали на месту пријема јако су мали због великих растојања између геостационарних сателита и пријемних сателитских антена. Снага емитованих сигнала са земаљских станица према сателиту смањује се квадратом растојања. Уз то, узлазни сигнали могу бити додатно ослабљени сигнаlima других земаљских станица ка суседним сателитима, док силазни сигнали могу бити ослабљени сигнаlima који долазе са других сателита који су у близини. Киша може вишеструко ослабити сателитски сигнал, нарочито онај изнад 10 GHz.



Слика 2. Модел остваривања везе Земља – сателит

Модел остваривања везе Земља – сателит приказан је на слици 2. Појачани излазни сигнал води се преко таласовода на предајну параболичну антену станице, која је уперена ка геостационарном сателиту. Ова антена мора да буде неколико пута већег пречника (десетак метара и више), него пријемна антена. Тиме се омогућава да израчена енергија ЕМТ са предајне антене буде концентрисана у врло узак сноп, што је неопходно да се у пријемној антени трансподера на сателиту индукује коректан сигнал. На тај начин се остварује већа прецизност и усмереност енергије. Сателит прима сигнале једном од својих пријемних антена. Сигнали се, након тога, конвертују у другу фреквенцију и појачавају пре него што се пошаљу назад, ка сателитским пријемницима на Земљи. Уређај за конверзију и појачање сигнала на сателиту назива се **транспондер**. Различити сателити опремљени су различитим бројем транспондера. Транспондери на сателиту могу бити **фиксни** – покривају одређени простор на Земљиној површини, и **мобилни** – код њих подручје покривености може да се мења.

У транспондеру сателита примљени сигнал најпре се појачава, онда транслира у опсег силазне учестаности (10,7-12,75)GHz. Како је потребно да снага трансподера буде што мања, то се за пренос користе методе модулације које допуштају уштеду на снази, на рачун проширења фреквенцијског опсега. То су у аналогној сателитској дифузији фреквенцијска модулација (ФМ), а у дигиталној импулсна кодна модулација, у комбинацији с дигиталном фазном модулацијом QPSK. Транспондер представља предајни склоп одређеног канала на сателиту. У аналогној техници, за сваки емитовани програм потребан је један транспондер, док се код дигиталне технологије, на један транспондер може сместити до десетак дигиталних програма.

Код дигиталне технике, сигнал из студија, пре него што се пошаље на сателит, треба да се дигитализује и компримује у неком од MPEG стандарда. На пријемној страни, тај сигнал се прима помоћу пријемне антене и сателитског пријемника. Преко дигиталних пријемника не могу да се примају аналогни сигнали и обрнуто, мада постоје пријемници конструисани тако да примају обе врсте сигнала.

2.3. Сателитске антене

За пријем сателитских сигнала на Земљи користе се параболичне антене, чије димензије зависе од снаге сателитског предајника и зоне покривања сателита. Задатак сателитске антене је да скупља сигнале емитоване са сателита и да их рефлектује и фиксира у једну тачку, односно у фокус или жариште антене.

У фокусу параболе смештен је нискошумни конвертор (LNC, LNB, SNF, *Low Noise Converter*) на који долази високофреквенцијски сигнал f_{ul} са сателита опсега од 10,7GHz до 12,75GHz. Улога LNB конвертора је да скуп све сигнале које рефлектује антена, да их појача (око 50dB, 100.000 пута), и пребаци у друго фреквенцијско подручје (ниже), које је погодно да тај сигнал пренесе коаксијалним каблом до сателитског пријемника. Фактор шума код LNB конвертора треба да је што мањи и износи око 0,2dB. На слици 3, приказане су три врсте LNB конвертора: универзални, дупли (twin) и quattro. Сваки LNB конвертор може да се користи само за један банд (C или Ku).



Слика 3. Врсте LNB конвертора

Универзални LNB конвертор користи се за пријем сигнала у целом Ku опсегу и има један излаз за спајање с једним пријемником. Twins LNB конвертор има два излаза и користи се за спајање два пријемника, а quattro за четири пријемника.

Да би LNB могао радити, потребна му је напајање. Напајање добија путем коаксијалног кабла од сателитског пријемника. Пријемник, у LNB конвертор, шаље напон и додатне управљачке сигнале, а LNB конвертор, у пријемник, телевизијски сигнал. Променом напона напајања између две одређене вредности (12 и 17V), мења се поларизација пријемног сигнала. Бира се она која одговара жељеном програму (хоризонтална или вертикална). Напон од 12V (код неких LNB конвертора тај напон је 14V) активира вертикалну поларизацију, а напон од 17V (код неких LNB конвертора тај напон је 18V) активира хоризонталну поларизацију. Да ли ће бити хоризонтална или вертикална поларизација зависи од правца вектора електричног поља према еквипотенцијалној равни. Електромагнетни талас представља комбинацију електричног и магнетног поља. Та два поља увек се јављају заједно. Ако је вектор електричног поља нормалан на правац вектора магнетног поља, а њихов резултантни вектор нормалан на правац простирања таласа, има се линеарна поларизација (хоризонтална или вертикална). Уколико вектор електричног поља није нормалан на правац вектора магнетног поља, има се кружна поларизација.

Фреквенцијски опсег пријемних сигнала са сателита подељен је на два подопсега, low од 10,7GHz до 11,7GHz и high банд од 11,7GHz до 12,75GHz. Промена опсега врши се додавањем још једног сигнала (сигнала учестаности од 22kHz) напону који се шаље у LNB конвертор. Low банд укључен је када нема сигнала од 22kHz, а high банд када је

присутан сигнал од 22kHz. Промена пријемног подручја врши се у LNB конвертору променом учестаности локалног осцилатора на 9,75GHz и 10,6GHz. Код старијих пријемника, сигнал од 22kHz је у аналогном облику, а код новијих је у дигиталном облику и назива се DiSEqC (Digital Satellite Equipment Contro Sistem, дигитално управљање сателитском опремом). Сигнал од 22kHz користи се као носећи сигнал за DiSEqC управљачке сигнале у сложенијим пријемним системима. DiSEqC протокол садржи 256 наредби помоћу којих је могуће мењати команде за управљање моторизованим антенама, избор различитих сателита, избор конвертора код система с једним заједничким рефлектором, аутоматско скретање антенског система приликом промене жељеног сателита итд.

Изразна фреквенција f_{mf} из LNB конвертора за Ku банд може се израчунати помоћу једноставне формуле:

$$f_{mf} = f_{ul} - f_0,$$

$$f_{mf} = 10,7 - 9,75 = 950\text{MHz}; 12,75 - 10,6 = 2150\text{MHz}.$$

Ово је фреквенцијско подручје које може да прими сателитски пријемник (950 - 2150)GHz.

Хоризонтална и вертикална поларизација, као и low/high банд код данашњих LNB конвертора, бирају се следећом комбинацијом напона и сигнала од 22kHz:

- 12V/350mA – low банд, вертикална поларизација (без 22 kHz),
- 17V/200 mA – low банд, хоризонтална поларизација (без 22 kHz),
- 12V/ 22kHz / 350 mA, high банд, вертикална поларизација,
- 17V /22 kHz / 200 mA, high банд, хоризонтална поларизација.

LNB конвертор у зависности од добијеног напона одређује low/high банд и H или V поларизацију, појачава сигнал и прилагођава га фреквенцијском опсегу пријемника.

Постоје неколико врста сателитских антена: обичне параболоидне, offset, мултифокус антене.... Разликују се по конструкцији и начину фокусирања сигнала.

- **Обична параболоидна антена**, у математичком смислу, представља тело добијено ротацијом једне параболе око њеног темена. Код ње се фокусна тачка налази у центру тела, слика 4. LNB конвертор код ове антене налази се изнад средине антене. Димензије ове антене мало су веће од димензија offset антена.
- **Код offset антена**, фокусна тачка није централно постављена, већ се налази на ивици тањира, те је засењивање мање, а степен искоришћености површине већи. Offset антена је мањих димензија и стоји усправније у односу на обичне антене, тако да током зимских месеци има мање проблема с таложењем снега, слика 5.



Слика 4. Параболоидна антена



Слика 5. Offset антена

2.3.1. Карактеристике сателитских антена

Неке од важнијих карактеристика антена су:

- појачање,
- ефикасност,
- пријемни угао и
- шум.

Појачање (добитак, gain) сателитске антене изражава се G параметром, он показује степен фокусирања рефлектованог сигнала у жижу, и зависи од величине антене. Што су веће димензије антене, више сигнала одбија се од површину антене, па је и појачање антене веће и обрнуто. Појачање антене изражава се у dB и за offset антену од 90 cm износи око 39dB, а за антену димензије од око 150cm око 45dB. Ова разлика нарочито је значајна када се примају програми са сателита који имају слабији сигнал, па разлика од неколико dB значи да се прима, или не прима програм. Појачање G параболичне антене може се представити изразом:

$$G = \eta \left(\pi D / \lambda \right)^2,$$

где су:

G - појачање антене,

η - ефикасност антене,

D - пречник антене и

λ - таласна дужина сателитског сигнала.

Појачање антене изражава се у децибелима (dB), тако да се претходни изр-аз може представити као:

$$G_{(dB)} = 10 \log [\eta (\pi D / \lambda)^2].$$

У табели 2. дато је појачање параболичне антене за неколико типичних пречника антене и за ефикасност од 65%, на учестаности од 12 GHz.

пречник D(m)	појачање G(dB)
0,8	38,1
1,0	40,1
1,2	41,6
1,5	43,6
1,8	45,2
2,0	46,1

Табела 1. Однос пречника и појачања антене

Ефикасност антене показује који је део примљене енергије сателитског сигнала заиста рефлектован и фокусиран у пријемни левак, у односу на идеалну сателитску антену, чија ефикасност износи 100%. Ефикасност за данашње сателитске антене износи од 45% за врло лошу антену, до 80% за одличну антену, с параболичним рефлектором. Овај параметар зависи од величине антене и од квалитета завршне обраде рефлектора. Ако је рефлектор грубо обрађен малим удубљењима или испупчењима, биће довољно да се смањи количина рефлектованог сигнала, што ће смањити и ефикасност антене, и појачање антене.

Пријемни угао (beam width, ширина снопа), одређује колика област (велика или мала) из свемирског простора може да буде детектована с антене на LNB конвертор. Мери се у степенима. Антена прима сигнале с више сателита, зато је важно да пријемни угао буде што мањи, јер ће таква антена да рефлектује сигнал само са жељеног сателита. У односу на сателит, то је 2-3 степена, некад и мање. Грешка од 1 степена производи промашај од око 750km. Растојање од сателита је близу 36 000 km.

$$\alpha = 70 \lambda/D, \text{ где је}$$

α - пријемни угао, у степенима,

λ - таласна дужина, дата у метрима и

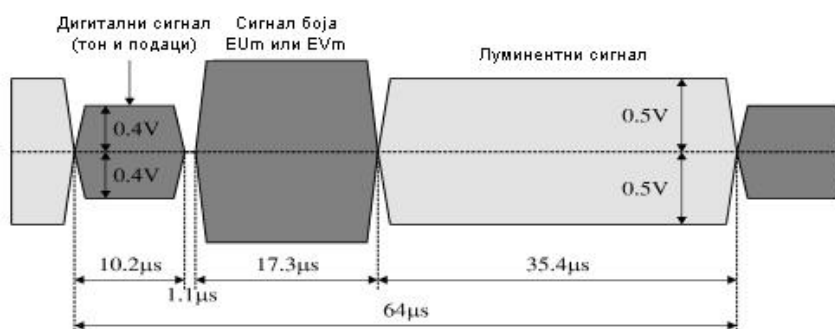
D - пречник параболичног рефлектора, дат у метрима .

Шум сателитске антене карактеристика је која показује колику количину шума који се генерише у околини може да детектује параболични рефлектор. Шум је додатни сигнал који антена додаје основном сигналу. Највећи део тога шума може да буде придодат с другог сателита, или с неког трећег извора.

2.4. Пренос и емитовање аналогног сигнала посредством сателита

За пренос сигнала у аналогој сателитској радиодифузији користи се FM модулација. Средином осамдесетих година, развијени су ткз. MAC (Multiplexed Analogue Components) системи за сателитско емитовање телевизијског програма SDTV формата али се, поред извесне предности у односу на класична решења нису одржали. У аналогном систему, преноса један сателитски транспондер може преносити само један телевизијски програм.

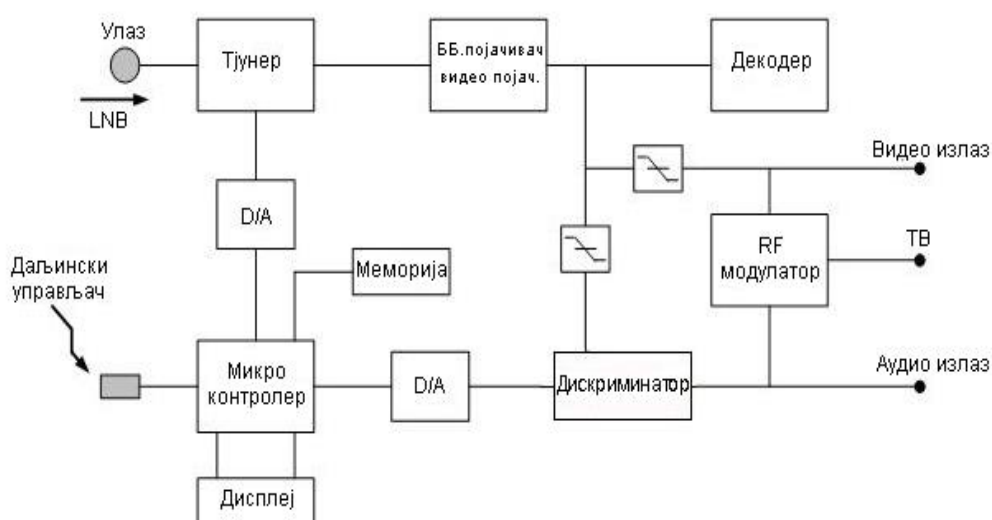
MAC систем развијен је у више варијанти: A-MAC, B-MAC, C-MAC, D-MAC i D2-MAC. Ове варијанте разликују се врло мало. MAC систем, иако је по начину преноса аналоган, дигитално је оријентисан, а заснива се на принципу временске компресије аналогног сигнала, која омогућава одвојен пренос луминентног, хроминентног и сигнала звука. Ови сигнали преносе се као три независне компоненте које су временски распоређене, тако да се прво преноси компонента звука и друге пратеће поруке, затим компонента боје, на крају компонента осветљаја. Овакав пренос информација у пакетима спречава сваку интеракцију између различитих компонента система, што обезбеђује виши квалитет примљене информације. На слици 6, приказан је видео сигнал једне ТВ линије MAC система.



Слика 6. Видео сигнал једне ТВ линије у MAC систему

2.4.1. Аналогни сателитски пријемник

Основни делови аналогног сателитског пријемника су: тјунер, видео и аудио појачавачи, дискриминатор, аналогно-дигитални (А/Д) и дигитално-аналогни (Д/А) конвертори, филтри и микропроцесорски склоп за управљање и контролу рада свих функција пријемника, слика 7.



Слика 7. Блок-шема аналогног сателитског пријемника

Пријемни сигнал с антене, односно конвертора, доводи се путем коаксијалног кабла на улаз сателитског пријемника преко F конектора. Први степен на улазу је тјунер који има пријемни опсег од 950 до 2150 MHz. У њему се сигнал појачава, затим се врши промена његове учестаности, односно одређивање фреквенције канала. Појачан MF сигнал долази на демодулатор (дискриминатор), у коме се обавља демодулација. Из демодулисаног сигнала се, путем скупа филтера и дескриминатора, издваја видео и аудио компонента сигнала. Демодулисан сигнал је или у основном опсегу или је модулисан. Ако је модулисан налази се у неком од UHF канала (21- 69). Повезивање сателитског пријемника са ТВ пријемником или другим уређајима обавља се преко Skart, činč или RF конектора.

2.5. Пренос и емитовање дигиталних сателитских сигнала DVB-S

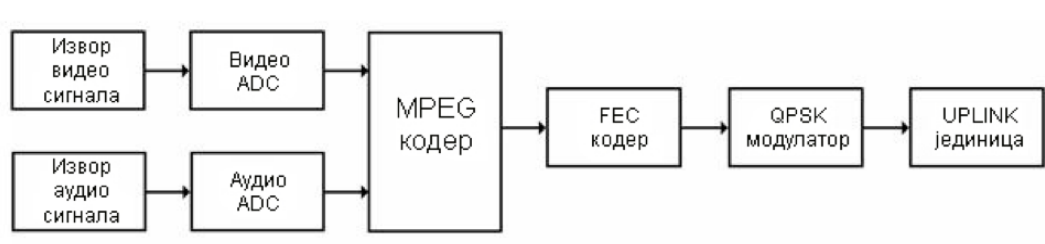
Дигитални пренос телевизијског сигнала омогућава квалитетан пријем са знатно мањим сателитским антенама и коришћење ефикасних кодова за детекцију и корекцију грешака. У Европи, дигитални систем преноса сателитске телевизије базира се на стандарду DVB-S. Модулација је QPSK, а модулациони сигнал је мултиплекс који се састоји од више MPEG -2 сигнала, од којих сваки одговара једном ТВ програму. На тај начин, се преко једног сателитског транспондера, остварује истовремени пренос неколико ТВ програма одличног квалитета репродукције слике и звука. Слика је много оштрија с бољим контрастом, боје нису мутне и не долази до појаве црно - белих цртица (спарклова) на екрану због лошег нивоа сигнала.

Већи број расположивих канала и нижа цена омогућује знатно већи број сателитских програма. Будуће емитовање дигитализованог аудио и видео сигнала посредством сателита (*Digital Satellite Broadcast - DSB*) мора да се посматра у контексту преноса дигиталних програма кабловским системима и преко мреже дигиталних земаљских предајника. Сателитски програми представљају основни извор за дистрибуцију у кабловским системима. Увођењем мрежа DVB -T повећава се број програма и на земаљској мрежи, па сателитски програми постају значајнији за дистрибуцију.

За сателитску бежичну дистрибуцију програма, значајан је напредак у технологији пријемних антена. Развијено је неколико типова малих планарних антена (*Flat Panel Array*) које имају предности у односу на класичне параболичне антене: једноставне су за инсталацију на зиду, доста су стабилне, па је мала вероватноћа померања и рушења у случају јаког ветра, поседују могућност електронске контроле усмеравања дијаграма зрачења, тако да се жељени сателит може бирати без механичке контроле.

2.6. Дигитални сателитски предајник DVB – S

На слици 8, приказана је блок шема дигиталног сателитског предајника.



Слика 8. Блок - шема дигиталног сателитског предајника

Као што је приказано на слици 8, предајник садржи извор аналогног аудио сигнала и извор аналогног видео сигнала, као и аналогно - дигиталне конверторе, који врше конвертовање аналогних сигнала у одговарајуће дигиталне сигнале.

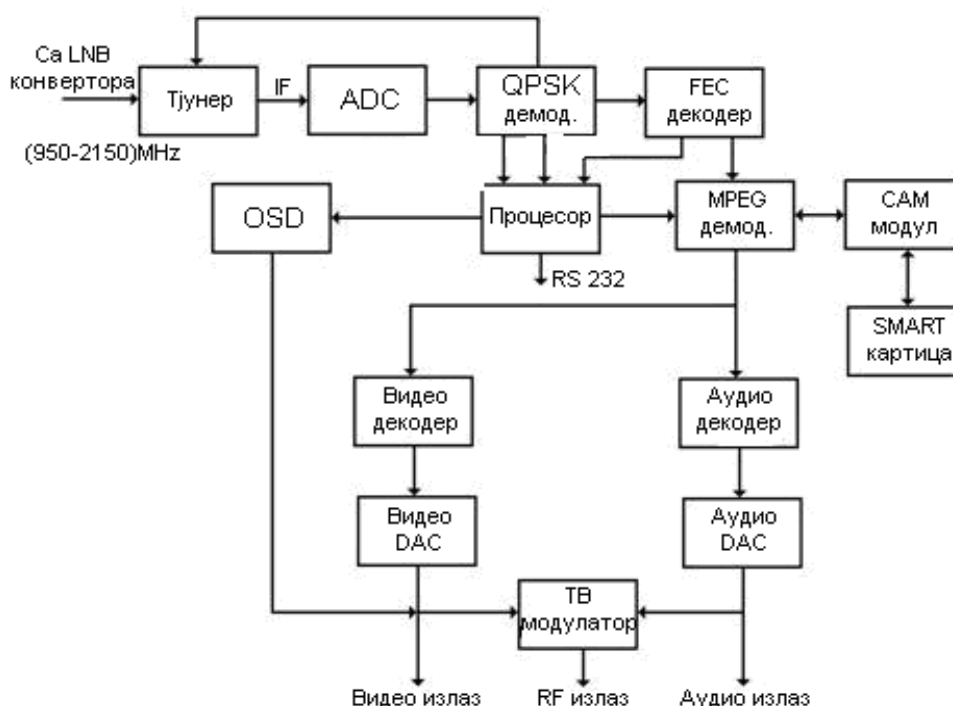
MPEG koder врши компресију и кодовање дигиталних видео и аудио сигнала у складу с дефинисаним стандардима. Кодовани сигнал има облик низа програмских пакета који представљају одговарајуће видео и аудио компоненте. Информације које представљају контролне и друге податке могу се, такође, додати на дати низ података.

FEC koder додаје корекционе податке у програмске пакете са излаза MPEG кодера, како би се у пријемнику омогућила корекција грешке која се јавља дуж преносног пута.

QPSK модулатор модулише носећи сигнал са излазним сигналом FEC кодера. Сигнали се обрађују на учестаности од 14 GHz и као такви се преносе до сателита путем *Uplink* јединице.

2.6.1. Дигитални сателитски пријемник

Ови пријемници намењени су за пријем модулисаних QPSK сигнала, слика 9.



Слика 9. Блок-шема дигиталног сателитског пријемника

Примљени сигнал с антене, односно LNB конвертора коаксијалним каблом се доводи на улаз сателитског пријемника, преко F конектора. *Тјунер* (бирач канала) врши селектовање РФ сигнала који садржи пакет одабраног програма и конверзију селектованог РФ сигнала на одговарајућу нижу фреквенцију (IF - Intermediate Frequency). Тјунер има пријемни опсег од 950 до 2 150 MHz.

После тјунера долазе А/Д конвертор, у коме се аналогни сигнал преводи у дигитални, а затим се врши његова демодулација у QPSK демодулатору. Демодулисани дигитални сигнал води се даље на декодер, после кога се добија сигнал у MPEG-2 облику. MPEG-2 сигнал води се, потом, на демултиплексер и декодер, иза којих се добијају дигитални видео и аудио сигнали. Дигитални сигнали се у одговарајућим колима за Д/А конверзију претварају у аналогне.

Постоје две могућности повезивања сателитског и ТВ пријемника. Први начин је да се аналогни сигнали слике и тона у основном опсегу доводе директно на ТВ пријемник преко Scart конектора, или преко видео и аудио прикључака (чинчева). Квалитет сигнала знатно је бољи и увек, уколико је то могуће, треба употребљавати овакав начин повезивања. Оваквим начином повезивања могуће је добити и стерео тон на ТВ пријемнику.

Друга могућност је да се аудио и видео сигнали у сателитском пријемнику модулишу и пребаце на UHF опсег, па доведу на ТВ пријемник преко антенског RF прикључка. Ово је лошије решење. У овом случају, који је неповољнији, врши се двострука фреквенцијска транслација сигнала (на неки од канала, нпр. 38). Поред лошије слике, не може се добити ни стерео звук.

Данашњи сателитски пријемници могу примати од 5000 до 10 000 програма. Фреквенцијски опсег код већине данашњих пријемника је од 950 до 2150 MHz. Старије

генерације сателитских пријемника имале су нижи фреквенцијски опсег од 950 до 1750 MHz.

Сложенији дигитални сателитски пријемници имају уграђене CI слотове (прикључке) за пријем кодираних програма. У CI слотове убацују се претплатничке SMART картице, величине и облика кредитних картица. Помоћу њих се врши декодирање кодираних програма. Оне се купују на одређени временски период. Картица се убацује у одређени слот на декодеру, преко кога он очитава податке и шифру програма с ње. Због проблема с илегалним уређајима и картицама, телевизијске станице често мењају шифре, како би избегле проблеме с илегалним уређајима и картицама. Данас постоји десетак система кодирања, а најзначајнији су: Irdeto, Mediaguard, Videoguard, Viaccess, Cryptoworks, Nagravision, Betacrypt i Conax.

Код нових дигиталних сателитских пријемника врло је важна могућност надоградње, тј. абејтовање софтвера (односно оперативног програмског система). Поједини произвођачи нови софтвер „избацују“ и неколико пута месечно, уколико се покаже да се лако може копирати или да има извесне недостатке.

Неки пријемници имају могућност аутоматског уписа новог софтвера, који се шаље путем сателита. Пријемник проверава сваки дан, у одређено време, да ли је стигао нови софтвер. Уколико јесте, аутоматски га скида и уписује.

Код других пријемника, нови софтвер убацује се спајањем пријемника, с рачунаром, путем серијског РС 232 прикључка. Нови софтвер скида се с Интернета, најчешће преко странице самог произвођача, и уписује се у пријемник.

Дигитални сателитски пријемници могу се поделити у три групе: FTA, CI и CA.

FTA (Free - To - Air) су најјефтинији пријемници и нису предвиђени за пријем кодираних програма.

CI (Conditional Interface) означавају сателитске пријемнике у којима је могућа накнадна уградња CI слотова.

CA (Conditional Access) означавају сателитске пријемнике у којима су уграђени CI слотови за убацивање SMART картица за декодирање програма.

3. Контролна питања

а) Каква је разлика између обичне и offset сателитске антене?

б) У ком фреквенцијском подручју се налази сигнал који се води од LNB конвертора на сателитски пријемник?

в) Навести фреквенцијски опсег C и Ku банда (Low/High). Колика је учестаност узлазних/силазних сигнала за Ku банд?

г) Које су карактеристике C и Ku банда за пренос/пријем сателитских сигнала?

д) Која је вредност напона и струје, напајања LNB конвертора, потребна за пријем, сателитских ТВ канала у low банду хоризонталне поларизације:

- 12V / 350mA,
- 17V / 200mA,
- 12V /22kHz / 350mA,
- 17V/ 22kHz / 200mA.

ђ) Како временски услови (киша, снег) утичу на простирање сигнала изнад 10GHz?

е) Које фреквенцијско подручје сателитских сигнала из Ku опсега, може примати сателитски пријемник с фреквенцијским опсегом од 950 - 2150MHz?

Фреквенција LNB конвертора је $f_0 = 9,75\text{GHz}$.

Фреквенцијско подручје сателитског пријемника је: $f = \dots\dots\dots\text{MHz}$

ж) Која је улога транспондера?

з) Шта показује параметар који дефинише ефикасност антене?

и) Која је улога DiSEqC протокола?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор, потребни за извођење вежбе

1. Сателитска антена са LNB конвертором,
2. Дигитални сателитски пријемник,
3. Мерни инструмент FSM100,
4. ТВ пријемник,
5. Пратећи каблови и конектори.

4.2. Задаци

I. Са сателита ASTRA 1C -1H82C (19,2° E), измерити мерним инструментом нивое пријемних сигнала за два аналогна канала.

р.бр	канал/ фреквенција	ниво P_v [dB μ V]	ниво P_a [dB μ V]	ниво P_c [dB μ V]	ниво [dB μ V]	S / N [dB μ V]
1.						
2.						

II. Са истог сателита измерити мерним инструментом нивое пријемних сигнала за два дигитална канала.

р.бр	канал/ фреквенција	ниво P_v [dB μ V]	ниво P_a [dB μ V]	ниво P_c [dB μ V]	ниво [dB μ V]	S / N [dB μ V]
1.						
2.						

III. На сателитском пријемнику изабрати сигнал хоризонталне поларизације. На контролној тачки измерити једносмерни напон.

$$U_H = \dots\dots\dots V$$

IV. На сателитском пријемнику изабрати сигнал вертикалне поларизације. На контролној тачки измерити једносмерни напон.

$$U_V = \dots\dots\dots V$$

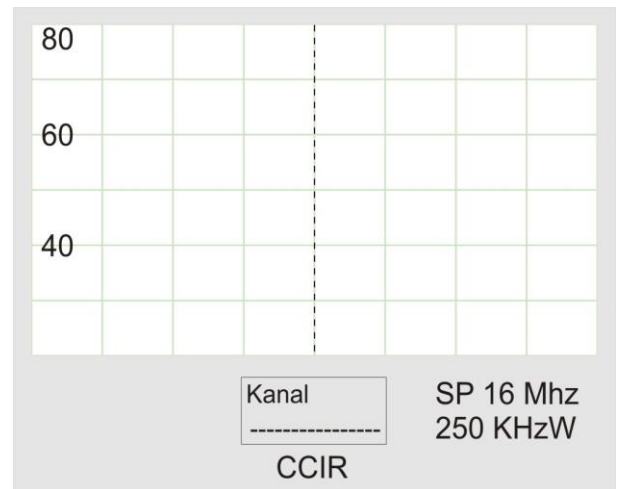
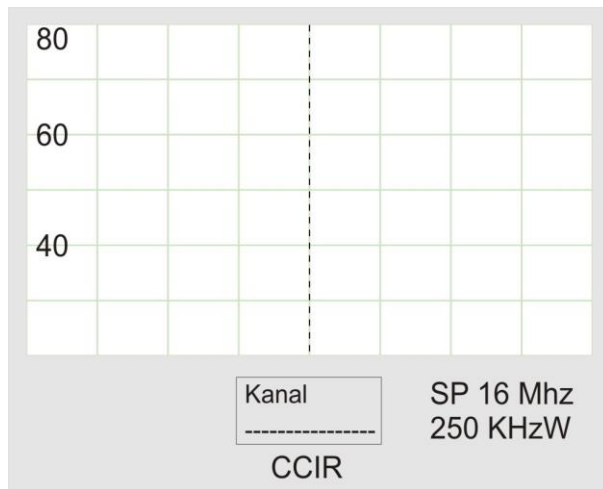
V. Које фреквенцијско подручје може примати сателитски пријемник на вежби?

Најнижа фреквенција MHz, Највиша фреквенција MHz

VI. На мерном инструменту подесити распон фреквенцијског спектра на 16 MHz. Нацртати графички приказ спектра 2 различита сигнала са RF излаза дигиталног сателитског пријемника.

Хоризонтална поларизација

Вертикална поларизација



Вежба 12:

Компресија слике

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) општим принципима компресије слике,
- б) компресијом мирних слика,
- в) компресијом покретних (живих) слика,
- г) стандардима за компресију слике (H.261, H.263, MPEG 1/2/4),
- д) утицајем врсте компресије на квалитет слике,
- ђ) утицајем степена компресије на квалитет слике,
- е) утицајем компресије на синхронизацију слике и звука.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Компресија је смањивање укупне количине аудио и видео података. Смањивање података (компресија података) је могуће јер слика садржи сувишне (исте) податке. Предности које доноси компресија у ТВ су: смањење фреквенцијског опсега телекомуникационог канала којим се преноси ТВ сигнал, смањење капацитета меморије која је потребна за снимање слике (меморисања слике), време приступа подацима се смањује јер се брже прескаче преко материјала, омогућен је трансфер података у реалном времену, смањује се потребна RAM меморија што појефтињује хардвер и доводи до минијатуризације хардвера у телевизији. Смањивањем броја бита мања снага је потребна за емитовање сигнала, тако на пример ако би предајник исте снаге емитовао аналогни и дигитални сигнал за пријем дигиталног сигнала потребна је антена мањег пречника.

Аналогна слика састоји се од линија. Свака линија описана је континуалним таласним обликом. У дигиталној слици линија садржи дискретне таласне облике, а сваки такав дискретан таласни облик зове се елемент слике (пиксел). Дискретне вредности свих елемената слике квантују се са n бита. Број потребних бита рачуна се према изразу

$$n = \log_2(N)$$

где N представља највећи број квантизацијских нивоа, нпр. за $N=256$ добија се да је потребан број бита $n = 8$.

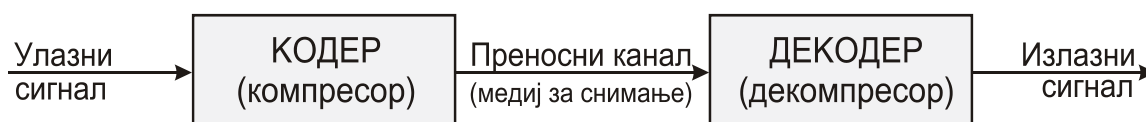
Компресија је поступак смањивања броја бита, који су коришћени за кодирање појединих елемената слике. Степен компресије CR (*Compression Ratio*) дефинише се као однос броја бита по елементу оригиналне слике и броја бита по елементу компримоване слике, односно то је однос између брзине преноса изворног сигнала и брзине преноса компримованог сигнала, или однос величине оригиналне слике подељен са величином компримоване слике.

Ако претпоставимо да је број бита по елементу оригиналне слике 16, а компримоване слике 2 бита по елементу слике, степен компресије је

$$CR = \frac{16}{2} = \frac{8}{1} = 8:1$$

У дигиталној телевизији препоруком ITU-R BT.601 прописани су параметри за дигитални видео сигнал са компресијом и без компресије. Степен компресије не сме бити велики, јер доводи до изобличења у реконструисаном сигналу. Постоје разни начини компресије, који уз исти степен компресије дају различити квалитет сигнала. За одређивање најбољег односа компресије и најбоље технике користи се субјективна и објективна оцена квалитета слике.

У телевизији на предајној страни сигнал се у кодеру компримује пре слања кроз канал, тако да се смањује потребна брзина преноса сигнала, а на пријемној страни у декодеру се компримовани сигнал враћа у изворно стање поступком декомпресије, слика 1. Једним именом кодер и декодер називају се кодек. Кодек представља алгоритам за компресију и декомпресију сигнала у реалном времену.



Слика 1. Преносни систем

У радиодифузији мања брзина преноса захтева мању ширину канала и мању потребну снагу предајника. При снимању сигнала коришћењем компресије смањује се потребан капацитет медија за чување и он је директно пропорционалан односу компресије. За архивске потребе то знатно смањује потребан простор и цену саме архиве.

2.1. Општи принципи компресије

У свим конвенционалним дигиталним системима ограничен је број бита по одмерку а такође и брзина преноса. Брзина преноса ограничава количину података која се може пренети у неком временском интервалу.

Циљ сваког поступка за компресију је препознати и послати само користан, односно променљиви део улазног сигнала. Тај корисни део сигнала назива се ентропија. **Ентропија** представља корисне информације у слици. Остали, непромењиви део улазног сигнала назива се **редунданса**, слика 2.

Међутим, у реалним условима преноса, пожељно је пренети и део редундансе да би се омогућила лакша реконструкција информације које се могу изгубити у преносу. Другим речима, пренос сигнала је отпорнији на сметње ако извесна редунданса постоји. Све одлуке о одвајању ентропије од редундансе и о начину и степену компресије обављају се у кодеру на предајној страни, а на пријемној страни реализује се декодер као склоп потпуно инверзан кодеру, да би могао да обави декодовање примљеног сигнала што је могуће боље.

Ентропија представља минимум просечне количине информација по бинарној вредности одмерка, које треба да буду сачуване да би се отклонила неизвесност у

реконструисаној слици. Ако се у поступку компресије број битова смањи испод вредности ентропије слике, онда ће неки подаци у слици бити изгубљени.

Редундансу чине делови сигнала који не преносе никакве информације, и који се на основу статистичке анализе слике могу поново добити. Другим речима, видео сигнал садржи знатну количину података које није потребно преносити. Разлог томе је чињеница да на већем делу површине слике има врло мало или уопште нема детаља. Редунданса детаља зависи од статистичке повезаности суседних одмерака, као и од њихове расподеле вероватноће. Користећи се статистичком анализом видео сигнала и погодним начином кодовања могуће је смањити редундансу, а самим тим и потребни капацитет преносног канала.



Слика 2. Ентропија и редунданса

Већа ентропија значи мању редундансу. У принципу, редундансу није уопште потребно преносити. Међутим, у реалним условима преноса, део редундансе се ипак преноси да би се омогућила реконструкција информација које су се изгубиле у преносу, тј. сигнал је отпорнији на сметње ако редунданса ипак постоји.

Поступци компресије могу бити са губицима (*lossy*, нереверзибилна компресија) и без губитака квалитета слике (*lossless*, реверзибилна).

Компресија без губитака (*lossless*), код ове компресије не може се постићи значајно смањење броја битова, али се не смањује ни квалитет слике. Циљ "*lossless*" технике компресије је редуковање количине информација садржане у слици (видео сигналу), али под условом да се мора задржати квалитет оригиналне слике, тј. после декомпресије морају се добити идентични подаци као пре компресије. Слика на пријему може се потпуно регенерисати као оригинална. Заснива се на статистици података. Не уноси губитак података нити грешку.

Користи се у медицини за компресију различитих снимака код којих би сваки губитак могао довести до неупотребљивости и нетачности. Користи се и за компресију мултимедијалних података када се жели максималан квалитет. Има врло ограничене могућности, па се чешће користи компресија са губицима. Степен компресије је ограничен и износи од 1:2 до 1:8.

Компресија са губицима (*lossy*) омогућава велики степен компресије уз не приметан пад квалитета. Проналазе се и смањују подаци који су мање значајни за људски визуелни систем. Код ове компресије постоји разлика између изворне слике пре компресије и реконструисане слике након компресије. Ако је компресија квалитетно изведена људски визуелни систем неће приметити разлику. Приликом компресије долази до губитка података. Проналазе се подаци који се могу уклонити, али тако да њихово уклањање не утиче на изглед слике. Степен компресије износи од 2 до 100. Користи се код аудио и видео записа, рачунарске графике и скенираних слика.

Данас не постоји универзални стандард за компресију видео сигнала, што представља главни проблем за његову примену у телевизијској продукцији. Уместо тога постоји знатно шаренило у примењеним методама компресије, што често доводи до некомпатибилности софтвера и опреме различитих произвођача.

Да би се обезбедила поуздана комуникација између корисника који користе опрему и софтвера различитих произвођача извршена је стандардизација метода компресије. Обзиром на то, данас, у зависности од квалитета и примене (телевизија, мултимедијални сервиси, видео конференције, видео телефонија и слично), постоји више стандарда: *JPEG*, *MPEG 1*, *MPEG 2*, *MPEG 4*, *H.261*, *H.263*, *H.264*, *HEVC* итд.

2.2. Компресија мирних слика

Међународна организација за стандарде *ISO* (*International Organization for Standardization*) и међународно телекомуникацијско удружење - сектор телекомуникација *ITU-T* (*International Telecommunication Union - sector Telecommunications*) основали су 1986. године групу *JPEG* (*Joint Photographers Experts Group*) која је имала за циљ да осмисли алгоритме компресије мирне слике, који ће бити упоредиви и компатибилни са у том тренутку постојећим алгоритмима на тржишту. Предложени алгоритми требало је да буду примењиви на сваку врсту дигиталних слика, без обзира на резолуцију и начин представљања боја. Нису смели да буду превише рачунски компликовани, тако да су могли да се имплементирају са прихватљивим перформансама, како у хардверу тако и у софтверу. Предложени алгоритми морали су да узму у обзир зависност између сјајности суседних тачака, статистичку сувишност између слика, карактеристике људског вида, савремене математичке методе као и математичке трансформације обраде сигнала слике.

Рад на стандардизацији започет је 1986. године, а завршен 1992. године када је донесен стандард за дигиталну компресију и кодовање мирних слика *ISO/IEC IS 10918 "Digital Compression and Coding of Continuous Tone Still images"*. Скраћени назив стандарда је *JPEG*.

Одмах после усвајања настале су бројне софтверске и хардверске имплементације *JPEG* стандарда. Данас су бројне софтверске имплементације, које се користе на персоналним рачунарима и радним станицама, где се сигнали брзо кодују и декодују по *JPEG* стандарду. *JPEG* софтверске имплементације се данас срећу под свим важнијим оперативним системима: *MS-Windows*, *MS-DOS*, *OS/2*, *X-Windows*, *Macintosh* и др. Практично сви комерцијални програми за приказ и обраду слика подржавају *JPEG* стандард. Основа *JPEG* стандарда је дискретна косинусна трансформација *DCT* (*Discrete Cosine Transform*).

2.3. Дискретна косинусна трансформација

Дискретна косинусна трансформација настала је из Фуријеове трансформације, а њена суштина је да сигнал из временског домена преведе у фреквенцијски домен. Помоћу ње се вредности елемената слике претварају у коефицијенте који се даље лакше могу подвргнути поступку компресије. Она не врши компресију. Помоћу ње се само изворни елементи слике претварају у облик из којег је могуће јасно одредити редундансу. Другим речима, Дискретном косинусном трансформацијом врши се разлагање произвољног дискретног сигнала у синусоидалне компоненте различитих учестаности, које показују колико брзо се мења сјајност или боја. Цела слика дели се на блокове 8x8. Дискретна косинусна трансформација врши се на сваки блок слике 8x8.

Дискретна косинусна трансформација описана је следећим изразом,

$$F(u, v) = 2 \frac{C(u) \cdot C(v)}{\sqrt{M \cdot N}} \left[\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \cos \frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{2M} \cdot \cos \frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{2N} \right],$$

а њој инверзна трансформација, IDCT, изразом.

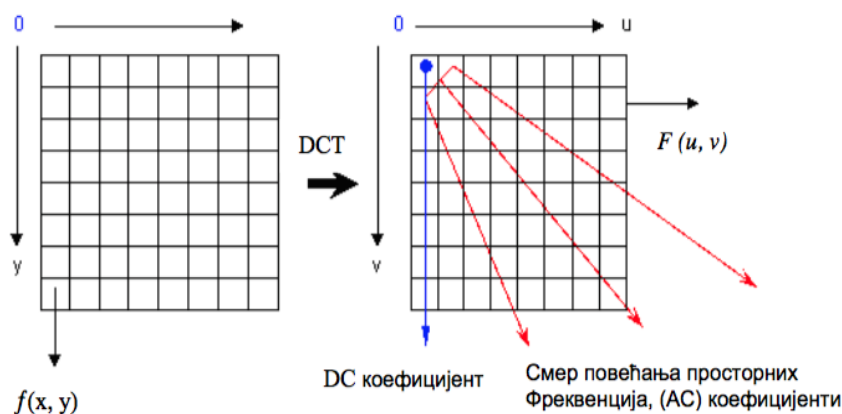
$$f(x, y) = 2 \cdot \frac{C(u) \cdot C(v)}{\sqrt{M \cdot N}} \left[\sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \cdot \cos \frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{2M} \cdot \cos \frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{2N} \right],$$

где су M и N број редова и колона матрице над којом се врши DCT.

$f(x, y)$ представља дискретну вредност елемената слике у блоку са координатама x, y , према слици 3. Блок 8x8 сматра се идеалним за дискретну косинусну трансформацију.

Као резултат DCT-а настаје матрица са вредностима трансформацијских коефицијената $F(u, v)$ и координатама uv . $C(u)$ и $C(v)$ су константни чланови и износе:

$$C(u) = C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \xrightarrow{za} u, v = 0 \\ 1, & \xrightarrow{za} u, v \neq 0 \end{cases},$$



Слика 3. Улазни и излазни параметри DCT трансформације

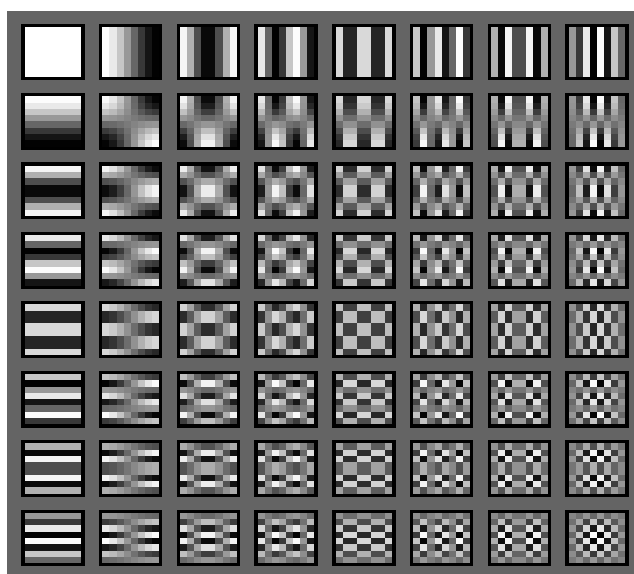
Код *JPEG*-а се користи квадратна матрица величине 8x8 елемената слике. Ако у претходним изразима уврстимо $M = N = 8$, добија се коначан израз за *DCT* трансформацију:

$$F(u, v) = \frac{C(u) \cdot C(v)}{4} \left[\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y) \cdot \cos \frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{16} \cdot \cos \frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{16} \right],$$

и коначан израз за инверзну *DCT* трансформацију:

$$f(x, y) = \frac{C(u) \cdot C(v)}{4} \left[\sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 F(u, v) \cdot \cos \frac{(2 \cdot x + 1) \cdot u \cdot \pi}{16} \cdot \cos \frac{(2 \cdot y + 1) \cdot v \cdot \pi}{16} \right],$$

Слика 4 показује основне таласне облике 8x8 *DCT* трансформације, при чему место таласног облика на слици одговара месту коефицијента у *DCT* блоку.



Слика 4. Основни таласни облици *DCT* трансформације

Из претходних израза уочава се да *DCT* за одређивање сваког *DCT* коефицијента пролази кроз све елементе блока. Да би се добио један *DCT* коефицијент потребно је $8 \times 8 = 64$ операција, што за сва 64 *DCT* коефицијента односно један цео блок даје укупно 4096 операција. За целу слику величине 256×256 елемената слике потребно је: $32 \times 32 = 1024$ (блокова) односно 4096 (операција по једном блоку) што даје 4.194 304 операција, а то је на данашњем степену технолошког развоја прихватљив хардверски захтев.

DCT коефицијенти $F(u, v)$, садрже информацију о фреквенцијском саставу слике. Коефицијент зове се једносмерни или *DC* коефицијент и налази се у левом горњем углу трансформацијске матрице, слика 3. *DC* коефицијент једнак је осморострукој средњој вредности свих *DCT* коефицијената.

$$DC = F(0, 0) = \frac{1}{8} \cdot \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f(x, y),$$

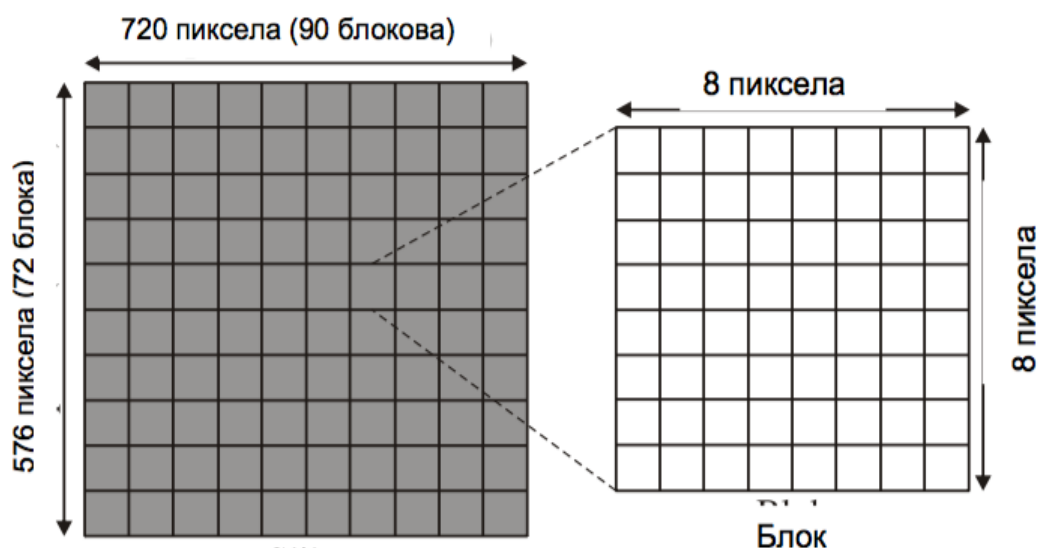
DC коефицијент (горњи леви угао слика 3) садржи највећи део информације о слици и најбитнији је за реконструкцију слике. Представља средњу вредност свих 64 *DCT* коефицијента. Он носи целу информацију о слици. Преостала 63 коефицијента називају се наизменичним или *AC* коефицијентима.

AC коефицијенти садрже информацију о просторним фреквенцијама у блоку односно у слици. Хоризонтални *AC* коефицијенти представљају брзину промене сјајности/боје у хоризонталном смеру а вертикални *AC* коефицијенти у вертикалном смеру. Према слици 3 у смеру повећања координата u, v , смањује се вредност *AC* коефицијената. При томе *AC* коефицијенти који се налазе у околини *DC* коефицијента одговарају нижим просторним фреквенцијама, док *AC* коефицијенти који су смештени према доњем десном углу описују више просторне фреквенције. *DCT* трансформација на основу фреквенцијске анализе над елементима блока врши прераспodelу енергије коју носи поједини елемент у блоку. Највећи део енергије концентрисан је у *DC* коефицијенту и нискофреквенцијским *AC* коефицијентима који га окружују. *AC* коефицијенти нижих просторних фреквенција носе корисније информације него они виших фреквенција. Истраживања су показала да су споре промене у сјајности/боји (мале просторне фреквенције) важније за људско око, тј. ове компоненте су важније за перцепцију слике, док су брзе промене у сјајности/боји мање уочљиве па се могу занемарити.

Када се израчунају *DCT* коефицијенти за блок пиксела могуће је коефицијенте на вишим фреквенцијама (доњи десни угао) приказати са мање прецизности, јер су они мање битни за квалитетну перцепцију слике, док је коефицијенте за ниже учестаности (горњи леви угао), посебно *DC* коефицијент, потребно приказати са више прецизности. То се постиже процесом квантизације.

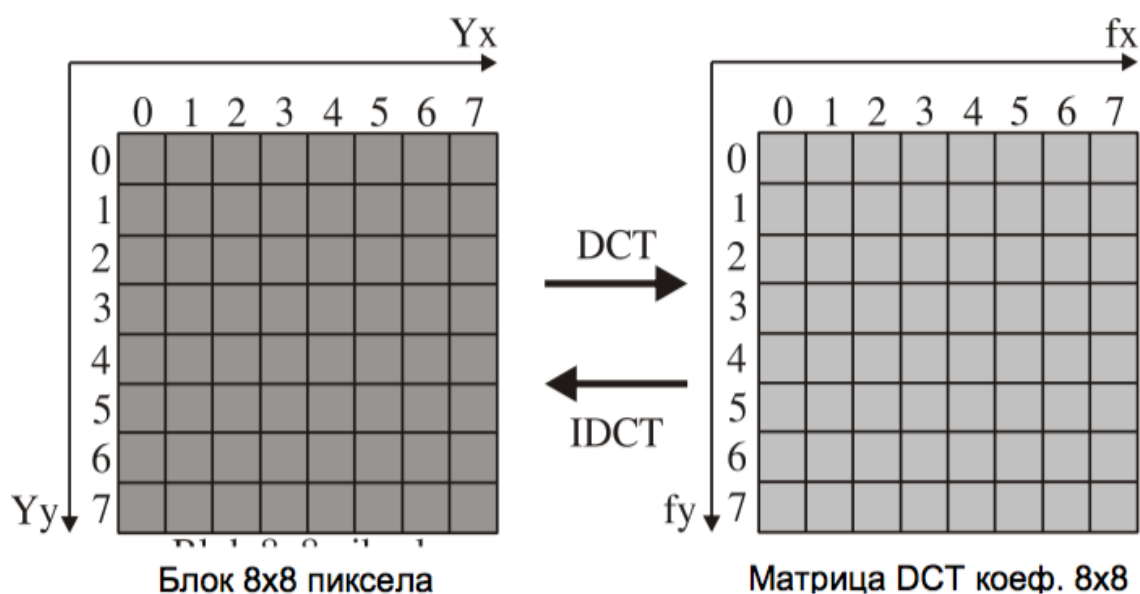
У процесу квантизације сваки *DCT* коефицијент дели се са позитивним целим бројем који је различит од нуле и који се зове квантизацијски број (квантизацијска матрица), а добијени коефицијент се заокружује на најближи цели број. На овај начин се постиже да се више просторне фреквенције, које су мање битне за перцепцију, поставе у нулу или да се представљају са мањим бројем битова, па се декодеру не мора преносити велики број непотребних битова. Преносе се само *DC* коефицијент и *AC* коефицијенти различити од нуле те се тако постиже велика уштеда, тј. компресија информације. Након процеса квантизације већи део информације је садржана у делу матрице са нижим просторним фреквенцијама, док су више просторне фреквенције углавном нуле.

Пример. Поступак Дискретне косинусне трансформације показат ће се на примеру слике са стандардом одмеравања 4:2:2, резолуције 576 активних линија и 720 одмерака по једној активној линији. Ова слика може да се представи са три матрице: луминентном димензија 720x576, и са две колор матрице димензија 360x576. Цела слика дели се на блокове димензија $N \times N$ (8x8), слика 5, тако да слика има 90x72 блокова. Сваки блок је димензије 8x8.



Слика 5. Структура слике и блока

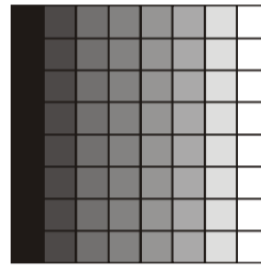
Дискретна косинусна трансформација примењује се на матрицу 8x8 која је придружена блоку $Y(x,y)$ димензија 8x8 пиксела, слика 6. Након DCT трансформације добија се дводимензионална матрица $f(x,y)$ чији су елементи коефицијенти DCT трансформације.



Слика 6. Принцип дискретне косинусне и инверзне дискретне косинусне трансформације на блок пиксела 8x8

Сјајност елемента слике једног блока 8x8 приказана је на слици 7. Овај блок представљен је матрицом чији елементи својом вредношћу предстаљају интензитет сјајности:

$$Y(x,y) = \begin{bmatrix} 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \\ 0 & 25 & 50 & 75 & 100 & 125 & 150 & 175 \end{bmatrix}.$$



Слика 7. Сјајност елемената слике (пиксела) у блоку 8x8

Применом DCT над матрицом $Y(x,y)$ добија се матрица са DCT коефицијентима:

$$F(x,y) = DCT(Y(x,y)) = \begin{bmatrix} 43.8 & -40 & 0 & -4.1 & 0 & -1.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Уочава се да су значајне вредности матрице $F(x,y)$ концентрисане у горњем левом углу. Остале вредности су или мале или једнаке нули. То значи да је енергија концентрисана на нижим DCT коефицијентима.

Након извршене DCT трансформације врши се квантовање коефицијената. Квантовање представља нелинеарну трансформацију. Стандардом *MPEG-2* су дефинисане матрице за квантовање. Матрице су одређене емпиријски и различите су за сјајност и разлику боја. Матрица кодовања за сигнал сјајности је:

$$Q_{\text{sjajnost}}(x,y) = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 31 & 87 & 60 & 52 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}.$$

док је матрица кодовања за сигнале разлике боја:

$$Q_{\text{boje}}(x,y) = \begin{bmatrix} 17 & 18 & 24 & 47 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 18 & 21 & 26 & 66 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 24 & 26 & 36 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 47 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \\ 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 & 99 \end{bmatrix}.$$

Квантовањем матрице $F(x,y)$ добија се:

$$\frac{F(x,y)}{Q(x,y)} = \begin{bmatrix} 2.74 & -3.64 & 0 & -0.256 & 0 & -0.03 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Коефицијенти матрице заокружују се до целих вредности:

$$F'(x,y) = \begin{bmatrix} 3 & -4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Добијена матрица $F'(x,y)$ је састављена од великог броја елемената чија је вредност једнака нули. Ишчитавање коефицијената матрице и њихово даље слање остварује се према редоследу који је приказан на слици 8 који се назива цик-цак (енгл. *Zig-zag*).



Слика 8. Редослед читавања матрице DCT коефицијената

Формирани дигитални низ је:

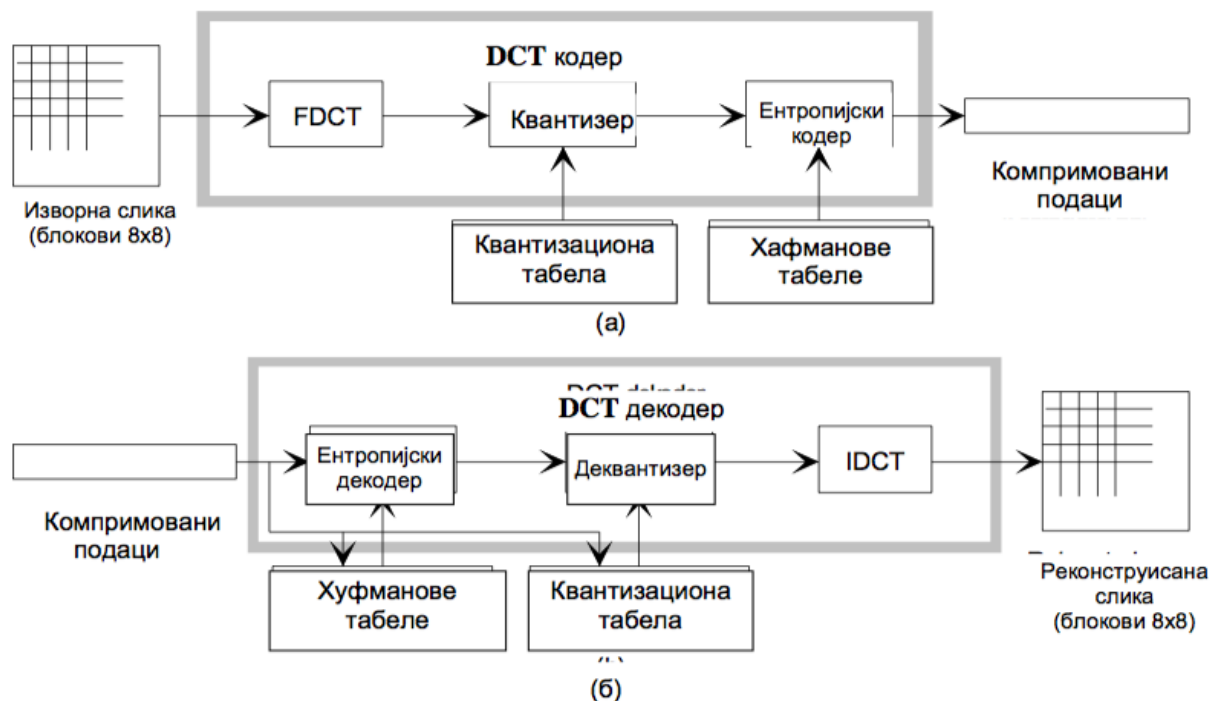
3, -4, 0, 0, 0, ... , 0.

Краћи запис је:

3, -4, 62 x 0.

Овако добијени дигитални низ кодује се кодом променљиве дужине. На тај начин врши се уштеда у броју бита. У просеку поступком *DCT* трансформације врши се смањење капацитета за око 12 пута.

Блок дијаграми *JPEG* кодера и декодера за кодовање слике у боји приказани су на слици 9.



Слика 9. Блок шема *JPEG* система за компресију слике у боји: (а) кодер, (б) декодер

У 2000. години донесен је нови стандард *JPEG 2000*, који се базира на примени дискретне *Wavelet* трансформације. *JPEG 2000* омогућује бољи квалитет слике при врло ниским брзинама преноса и даје већу флексибилност у мултимедијалним преносима. *JPEG 2000* примењује се у областима у којима *JPEG* стандард није дао задовољавајуће резултате. Подручја примене су медицинске слике, сателитске слике, е-пословање, дигиталне архиве, *Internet*, факс у боји, сензори, претраживања слике, мобилна телефонија итд.

2.4. Компресија покретних слика (видео сигнала)

Без компресије дигитални видео сигнал садржао би огромну количину података. На пример, стандардни дигитални видео сигнал по *CCIR* стандардима има 25 слика у секунди, резолуцију 720x576 пиксела, а сваки пиксел је представљен са 24 бита (по 8 бита за сваку компоненту боје). За пренос некомпресованог видео сигнала потребан је канал капацитета 216 Mb/s. Видео сигнал високе дефиниције *HDTV* (*High Definition TV*) захтева 6 пута већи капацитет канала од око 1,5 Gb/s. Код мултимедијалних система проблеми настају код меморисања дигиталних видео сигнала. На стандардни компакт диск чији је капацитет 4,7 Gb (700 Mb) може да се смести 20 секунди некомпресованог сигнала, или 3 секунде *HDTV* сигнала. Проблем није само у капацитету података већ и у протоку информација, односно брзине читавања и преноса података са компакт диска до меморије рачунара.

Компресија се заснива на уклањању редундансе из тока података које је потребно послати кроз канал или снимити. Први степен компресије обавља се још при трансформацији RGB сигнала на компонентне сигнале. Даља компресија видео сигнала заснива се на разлици између појединих фрејмова. Ако у секунди има 25 фрејмова (слика), логично је претпоставити да ће разлика између појединих слика бити врло мала. *MPEG* кодер због тога не бележи сваку слику, већ бележи само прву,

а за сваку следећу бележи само разлике у изгледу слике. Ово захтева идентификацију редунадансе у видео сигналу који се преноси или снима. То је могуће уз две претпоставке:

- Прва претпоставка се односи на својство људског ока да је осетљивост ока на шум у слици зависна од фреквенције, а то значи да око слабије запажа ситне детаље, односно високе фреквенције.

- Друга претпоставка је да у низу покретних слика увек постоји знатна сличност између тренутне и следеће или претходне слике. А то практично значи да у видео сигналу увек има редунадансе. Основне врсте редунаданси које се појављују у видео сигналу су:

- просторна
- временска
- статистичка
- субјективна

Просторна редунаданса. Код просторне редунадансе врши се проналажење и уклањање редунадансе унутар сваке поједине слике (фрејма). Ако посматрамо слику која има велике површине са истом бојом и сјајношћу (небо или пашњаци на пример), слика 10, видимо да су елементи суседне слике скоро исти, односно просторно су корелисани. Ова сличност је искоришћена да се редукује број битова потребних за описивање претходне и наредне површине слике. Уместо преношења података од 720 пиксела који описују једну линију плавог неба, на пример, потребно је пренети само код који описује први елемент, а затим други који каже колико пута треба поновити овај пиксел дуж ТВ линије. На овај начин се знатно редукује укупна количина података.



Слика 10. Просторна редунаданса



Слика 11. Временска редунаданса

Временска редунаданса. Временска редунаданса односи се на редунадансу између слика. Упоредивањем узастопних слика, односно претходне и тренутне слике, проналази се сличност и разлика (ентропија и редунаданса) међу њима и преноси се само њихова разлика, слика 11. Није потребно преносити исту слику двадесет пет пута у секунди, већ је довољно преносити само разлику између сукцесивних слика.

Статистичка редунаданса. Када слика ТВ сигнала садржи велику количину информација које се увек понављају (бланкинг периоде), вредности видео одмерака су до неке мере предвидиве. На основу статистичке вероватноће наредног одмерка податка који има познату везу са својим претходником може се редуковати укупна количина података коју је потребно пренети.

Број битова се такође може редуковати, јер није потребно преносити информацију која је садржана у бланкинг периодима као код аналогне ТВ слике. Једино што је потребно јесте пренети кодове који означавају синхронизацију линија и слика.

Субјективна редунданса. Субјективна редунданса везана је за својства људског ока. Људско око не види све вредности дигиталних одмерака на исти начин, па се неки одмерци могу да одбаце а да не дође до деградације слике. На пример у слици могу да се одбаце ситни детаљи (високе учестаности), јер их око мање запажа.

2.5. Врсте компресије видео сигнала

Интрафрејм компресија је компресија унутар једне слике. Слика се самостално кодира без обзира на остале слике из групе слика. Заснива се на два карактеристикама садржаја слике, а то су:

- да су у слици различито заступљене просторне компоненте (фреквенције) и
- компоненте са вишим фреквенцијама садрже мању енергију и око их мање примећује.

Интерфрејм компресија је компресија између слика. Користи принцип сличности између две узастопне слике. На тај начин, уместо да се преноси садржај две узастопне слике, преноси се само разлика наредне у односу на претходну или следећу слику, чиме је количина информација знатно мања.

Две суседне слике у групи слика показују велику сличност. Зато није потребно преносити целу слику као целину, већ се преноси само разлика између суседних слика. Разлика је мања што су слике сличнијег садржаја. Статистичка испитивања су показала да је за просечан квалитет слике потребан проток информација од око 15Mb/s. За 97% оригиналног садржаја сцене потребан проток је око 20Mb/s, а за 99% сцене проток од око 30Mb/s. Повећањем броја нових и покретних детаља у наредној слици расте број информација које је потребно пренети и обрнуто.

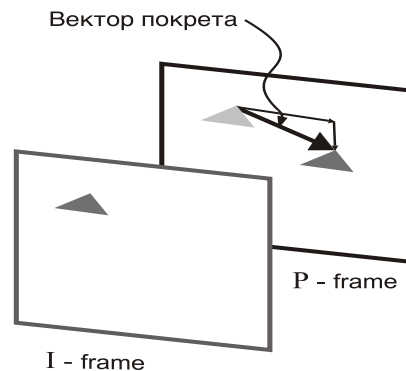
Свака се видео секвенца у MPEG стандарду дели на једну или више група слика, а свака се група састоји од од једне или више слика које могу бити једна од четири типа слика (фрејмова) и то:

- **I (интра фрејмови, *intra-coded pictures*)** слике добијају се применом дискретне косинусне трансформације и бележе се као цела слика. Свака слика се дели на блокове од по 8x8 пиксела, где се на сваки од блокова посебно примењује дискретна DCT трансформација. Кодирају се без упућености на друге слике, независно од свих осталих. Садрже све информације потребне за њихову реконструкцију у декодеру. Оне представљају основну тачку једне видео секвенце. Ове слике имају најмању компресију.

Обрада видео сигнала, на пример „рез“ код нелинеарне монтаже, могућа је само у тренуцима у којима се појављују I слике. Због тога, у случају кад је потребна накнадна обрада видео сигнала I слике се морају користити у много већој мери. Степен компресије са I сликама није висок, износи негде око 8%.

- **P (predictive-coded pictures)** слике се добијају коришћењем предвиђања покрета из претходне I или P слике у датој видео секвенци, односно као разлика између тренутне и претходне слике. За кодовање се користе две суседне слике у временској секвенци. Слика која се кодује назива се текућа, а њој претходна слика из секвенце назива се референтна слика. Претходна I слика се користи као основа за следећу P слику. Од фрејма до фрејма обично постоје или мале промене вредности пиксела или постоји некаква транслација блокова пиксела, настала као резултат кретања (објеката у сцени или камере). Зато се кодује разлика блока пиксела (предикција) у односу на претходни фрејм, при чему се најпре одређује релативни положај референтног блока у односу на текући. Тај положај се описује вектором покрета, слика 10. Однос компресије између две P слике много је већи него код I слика и износи око 25%.

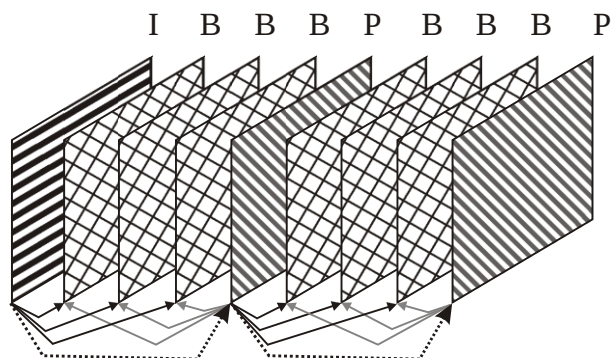
Поступак којим се одређује вектор покрета (*motion vector*, померај сваког блока) назива се предвиђање покрета. Вектор покрета који описује смер и величину промене/покрета у посматраном макроблоку*, кодира се и преноси до декодера. Декодер, користећи вектор покрета, зна који се део референтне слике користио за предвиђање и сабирањем декодиране разлике вектора покрета и референтне слике врши реконструкцију оригиналне слике.



Слика 12. Вектор покрета

Одређивање вектора покрета може се објаснити помоћу слике 12. Замислимо да се у I фрејму приказује троугао на белој позадини, а у следећем P фрејму исти троугао али померен. Предвиђање значи одређивање вектора покрета који показује како покренути троугао на I фрејму да би се добио троугао у P фрејму. Положај вектора покрета одређен је хоризонталним и вертикалним делом. Ови делови могу бити позитивни или негативни. Позитивна вредност значи померај удесно или померај надолу, а негативна вредност обрнуто.

- **B (bidirectionally, predictive-coded pictures)** слике добијају се коришћењем предвиђања покрета из најближе претходне или следеће I или P слике, односно на основу разлике између претходне, садашње и будуће слике. Кодирају се двосмерном повезаношћу између I или P слике која следи или претходи њој односно, интерполацијом из претходног и будућег фрејма. Компресиони однос код B слика је највећи и износи око 65%. На слици 13 приказане су предикције (предвиђања) I, P и B слика.



Слика 13. Предикције I, B, P слика

B и P фрејмови се зову најчешће интерфрејмови (међуслике). Као што је поменуто, B и P фрејмови садрже само информације које се мењају од једног фрејма до следећег, тако да слика на пример интервју типа "глава која говори" садржи само податке о покретима усана, све док траје тај кадар B и P фрејмови не могу се репродуковати сами, јер садрже само информацију о уснама које су се промениле, а не и целу слику, репродукција комплетне слике се заснива на подацима смештеним у I фрејму и B и P фрејмовима. Низови фрејмова се скупљају у групу слика *GOP (Group Of Pictures)*, и везују у низ слика.

- **D слике** намењене су само за брзо прегледавање и премотавање видео секвенци и у њих је имплементирана само нискофреквенцијска компонента. Кодирају се само једносмерни *DC* коефицијенти.

2.5.1. Стандарди за компресију видео сигнала

Први стандард за компресију дигиталног видео сигнала био је H.120, који је развила организација *COST 211*, а који је објавила *CCITT* (данас *ITU-T*) организација, 1984.године. H.120 стандард се, поред тога што је основана група *ITU-T VCEG (Video Coding Expert Group)* како би се унапредио, показао неуспешним из више разлога, као што су недовољан квалитет слике, непостојање одговарајућег кодека за дати формат, итд. Међутим, H.120 стандард је отворио пут данашњим стандардима.

MPEG (Moving Picture Experts Group) група је дефинисала стандарде за компресију података покретних слика. Њихови резултати се надовезују на резултате *JPEG* групе, али поред интрафрејм компресије додаје се још и интерфрејм компресија, односно компресија између слика која је могућа због сличности појединих слика. Користи се иста техника као и код *JPEG* стандарда.

Да би се омогућило међусобно повезивање опреме различитих произвођача дефинисани су стандарди за компресију и пренос видео сигнала. Међу њима су најпознатији H.261, H.263, H.264, H.265, за пренос видео конференција, видеофоније и дистрибуцију дигиталног материјала преко *Web*-а (тзв. *IP* или пакетских мрежа), као и *MPEG* стандарди (*MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4, MPEG 7, MPEG 21*) који су намењени стандардизацији мултиме-дијалних система и дигиталне телевизије.

Аудио сигнали садрже три или више слојева, који се називају *Layer I*, *Layer II*, *Layer III*, итд. (тако се, на пример, *MPEG 1 Part 3 Layer III* назива *MP3*, што не представља *MPEG 3* већ трећи слој трећег дела *MPEG suite-a*).

Постојала је намера да *MPEG 3* буде намењен телевизији високе дефиниције (*HDTV*) али је он уклопљен у стандард *MPEG 2*.

MPEG 7, званично је назван "*Multimedia Content Description interface*" (интерфејс за опис мултимедијалних садржаја), је стандард за описивање мултимедијалних података који се могу интерпретирати на одговарајући начин и тиме омогућити лакши приступ подацима у базама података. *MPEG 7* није намењен ниједној апликацији посебно, већ подржава велику област примене.

MPEG 21, назван је "*Multimedia Framework*" (окосница за мултимедију), који је још увек у развоју, има за циљ да дефинише технологију која омогућава коришћењу размену, приступ, коришћење, трговину мултимедијалних садржаја на ефикасан, транспарентан и интерактиван начин, преко широких ланаца мрежа и уређаја.

У табели 1 приказана је зависност квалитета сигнала у функцији битске брзине, односно степена компресије.

Слика	Деградације	Битска брзина	Однос компресије
HDTV 1250 линија	Идеална слика	1 Gbit/s	1:1
1250 HDTV компримована	Без видљивих деградација	40 Mbit/s	25:1
1250 HDTV компримована	Дисторзија код критичних сцена	20 Mbit/s	50:1
625 линија, студијски оригинал	Идеална слика	200 Mbit/s	1:1
625 линија компримована	Без видљивих деградација	10 Mbit/s	20:1
625 линија компримована	Дисторзија код критичних сцена	5 Mbit/s	40:1
312 линија редукован квалитет	Без видљивих деградација	2,5 Mbit/s	80:1
312 линија редукован квалитет	Дисторзија код критичних сцена	1,2 Mbit/s	160:1

Табела 1. Квалитет слике при различитим битским брзинама

2.5.2. *MPEG 1* стандард

Ово је први *MPEG* стандард за компресију слике са покретом. Донет је 1992. године. Дизајниран је за кодовање покретних слика и пратећих аудио сигнала. Алгоритам је базиран на просторном и временском компримовању. Временско компримовање се ослања на сличност између два сукцесивна фрејма и користи предвиђање и компензацију покрета, а просторно компримовање је усмерено на отклањање истих делова у оквиру једног фрејма. Изворни формат у *MPEG 1* стандарду је *SIF* (*Source*

Input Format) који има резолуцију 360 x 288 за PAL систем и 360 x 240 елемената слике за NTSC систем.

MPEG 1 је намењен за снимање дигиталног аудио и видео сигнала на *CD ROM*-у при брзинама до 1,5 Mbit/s, а користи се и за пренос сигнала телефонским линијама. Квалитет је нешто бољи од *VHS*, али није довољан за ТВ радиодифузију јер се ради о ниским резолуцијама слике. Предност *MPEG 1* у односу на *VHS* је звук. Дигитализација сигнала звука преузета је из радиофонске студијске технике. Фреквенција одмеравања звука је 32 kHz, 44,1kHz и 48kHz.

2.5.3. *MPEG 2* стандард

MPEG 2 је општи стандард, усвојен 1999. године. *Part 1 MPEG 2 suite*-а имао је две главне гране: програмски проток (*program stream*) и транспортни проток (*transport stream*). Видео сигнал *Part 2 MPEG 2 suite*-а добио је назив H.262.

Намењен је професионалној дигиталној телевизији. Израстао је на недостацима стандарда *MPEG 1*. Он је компатибилан са *MPEG 1* стандардом, користи исте алате и садржи неке новије. Намењен је видео сигнаlima који су добијени прогресивном анализом и видео сигнаlima добијеним анализом са проредом. Поред тога, главна промена био је додаток аудио сигналу који је могао да подржи 5.1 аудио систем канала. *MPEG 2* је, такође, имао више од три дела (*parts*), међу којима је најважнији *Part 7*, тзв. *Advanced Audio Coding (AAC)* аудио формат.

Циљ је да се са *VHS* квалитета пређе на квалитет слике професионалних студијских ТВ уређаја. Покрива све стандарде PAL, NTSC и SECAM. Најчешћа резолуција у овом стандарду је 720x576 код PAL система и 720x486 код NTSC система. Кодирање видео сигнала је врло сложено, за разлику од декодирања на пријемној страни које је релативно једноставно и јефтино. Декодер може да декодира слику коју је генерисао кодер ниже или више резолуције.

Уколико је потребно накнадно обрађивати видео сигнал (монтирати га), користе се кратке групе слика (IBIB...) уз брзине преноса од 30 - 50 Mbit/s, или групе слика IBBP... уз брзину преноса од приближно 20 Mbit/s. Ево неких брзина преноса за ТВ продукцију.

- теренска снимања и вести (18 Mbit/s, структура групе слика IB),
- примарна дистрибуција (20 Mbit/s, структура IBBP),
- архивирање (30 Mbit/s, структура IP),
- постпродукција (50 Mbit/s, само I слике).
- дистрибуција до крајњих корисника (ТВ гледалаца) путем земаљских, кабловских и сателитских дистрибутивних система уз брзине преноса од 4-9 Mbit/s.

Стандардна структура кодера садржи мешавину I, P и B фрејмова и то тако да се I фрејм појављује после сваких 10 до 15 фрејмова, а два B фрејма између два суседна I фрејма. Обично група слика (*GOP*) има један I фрејм и више P и B фрејмова.

Постоји фамилија *MPEG 2* стандарда, где су параметри дефинисани у 6 профила и 4 нивоа, што даје укупно 24 комбинација. До сада је реализовано 13 комбинација које се користе у *SDTV*, *HDTV*, *DVD* видео техници, мултимедијалним системима итд.

Нивои одређују максимални битски проток, а од њега зависи брзина преноса ТВ програма и резолуција система која је одређена бројем одмерака по линији, бројем линија по слици и бројем слика у секунди. Постоје 4 нивоа и то: *HL (High Level)*, *H14L (H 1440 Level)*, *ML (Main Level)* и *LL (Low Level)*.

Профили дефинишу начин рада, однос учестаности одмеравања и начина компресије слике I, P или B. Постоје 6 профила: *SP (Sample Profile)*, *MP (Main Profile)*, *SNRP (Signal to Noise Ratio Profile)*, *SP (Spatial Profile)*, *HP (High Profile)* и *4:2:2 (4:2:2 Profile)*.

Скалабилност у кодовању значи да се из сигнала највишег нивоа *HDTV* може добити сигнал који је по хијерархији нижег ранга, као што је на пример *SDTV*, *LDTV*, *DVD* итд.

2.5.4. MPEG 4 стандард

Овај стандард се користи за компресију видео и аудио сигнала врло ниске резолуције, и мале битске брзине. У овом стандарду видео и аудио сигнале карактерише интерактивност, велики степен компресије, универзални приступ, и има висок степен флексибилности и могућности проширења.

Алгоритми који су примењени у *MPEG 4* стандарду представљају сцену као скуп аудио визуелних објеката, између којих постоје неке хијерархијске релације у простору и времену. Разликују су две врсте визуелних објеката: природни и синтетички визуелни објекти. На најнижем хијерархијском нивоу налазе се примитивни медијски објекти, као што су, на пример, мирне слике (фиксна позадина сцене), визуелни објекти (личност која говори, без позадине), аудио објекти (глас говорника), итд. Овакав приступ доноси повећање степена компресије, повећану интерактивност и омогућава интеграцију објеката различите природе као што су: природна слика или видео, графика, текст, звук, итд.

MPEG 4 постао је популаран највише захваљујући *DivX* кодеку који је базиран управо на *MPEG 4* стандарду. Са *DivX* кодеком цео филм се може сместити на један *CD* са веома прихватљивим квалитетом слике.

Овај стандард се примењује у видео телефонији у мобилним комуникацијама и рачунарским мрежама, у мултимедијалним презентацијама, у кабловским дистрибуционим системима за видео на захтев и видео конференцијама.

2.5.5. H.261 стандард

Стандард *H.261 (MPEG 1 Part 2)* намењен је стандардизацији преноса слике кроз широко-појасну дигиталну телефонску мрежу *ISDN (Integrated Services for Digital Network)*. Познат је и као стандард $p \times 64$ Kb/s јер се за пренос користи p *ISDN* канала капацитета 64 Kb/s. Могуће вредности параметра p леже у границама $1 \leq p \leq 30$. Углавном је намењен за видео телефонију и видео конференције. Он описује организацију података за визуелне комуникације са ниским битским протоцима. У *H.261* стандарду су дефинисана два формата слике.

Први формат, познат је као *CIF (Common Intermediate Format)*, има резолуцију 360×288 за луминентни сигнал (Y) и 180×144 за хроминентне (Cr и Cb) сигнале. Користи се за видео конференције. С обзиром да је учестаност слика стандардизована на 25 слика,

и да се за сваку компоненту слике користи по 8 битова, потребан битски проток за пренос некомпресованог *CIF* видео сигнала је 36,45 Mb/s, а компресованог сигнала $n \times 384 \text{ Kb/s}$, $1 \leq n \leq 6$.

Други формат је *QCIF* (*Quarter CIF*) чија је резолуција 180×144 за луминентни сигнал, и 90×72 за хроминентне сигнале, а захтева битски проток за некомпресовани сигнал од 9,12 Mb/s. Користи се за видео телефоне. За пренос оба формата видео сигнала кроз *ISDN* канале потребно је остварити степен компресије од око 100 пута. Битски проток за *QCIF* формат је 64-128 Kb/s. Намењен је за видеофонске апликације, где се углавном види само лице саговорника, учестаност слика се обично снижава на 10 слика у секунди.

2.5.6. H.263 стандард

Стандард H.263 (*MPEG-4 Part 2*) намењен је стандардизацији преноса слике по стандардним телефонским линијама при битском протоку испод 64 Kb/s, који није био покривен ниједним стандардом. Настао је модификацијама постојећег H.261 стандарда.

Основна разлика између H.261 и H.263 стандарда је у битском протоку. H.261 се користи за битски проток изнад 64 Kb/s, а H.263 за битски проток испод 64 Kb/s, најчешће 22 Kb/s. Ова два стандарда су компатибилна.

Код стандарда H.263 уведен је још један формат слике *sub-QCIF* који је намењен видеофонији лошијег квалитета, при врло ниском битском протоку мањем од 64 Kb/s обично је око 10 Kb/s. *Sub-QCIF* има резолуцију за луминентни сигнал 128×96 пиксела, а резолуција хроминентних сигнала је 64×48 пиксела. Учестаност слика је 5 - 30 слика у секунди.

Квалитет слике добијене применом H.263 стандарда због савршенијих алгоритама превазилази квалитет слике добијен H.261 стандардом при свим битским протоцима.

2.5.7. H.264/MPEG-4 AVC стандард

H.264 је стандард за компресију видео сигнала, новијег датума од основног *MPEG-4* стандарда, двоструко ефикаснији и садржи напредније алгоритме за компресију видео сигнала од основног *MPEG-4* стандарда. Једна од одлика H.264 стандарда је висок степен компресије. Квалитет слике, у односу на основни *MPEG-4* компресију је такође бољи, а репродукција слике је „течнија“. Најбитнија одлика H.264 стандарда је захтев за малом битском брзином при преносу видео сигнала кроз мрежу, нарочито када се ради о апликацијама мобилних сервиса.

H.264 стандард је 2003.године уграђен у *MPEG-4* стандард као *Part 10*, и тренутно је познат под именом *MPEG-4 AVC* (*Advanced Video Coding*). Заправо, H.264/MPEG-4 AVC стандард развиле су две организације (удружења): *VCEG* (*ITU-T VCEG*), удружење специјализовано за телекомуникације (телефон, *Internet*), и *MPEG* (*ISO/IEC JTC1 MPEG*) удружење специјализовано за дистрибуцију (емитовање телевизијских сигнала). Заједнички пројекат ових двају организација назван је *Joint Video Team (JVT)*.

H.264 је блоковски оријентисан стандард за компресију видео сигнала, заснован на алгоритму за компензацију покрета. Компензација покрета је техника која се користи

за предвиђање фрејма (слике) у видео сигналу на основу претходних и/или будућих слика (фрејма), слика 13.

H.264 обично користи компресију са губицима у строго математичком смислу, мада количина изгубљених података често и није приметна. Компресију без губитака могуће је постићи H.264 стандардом, на пример уочавањем (локализовањем) места (области) у слици у оквиру слика које се кодују компресијом без губитака.

H.264 или *MPEG-4 AVC* је тренутно један од најкоришћенијих формата за снимање, компресију и дистрибуцију видео садржаја. Постао је врло популаран након што је почео да се користи за компресију (кодирање) видео садржаја за *Blu-ray* дискове. Широко се користи за тзв. стриминг* *Internet* садржаја, као што су видео садржаји *Vimeo*-а, *YouTube*-а, као и за дистрибуцију *HDTV* видео садржаја преко различитих комуникационих медијума, као што су земаљска телевизија (*ATSC*, *ISDB-T*, *DVB-T/DVB-T2*), кабловска (*DVB-C*) и сателитска (*DVB-S/DVB-S2*).

2.5.8. AVCHD стандард

Компаније *Sony* и *Panasonic* определиле су се за део *MPEG 4* стандарда (*Part 10*) и назвали га *AVCHD (MPEG-4 Part 10 AVC+HD)*. Главна разлика између *AVCHD* и *MPEG 4/H.264 AVC* формата је званична подршка *Dolby AC-3* кодирања звука у односу на *LPCM (Linear Pulse-Code Modulation)*, и ограничење укупне битске брзине на 24 Mb/s.

Још једна разлика у односу на *MPEG 4/H.264 AVC* формат, који је намењен дистрибуцији (као и сви *MPEG suite*-ови), је та што је *AVCHD* дизајниран за фотоапарате као аквизициони формат.

2.5.9. H.265/HEVC стандард

High Efficiency Video Coding – HEVC је стандард за видео компресију, наследник *H.264/MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding)* који је заједнички развијен од стране *MPEG* и *VCEG* група као *ISO/IEC 23008-2 MPEG-H Part 2* и *ITU-T H.265*. Заправо, *MPEG* и *VCEG* групе основали су заједнички тим за видео кодирање *JVC-VC (Joint Collaborative Team on Video Coding)* како би развили *HEVC* стандард.

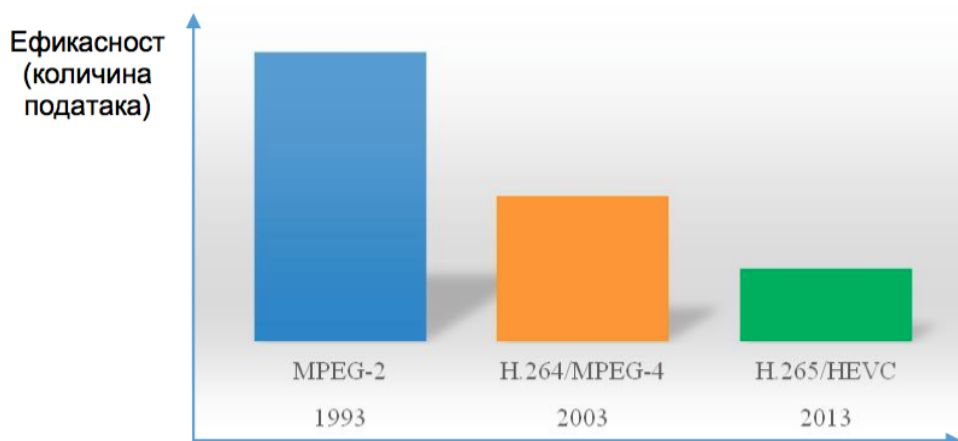
У поређењу са *MPEG 4 AVC/H.264* стандардом, *HEVC/H.265* стандард је двоструко ефикаснији (50% уштеда у пропусном опсегу), обезбеђује исти (или бољи) субјективни квалитет слике при истој битској брзини, и нарочито је ефикасан за кодовање и компресију видео сигнала високих дефиниција, као што су *UHD (4K HD)* или *8K HD* (резулације 8192x4320), слика 14.

Приликом дизајнирања стандарда за кодирање првенствено се води рачуна о постизању високе ефикасности кодирања. Кодна ефикасност огледа се у могућности да се видео садржај кодира при најмањој могућој битској брзини, а уз одржавање задовољавајућег нивоа квалитета видео сигнала. Постоје два стандардна начина за мерење ефикасности кодирања при стандардима видео кодирања.

* „Streaming“ у *Internet* жаргону означава континуирано емитовање (проток) података од стране сервера ка клијенту. Streaming не мора стриктно да буде аудио/видео формата, постоје разне врсте stream-ова података; кроз streaming се може емитовати слика и/или звук.

Први начин је коришћење објективне (реалне) метрике, као што је однос вршних вредности сигнал/шум (Peak Signal-to-Noise Ratio - PSNR). Други начин је коришћење субјективне процене квалитета видео сигнала. Субјективна процена квалитета видео сигнала сматра се најважнијим начином мерења стандарда видео кодирања, пошто човек субјективно доживљава квалитета видео садржаја.

Прва верзија стандарда била је завршена и објављена почетком 2013.године. Друга верзија стандарда завршена је и објављена током 2014.године са додатком *RExt* (*Range Extensions*), што означава подршку већих битских дубина, као и стандарде одмеравања 4:0:0, 4:2:2 и 4:4:4 хроминентног сигнала), скалабилна проширења кодирања и проширења која се односе на вишестуки приказ (*multiview*).



Слика 14. Спектрална ефикасност/потребна битска брзине различитих стандарда.

Предности HEVC-а огледају се у коришћењу већих величина јединица за кодирање, тзв. *CTU* (*Coding Tree Unit*). Ово се показало у *PSNR* тестовима са HM-8.0 HEVC кодером, код којих се испитивала употреба прогресивно мањих *CTU* величина. Показало се да је за све секвенце тестова, након поређења са *CTU* величином од 64x64, битска брзина HEVC-а за 2,2% процената повећана приликом употребе 32x32 *CTU* величине и да је 11% повећана када се користи 16x16 *CTU* величине. Код секвенци тестирања класе А, при резолуцији видеа 2560x1600, након поређења са 64x64 *CTU* величином, показало се да се битска брзина HEVC-а повећала за 28,2% коришћењем 16x16 *CTU* величине. Ови тестови су показали да велике *CTU* величине повећавају кодну ефикасност, а у исто време смањују време декодирања.

Главни профил HEVC-а (*HEVC Main Profile - MP*) упоређен је по кодној ефикасности са H.264/MPEG-4 AVC HP (*High Profile*), MPEG-4 ASP (*Advanced Simple Profile*), H.263 HLP (*High Latency Profile*) и H.262/MPEG-2 MP (*Main Profile*). Након завршеног видео кодирања за забавне услуге направљено је 12 битских брзина за 9 видео тест секвенци са HM-8.0 HEVC кодером. Од 9 тест-видео секвенци 5 су биле у HD резолуцији а 4 у WVGA (800x400) резолуцији. Редукција у битској брзини постигнута HEVC-ом, одређена на основу *PSNR*-а, показује да се HEVC-ом врши редукција за 35,4% у поређењу са H.264/MPEG-4 AVC HP форматом, затим 63,7% у поређењу са MPEG-4 ASP форматом, 65,1% у поређењу са H.263 HLP форматом и 70,8% у поређењу са H.262/MPEG-2 MP форматом. Вршена су многа друга поређења са ранијим верзијама кодера/формата и дошло се по средње вредности у редукцији битске брзине која износи око 45% заснованој на *PSNR* односу и 66,5% редукције заснованој на субјективној оцени квалитета видео садржаја.

3. Контролна питања

а) Објаснити ентропију и редундансу у слици.

б) Где се користи компресија без губитака и колики је степен компресије?

в) Објаснити суштину дискретне косинусне трансформације?

г) Која је улога DC и AC коефицијената код дискретне косинусне трансформације?

д) Колико блокова има слика резолуције 720x576 пиксела?

ђ) Објаснити статистичку и временску редундансу?

е) Каква је разлика између интрафрејм и интерфрејм компресије?

ж) Која је улога Р фрејмова?

з) Објаснити MPEG 2 стандард?

и) Која је улога макроблока. Из чега се састоји макроблок за стандард одмеравања 4:2:2?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Дигитална линија за кашњење (digital delay line)
2. Рачунар са инсталираним софтвером: VirtualDub, dr DviX, Adobe Premiere и Video Wizard
3. Осцилоскоп (waveform монитор)
4. ТВ монитор

4.2. Задаци

I. Снимити видео и аудио секвенцу у изворном AVI формату без компресије. На снимљеној видео секвенци применити различите врсте компресија, са различитим степенима компресије. За различите врсте компресије, мењати степен компресије у корацима од по 30%. Користити видео кодеке, DivX, MPEG 2, MPEG 4 и H.264. Посматрати утицај степена компресије на квалитет видео сигнала. Показати како различите компресионе технике утичу на величине фајлова и на квалитет слике и звука. Описати уочену разлику.

II. Због природе компресије сигнала приликом преноса и репродукције долази до губитка синхронизације између слике и звука - *coding delay*. Постоји хардверски и софтверски начин синхронизације слике и звука.

У телевизији код емитовања програма користи се хардверски начин компресије који се изводи помоћу дигиталне линије за кашњење (digital delay line). Код ње се кашњење сигнала звука може да подешава у секундама, сликама и полусликама.

У телевизијској постпродукцији користи се софтверски начин синхронизације слике и звука. У одговарајућем софтверу (нпр. Virtual Dub, VirtualDubMod <http://virtualdub.sourceforge.net/>, <http://virtualdubmod.sourceforge.net/>) коришћењем опције speed/duration врши се синхронизација слике и звука (звук се може "пожурити и закаснити" и тако синхронизовати са сликом).

Из рачунара емитовати секвенцу са нарушеном синхронизацијом између слике и звука. Наручену синхронизацију између сигнала слике и звука подесити помоћу:

- а) дигиталне линије за кашњење
- б) софтвера Virtual Dub

III. Користећи софтвер Gspot ili MediaInfo који су најпознатији и најпопуларнији софтвери за анализу видео фајлова AVI, DIVX, MPG2 i MPG4 (<http://www.free-codecs.com/download/GSpot.htm>, http://www.free-codecs.com/download/Media_Info.htm) извршити анализу и дијагностику I, P, B слике за видео секвенце различитог формата DivX, MPEG 2, MPEG 4 и H.264.

Вежба 13:

Аутоматско архивирање и емитовање ТВ програма помоћу видео сервера

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) аутоматским емитовањем телевизијског програма,
- б) пребацивањем (capture) снимљеног аудио/видео материјала са трака различитих формата на сервер,
- в) контролом разних уређаја за репродукцију преко RS-422, RS-232 или FireWire портова,
- г) улогом и функцијом DataBox модула,
- д) формирањем листе видео фајлова за емитовање.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Још од проналажења хард-дискова предвиђало се да ће линеарни медији (видео касете, траке, итд.) временом изаћи из употребе. То се и десило. Данас је већина видео материјала у облику рачунарских фајлова, који се складиште на дисковима, хард-дисковима и видео серверима.

Прве верзије видео сервера, које су могле да сниме само неколико сати високо-квалитетног видео материјала, биле су капацитета скоро као и видео траке. Данас сервери имају интерну меморију великог капацитета са RAID дисковима (*Redundant Array of Independent Disks*), реда TB, који су сложени у низове ради лакшег проширивања и остваривања редундантности видео материјала који се налази на серверима. RAID дискови имају своје контролере и користе се за послове који захтевају велике капацитете, брзине и поузданост у раду. Могу имати једноструки или вишеструки мироринг, што значи да постоје и резервни, бекап дискови у које се истовремено уснимавају исти садржаји, као лик у огледалу са главним диском. На тај начин се обезбеђује заштита од губитака информација и грешака у раду.

Сви уређаји помоћу видео рутера и локалне рачунарске мреже повезани су на сервер. У сервер могу да се унесу аудио/видео материјали различитог квалитета и формата: аналогни, компримовани видео материјали у разним форматима (SDI и SDTI) и дигитални фајлови. Излазни сигнали с видео сервера могу бити исти као и улазни.

Дигитални ТВ студио са серверима може да буде организован на више начина: са централизованом меморијом, дистрибуираном меморијом или комбинацијом обе.

Централизована меморија омогућава бржи приступ серверу великом броју корисника и сви корисници могу да имају истовремени приступ на нивоу дигиталног фајла. Али,

ако је централизована меморија искључена или оштећена или ако је аудио/видео материјал оштећен онда је онемогућен рад свим корисницима.

Дистрибуиране меморије захтевају већи број меморијских јединица (мањих сервера) па се може десити да се једна видео секвенца сними на једном серверу, а због потребе монтаже или емитовања да се касније пребацује на другу меморијску јединицу.

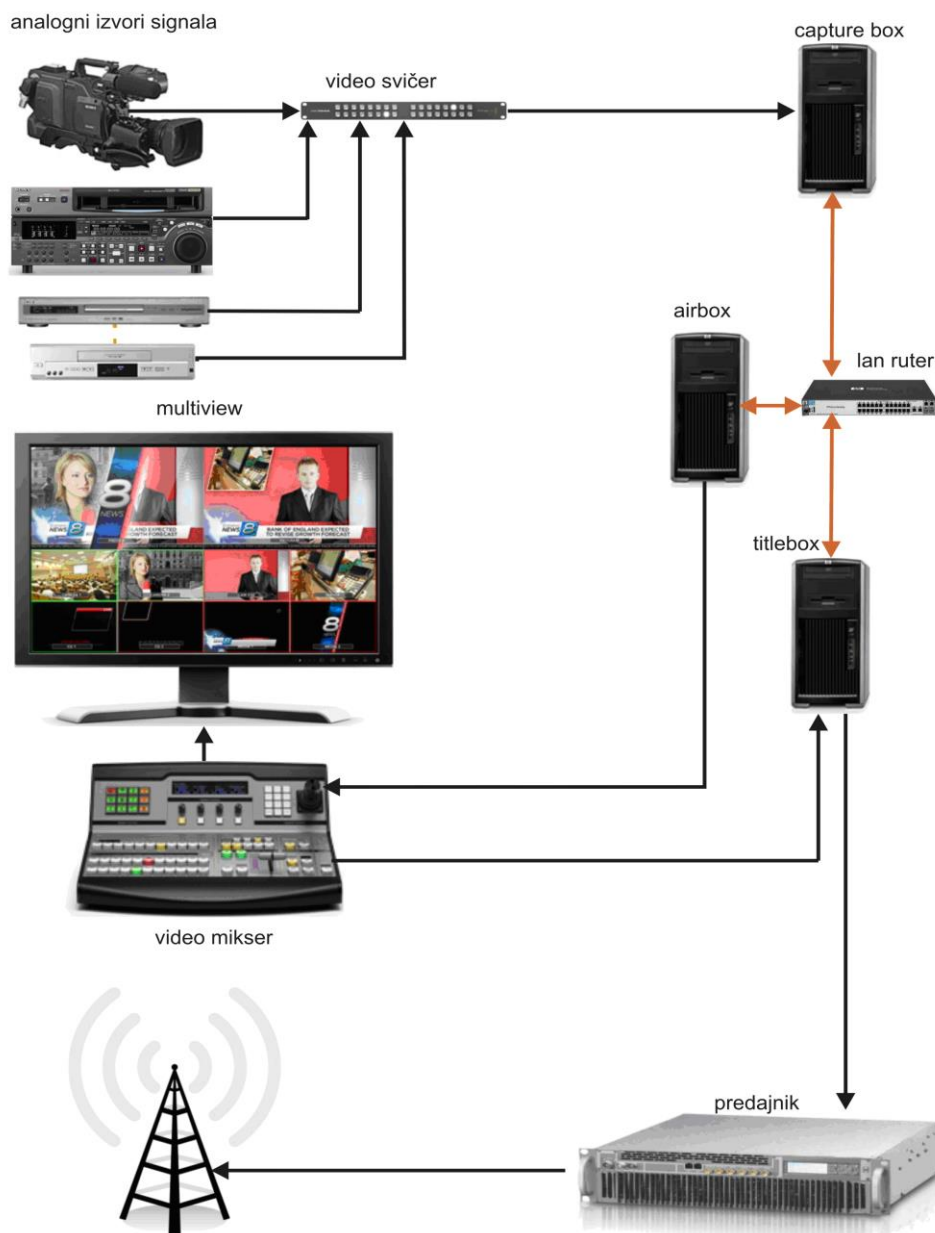
Данас се углавном користи комбинација централне и дистрибуиране меморије. То значи да се за архивирање и монтажу аудио/видео материјала користи централизована меморија, а онда се готов материјал пребацује на сервер за емитовање. Сервер за емитовање треба да има могућност мироринга, чиме се поред главног обезбеђује и резервни излаз за емитовање. На тај начин емитовање материјала је ефикасније и поузданије.

Сервери могу да обављају и следеће функције:

- Ingest (снимање) са различитих извора: видео камера, сателитски примљених материјала, хард дискова или других сервера. Могу се користити различити кодекси и видео формати.
- Привремено или трајно складиштење ових података.
- Одржавање јасне структуре складиштених медија, уз одговарајуће мета податке, да би се омогућила брза претрага: име, примедбе, оцена, садржај, датум...
- Видео монтажа различитих видео клипова.
- Трансфер тих клипова на друге видео сервере или директно у playout.
- Видео сервери се могу користити за више намена, као што су:
 - Вести: дају кратке репортаже као део информативног програма који се приказује на телевизијама.
 - Продукција: побољшавају пренос уживо коришћењем поновљених снимака, најважнијих догађаја и успорених снимака (код спортског програма).
 - Видео надзор: снима realtime видео запис заштићених места.
 - Забавни програм: снабдевање филмским трејлерима и музичким спотовима.

Захваљујући већем броју произвођача хардвера и софтвера на тржишту је присутан велики број система за аутоматско вођење и контролу ТВ програма, а сваки нови производ доноси нека нова решења. Током времена најбоља решења су усвајана као стандарди и постала су део већине система. Данашњи системи омогућавају: архивирање, аутоматско емитовање телевизијског програма, интерактивну графику, емитовање ТВ програма 24 сата 7 дана у недељи. Неки од распрострањених хардверских и софтверских решења су: Playbox, Darim, Cinegy и C-media.

На слици 1, приказана је блок шема "PLAYBOX" система.



Слика 1. Блок шема "PLAYBOX" система

Видео сигнал из аналогних извора (камера, бета, вхс, двд плејер или сателитски ресивер) преко видео свичера води се у рачунар на коме је инсталиран Capturebox софтверски модул. У њему се врши ingest (снимање) аналогног сигнала и конврзија у изабрани формат фајла (MPEG-2, DV или AVI).

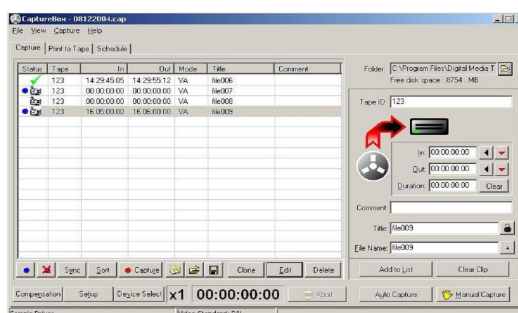
Тако добијени видео фајл помоћу инсталираног Airbox софтверског модула се копира преко LAN рутера и мреже на рачунар. У њему се праве листе видео фајлова за емитовање. Листа је базирана на временској оси, динамичка и променљива према захтеву и потребама корисника.

Видео сигнал, из рачунара, који се добија емитовањем формиране листе доводи се на један од улаза видео миксера. Видео сигнал из видео миксера води се на Multiview

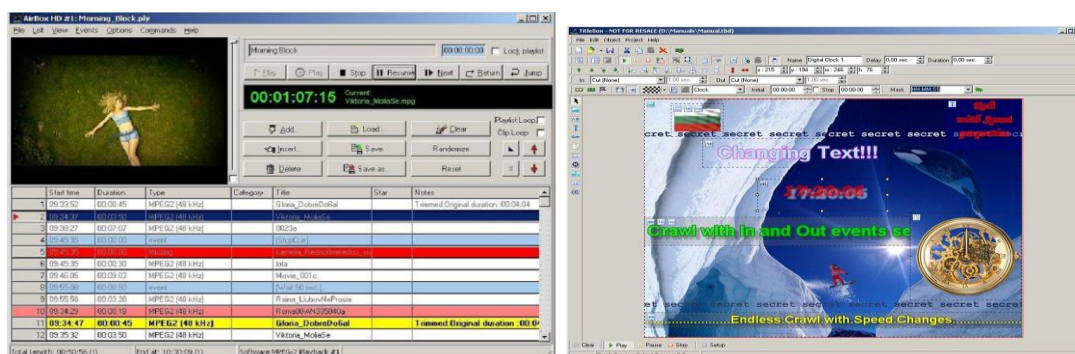
монитор ради визуелне контроле и у рачунар са Titlebox софтверским модулом. На овом рачунару се креира графика (лого ТВ станице, време, потписи, кајрони, итд).

Видео сигнал помешан са графиком је комплетан и спреман за емитовање као готов производ и шаље се до предајника.

Изглед софтверских модула “PLAYBOX” система приказан је на слици 2.



Capturebox



Airbox

Titlebox

Слика 2. Софтверски модули “PLAYBOX” система

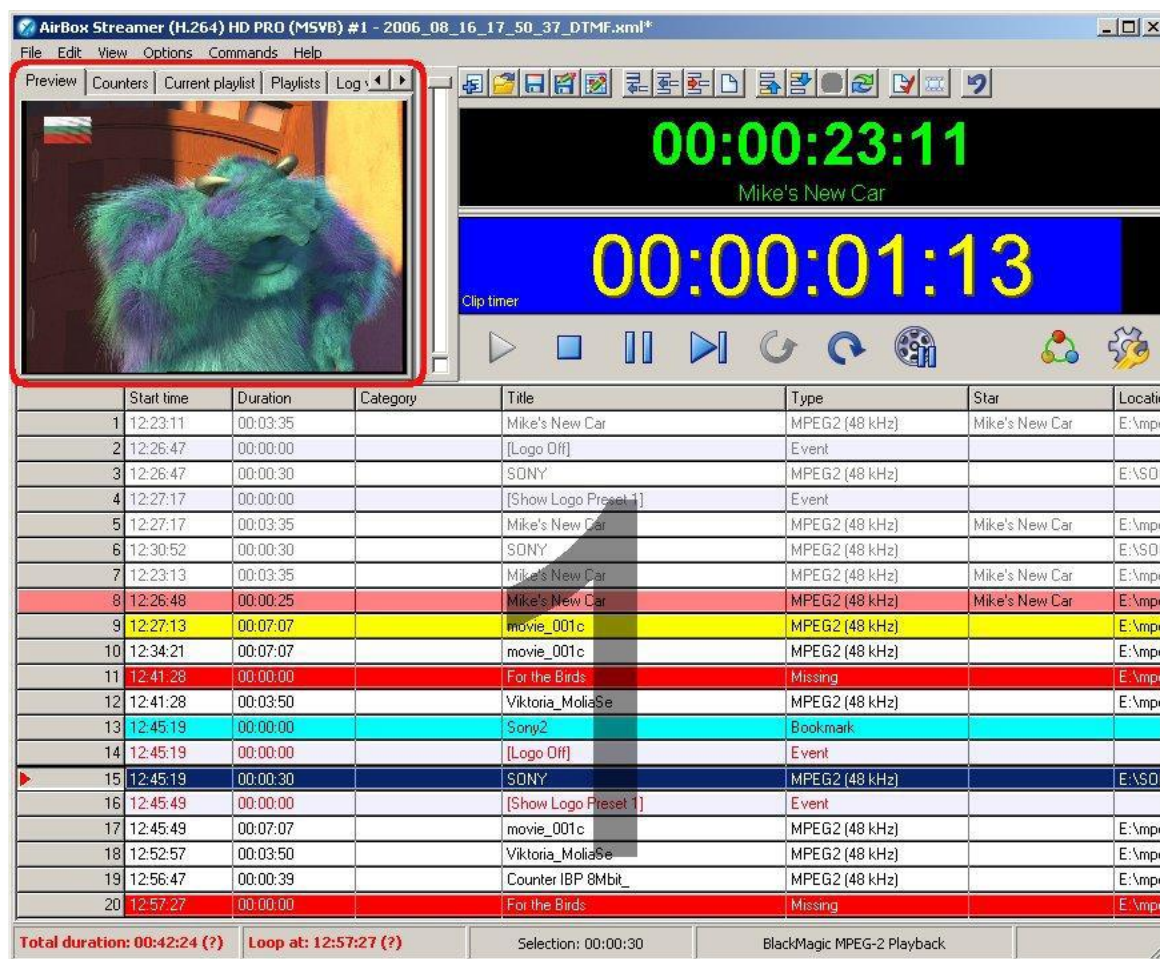
1.1. AIRBOX



Ово је најважнији модул Playbox система, извршава аутоматизацију и сва усклађивања осталих модула као и репродукцију и контролу система. Модул је дизајниран за непрекидну репродукцију (24 сата, свих седам дана у недељи) програма из online медијске базе података било у SD или HD формату.

Кликом на *Browse* отвара се опција за одабир нове плејлисте. На слици 3 приказана је формирана плејлиста са одабраним директоријумима. Покрећу се двокликом на

неки од њих, али то мора да се уради пажљиво, јер се покретањем врши учитавање и репродукција. Покретањем нове листе, стара листа се замењује новом и долази до промене у емитовању.



Слика 3. Приказ playlist-е

Плејлисте могу да се праве на серверу или на помоћним клијент рачунарима. Постоје два типа датотека које програм може да препозна Playlist (*.ply) ili Dalet Automation XML (*.xml).

Једна од битних додатних опција која има сврху организације рада јесте и Playlist Grid. Она омогућава преглед плејлисте кроз одређени временски период. Показује почетке и крајеве заказаних клипова. Овакво решење омогућава поједностављено заказивање фајлова и веома се лако и брзо извршавају жељене измене. Цела листа има време освежавања од 2 секунде, које су потребне да систем примети одређене измене у листи. У овом прозору поред грида програм објављује и одређене податке као што су време трајања, формат видеа, категорија, итд.

Током слагања програма на овакав начин мора да се води рачуна о архивирању клипова. Ако је клип заказан, а његово место складиштења промењено, програм ће прескочити клип и обојити га црвеном бојом. Ова црвена боја стоји као упозорење да у систему постоји грешка.

Када се клип дефинише у бази програма, морају се доделити одређене категорије. Оне се дефинишу на различите начине, да ли ће то бити жанр клипа или година клипа остаје да одреди уредник програма.

Још једна од опција је кодирање боја. На гриду су бојама означене додатне информације које носи тај клип. Поред црвене боје која означава да клип није у реду постоје још и:

Розе – означава тренутно репродукован материјал. Овакав приказ се дефинише када је клип у Play или Pause режиму.

Жута – показује само прелаз са клипа на клип у гриду. Последњих неколико секунди прелаз је означен жутом бојом. Такође када се клип означи жутом бојом, немогуће га је избрисати, променити или селектовати неки други.

Плава – означава тренутно изабрани клип.

Црвена – означава клип који није у реду по било ком критеријуму (било да је неодговарајући формат, избрисан фајл или сл.)

Постоји и посебна палета алата за контролу плејлисте, слика 4, која је у суштини дупликат опција из File и Edit менија, пошто се оне најчешће користе.



Слика 4. Контрола playlist-е



New playlist (отварање новог ListBox-а)



Open (отварање постојећих плејлисти)



Save/Save as (чување нових или измењених плејлисти)



Save playlist as Daily (на дневном нивоу). Ова опција ће бити недоступна ако се не наведу дневне листе у Option menu / StartUp



Add (додавање клипа на крај листе или уметање између селектованих клипова)



Delete (брисање селектованог клипа из листе)



Clear playlist (брисање свих линија и задатих клипова у отвореној листи)



Move (омогућава премештање клипова по листи). Селектовани клип се може померати кликом за један на горе или један на доле, и не може се преместити изнад клипа који се тренутно репродукује



Reset playlist (ресетовање позиција у листи)



Randomize (ова опција омогућава преслагање редоследа листе случајним одабиром)



Properties (приказује својства тренутно покренуте листе)



Clip Trimmer (омогућава тримовање клипа)



Undo (враћање последњих шест акција)

Постоји и опција за штампање закажаних листа, слика 5. Штампање је битно јер се може вршити контрола онога што је емитовано и онога што је закажано, а користи се и код провере разноразних грешака или дискутабилних емитовања.



The screenshot shows a 'Print Preview' window for a playlist. The window title is 'Print Preview'. Below the title bar, there is a toolbar with various icons. The main content area displays a table titled 'Unnamed playlist' with the following data:

N	Start time	Duration	Type	Category	Title	Star
1	15:09:42	00:01:09	MPEG2 (48 kHz)	Car	Sports2(Part 1)	Mike's New Car
2	15:10:52	00:00:00	Ext. event		Video Scale (UL)	
3	15:10:52	00:01:09	MPEG2 (48 kHz)	Clip	Sports1	Mike's
4	15:12:02	00:00:00	Ext. event		Video Scale (100)	
5	15:12:02	00:00:25	MPEG2 (48 kHz)	Clip	Sports2	Raina
6	15:12:27	00:00:00	Bookmark		name (14:49:48 ...	
7	15:12:27	00:00:24	MPEG2 (48 kHz)	Car	Sports3	Mike's New Car
8	15:12:51	00:00:25	MPEG2 (48 kHz)	ds	For the Birds	For the Birds
9	15:13:17	00:00:28	Missing		LiubovNeProsia	Raina
10	15:13:45	00:00:00	Bookmark		Sony2 (13:00:00...	
11	15:13:45	00:00:00	Event		[Show Logo Pre...	
12	15:13:45	00:20:00	Event	new2	[Fill]	
13	15:33:45	00:01:48	MPEG2 (48 kHz)	Off	Trailer	MI
14	15:35:34	00:00:00	Event		[Logo Off]	
15	15:35:34	00:03:27	Missing		LiubovNeProsia	Raina
16	15:39:02	00:00:39	MPEG2 (48 kHz)	Clip	Nice Title	Raina
17	15:39:41	00:03:15	MPEG2 (48 kHz)	ds	For the Birds2	For the Birds

Слика 5. PrintPreview – Опција за штампање листа емитовања

2.1.1. Опције AirBox-a

Једна од главних карактеристика AirBox-a је његова способност да комуницира са свим додатним уређајима помоћу универзалног серијског порта. AirBox манипулише свим улазним/излазним конфигурацијама матричних свичера преко LAN кабла или RS-232.

Постоје четири основна режима:

- IP или ASI PUMP (MPEG-2) – само MPEG-2 без могућности поновне компресије, онемогућено бирање bitrate-a, вишеканални по једном серверу.
- IP или ASI STREAM (MPEG-2) – изворни MPEG-2, MPEG-2 stream излаз, омогућено уметање графике, променљив bitrate, једноканални или двоканални по серверу.
- IP или ASI STREAM (H.264) – MPEG-2 изворна компресија, H.264 излазна компресија, могућност додавања графике, променљив bitrate, једноканални по серверу.

- IP STREAM (WMV) – MPEG-2 или мешовите изворне датотеке, WMV stream излази, могуће уношење графике, омогућено бирање bitrate-а, једноканални по серверу.

AirBox омогућава и контролу до 2 VTR-а преко RS-422 Sony протокола. Комбинацијом система и VTR-ова могу се одрадити сложене комбинације емитовања, а за овако нешто потребан је и матрични свичер.

Такође се може вршити и мултиканална репродукција више од једног звука (зависно од опреме која је у употреби), може се мешати AC3 и MPEG аудио.

MPEG-2 HD playout какав је и AirBox дозвољавају мешање SD, HDV и HD материјала у једној листи. У оваквим случајевима SD ће бити развучен у HD снимак.

Основне карактеристике видео формата AirBox-а, приказане су у табели 1.

Compression	MPEG2, DV, HDV, WMV/VC-1, MPEG1, MPEG4, AVC/H.264, DVC Pro, JPEG 2000, AVC-Intra, Apple ProRes 422
Format	PAL / NTSC / 1080i HD / 720p HD
Bitrate	1-15 Mbit/sec in MPEG2 MP@ML 10-50 Mbit/sec in MPEG2 422P@ML 1-80 Mbit/sec in MPEG2 MP@HL 25 Mbit/sec with HDV and DV up to 80Mbit/s MPEG2 HD HP@HL up to 40Mbit/s AVC/H.264 Baseline/Main up to 80Mbit/s AVC/H.264 Main/High class 50 and 100 AVC-Intra
Color sampling	4:2:0-MPEG2 Main Profile (incl. HDV) 4:2:2-MPEG2 4:2:2 Profile 4:2:0 / 4:1:1-DV 25 Mbit/sec 4:2:0-WMV and AVC 4:2:2-Apple ProRes 4:2:0-AVC-Intra

Табела 1. Карактеристике видео формата

Аудио карактеристике AirBox-а, приказане су у табели 2.

Compression	MPEG audio Layer 1 or 2, AAC audio, Uncompressed PCM, Windows Media Audio Dolby Digital (AC3)
Bitrate (MPEG audio)	64-384 Kbit/sec
Sampling	48 kHz

Табела 2. Карактеристике аудио формата

Формати датотека са којима AirBox ради приказане су у табели 3.

MPEG2	MPG or M2P-Program Streams M2T or TS-Transport Streams OpenDML AVI and WAV (mono and stereo) QuickTime, MXF, GXF
DV	MPG or M2T / TS-Transport Stream QuickTime, MXF, GXF
HDV	MPG or M2T / TS-Transport Stream QuickTime, MXF, GXF
H.264 / AVC / MPEG4 part 10	TS-Transport Stream
Windows Media Video / VC-1	WMV
MPEG1	MPG-Sistem Stream

Табела 3. Формати датотека

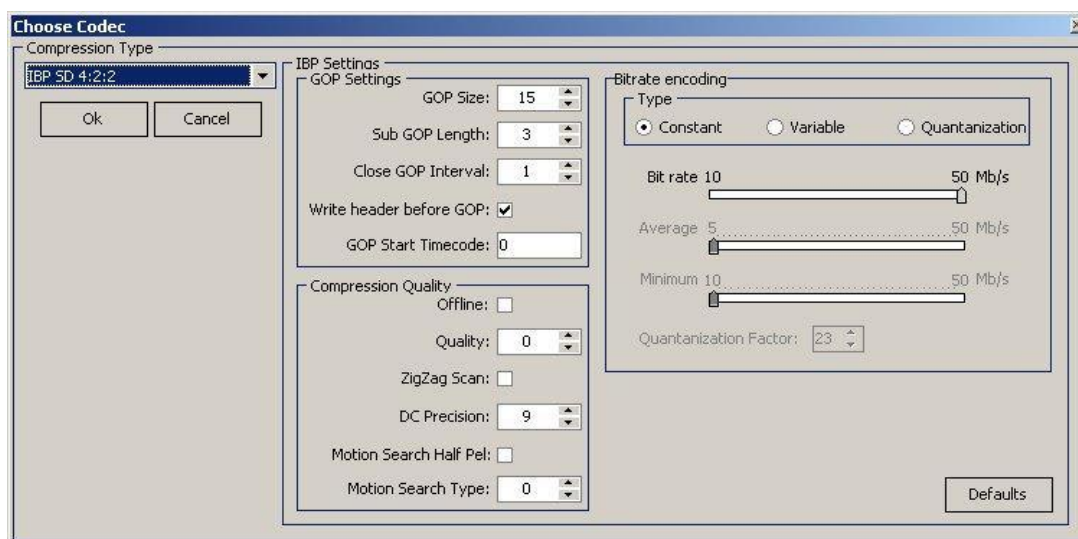
1.2. CAPTUREBOX



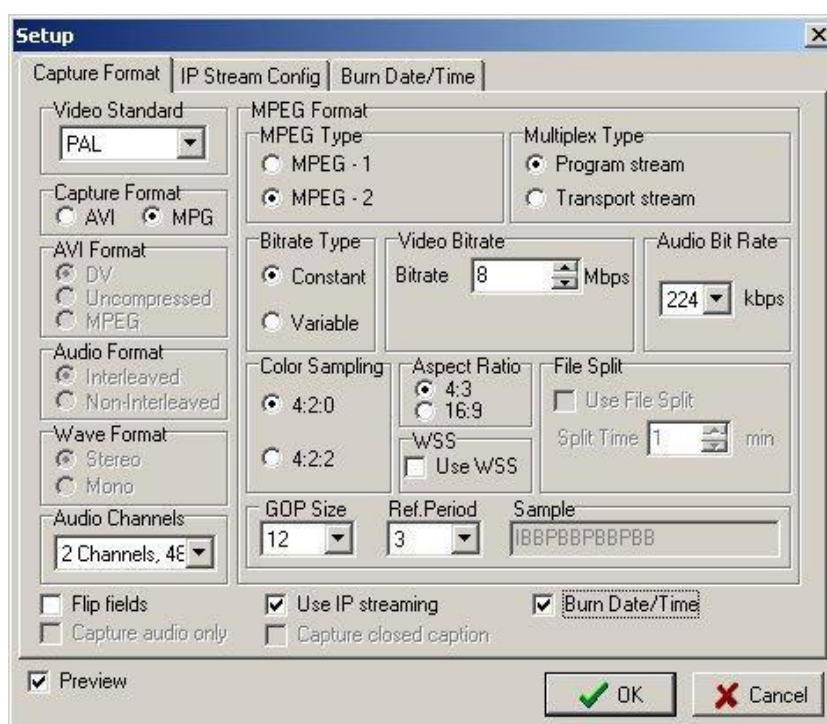
CaptureBox омогућава пренос односно преснимавање (capture) снимљеног аудио/видео материјала са трака различитих формата на сервер и контролише разне уређаје за репродукцију преко RS-422, RS-232 или FireWire порта. Он омогућава високо квалитетна снимања у разним компресијама, уживо стримовање програма, мултиканално аудио записивање, SD, HDV и HD снимање, планирано снимање

сателитског садржаја, полуаутоматско или потпуно аутоматско временски планирано снимање.

Основне опције CaptureBox-a су подешавање одговарајућих режима и кодека, као и одабир компресије у којој ће се снимати аудио/видео материјал, слика 6 и 7.



Слика 6. Панел за подешавање кодека и основних параметара



Слика 7. Подешавање видео формата, контејнера и компресија

CaptureBox омогућава унос аудио/видео материјала различитог квалитета и формата: композитни, компонентни, FireWire, SDI, ASI, LAN, HD-SDI. Излазни сигнали могу да буду компримовани у MPEG-2, H.264 или у форматима погодним за IPTV апликације.

Видео формати са којима CaptureBox функционише приказани су у табели 4.

Kompresije	MPEG2, DV, HDV, AVC/H.264, WMV/VC-1
Formati	MPG; OpenDML AVI; M2T; TS; WMV
Group-Of-Pictures (MPEG)	I-frame only, kratki GOP, dugi GOP
Bitrate	1-15 Mbit/sec with MPEG2 MP@ML 10-50 Mbit/sec with MPEG2 422P@ML 10-100 Mbit/sec with MPEG2 HD 25 Mbit/sec with HDV and DV 1-10 Mbit/sec AVC/H.264
Color sampling	4:2:0-MPEG2 Main Profile (incl. HDV) 4:2:2-MPEG2 4:2:2 Profile 4:2:0 / 4:1:1-DV at 25 Mbit/sec

Табела 4. Видео формати

Аудио формати у којима CaptureBox снима приказани су у табели 5.

Kompresije	MPEG audio Layer2, AAC audio, WMA, Uncompressed PCM
Format	WAV, or multiplexed with video
Bitrate	192-384 kbit/sec
Sampling	48 kHz

Табела 5. Аудио формати

Модули са којима CaptureBox сарађује приказани су у табели 6.

Streaming	Уживо MPEG2 стримовање долазећег видеа
PRO Option	Аутоматизовано пребацивање и GPI изглед
HD Опције	Висока репродукција са HD-SDI, ASI or firewire
Multi-track Audio	Мулти канално снимање
AirBox	Универзални садржај
DataBox	Добре базе података

SafeBox	Аутоматизован садржај при преснимавању и брисању
AlarmBox	Праћење и управљачки модули
QCBox	Котрола квалитета

Табела 6. Модули са којима CaptureBox сарађује

1.3. DATABOX



DataBox је велика база података која омогућава управљање садржајима. При самом уносу материјала морају се задати сви одговарајући подаци: врста материјала, жанрови, трајање, датум производње, датум уноса, категорија, итд. Са свим овим подацима DataBox представља кичму целог система. DataBox је класичан представник интегрисане SQL базе података за медије и управљање садржајима који омогућава тренутни приступ на више од 20000 података истовремено, слика 8. Сви PlayBox модули добијају информације из ове SQL базе, логотип, архивирање, преклапања, сарадња и прослеђивање информација AirBox–у, итд. Са свим овим карактеристикама садржај се лако претражује што штеди много времена при прављењу листа и великих архивирања.

No	Title	HouseID	Category	Location	MediaType	Type	Genre	Keyword	Person
1	Scorpion King, The - MusicVideo	MUSI-0002	Music Videos			MUSIC	Hard Rock	scorpion	Godsmack
2	Scorpion King, The - Trailer	COMM-0001	Film Trailers			COMMERCIAL	Action	scorpion	Al Pacino;Geor
3	09_Express Yourself	MUSI-0010	Music Videos			MUSIC			
4	11_Like a Prayer	MUSI-0011	Music Videos			MUSIC			
5	Scorpion King, The - Making1	CINE-0003	Making	\\Trueserver\E\		CINEMA	Action	scorpion	Brad Pit
6	Mummy Returns, The - Trailer	COMM-0004	Film Trailers			COMMERCIAL	Action;Adventure	mummy	Keanu Reeves
7	Mummy returns, The - Make1	CINE-0005	Making			CINEMA	Action;Science Fiction	death	Keanu Reeves
8	Jumanji - Trailer1	NEWS-0006	Channel ID			NEWS	Terrorism	battle	Brus Willis
9	Jumanji - Trailer2	SPOR-0007	Closing Ceremony			SPORT	Athletics	extra-terres	Steven Spielbe

Слика 8. DataBox као SQL база података

Једна од битних карактеристика овог модула јесте што је омогућен приступ великом броју корисника истовремено, преко више радних станица. Чим CaptureBox заврши са

снимањем, овај модул аутоматски омогућава архивирање и класификацију материјала по различитим категоријама које касније омогућавају брзо проналажење одговарајућег материјала. Цела SQL база ради преко стандардне рачунарске мреже без посебне администрације. Сама претрага се врши преко претраге кључних речи и падајућих опција класификације које су раније дефинисане. Систем је направљен од огромних скупова табела које се међусобно преплићу, што омогућава да један материјал буде повезан по више могућих ставки. Сваки програм може да се састоји из више делова, снимљених на одвојена места.

Основне карактеристике DataBox-а приказане су у табели 7.

Генерално	Назив програма House ID / Program ID Трајање програма
Тип и опште информације	Групе Секвенца – серија / мини серија / албум Наслов сезоне Редни број епизоде
Класификација	Тип Категорија Жанр
Индексирање	Кључне речи Белешке Маркери Тачке прекида
Информације о снимању	Учесници Компаније Локација
Порекло	Датум производње, језик, формат
Медиа	Архива, квалитет, делови, врста и број
Остало	Коментари, оцене, белешке...

Табела 7. Основне карактеристике DataBox-а

3. Контролна питања

а) На који начин се обезбеђује заштита од губитака информација и грешака у раду RAID система?

б) Са којим врстама меморије може да буде организован дигитални ТВ студио са серверима?

в) Од којих софтверских модула се састоји "PLAYBOX" систем?

г) Наведите једну од главних карактеристика AirBox-а?

д) Где могу да се праве плејлисте за Airbox?

ђ) Наведите три формата датотека са којима AirBox може да ради?

е) Шта све омогућава CaptureBox софтверски модул?

ж) Који се формати могу увозити са CaptureBox софтверским модулом?

з) Наведите главне карактеристике DataBox софтверског модула?

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Аналогни извори видео сигнала
2. Видео свичер
3. Видео миксер
4. Рутер
5. Multiview-ју за визуелну контролу
6. Рачунари са инсталираним софтверским пакетима који се састоје из: CaptureBox, AirBox и TitleBox модула.

4.2. Упутство за реализацију вежбе

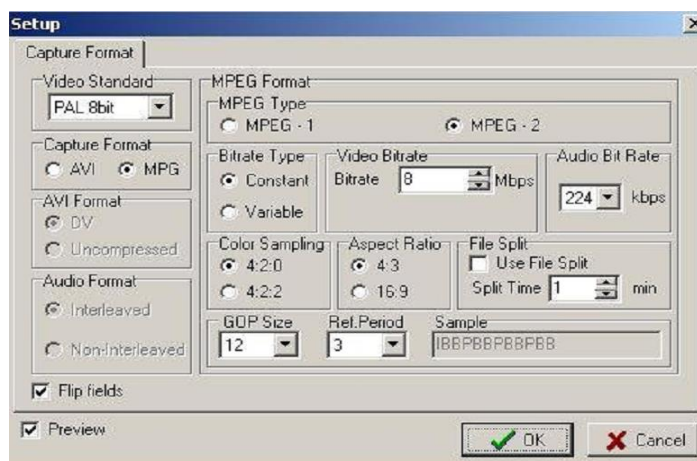
Видео сигнал из аналогног извора (бета плејера) преко видео свичера повезан је на улаз рачунара са CaptureBox софтверским модулом. Са бета плејера се репродукује аналогни сигнал и конвертује у задати формат фајла (MPEG-2).

Тако добијени видео фајл се копира преко LAN рутера и мреже на рачунар са AirBox софтверским модулом. Копирани видео фајл се додаје на плејлисту и у облику видео сигнала шаље до видео миксера.

Видео сигнал из видео миксера води се на Multiview-ју монитор и рачунар са TitleBox софтверским модулом. У рачунар са Titlebox модулом креира се графика (лого ТВ станице, време, потписи ...). Тако формирани видео сигнал спреман је за емитовање.

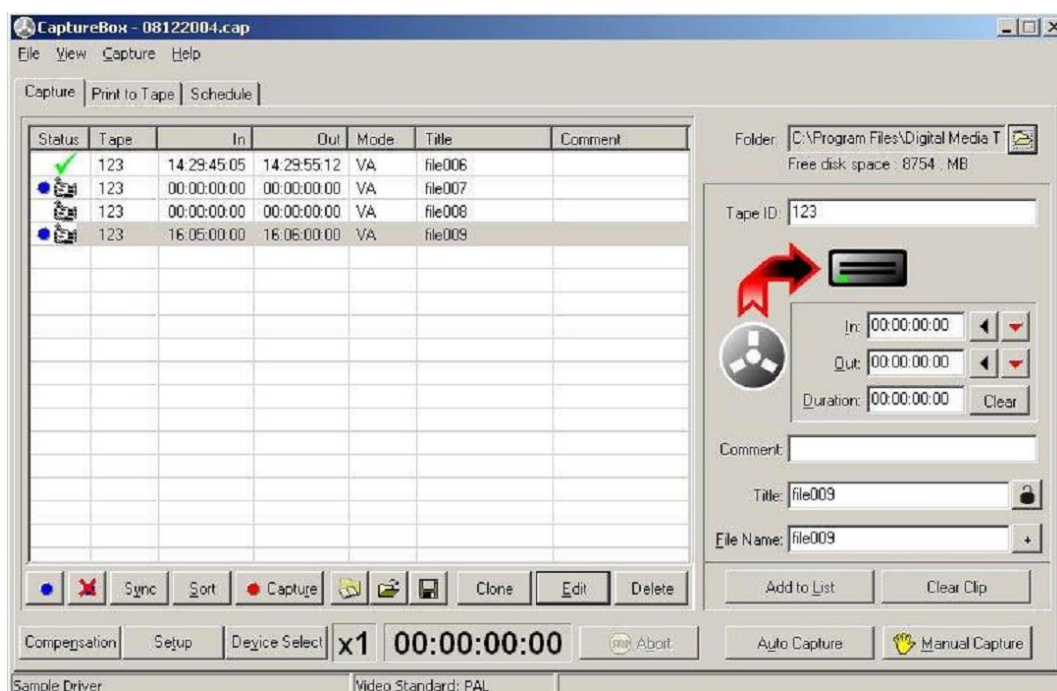
4.3. Задаци

I. На улаз рачунара довести аудио/видео сигнал са бета плејера или неког другог аналогног извора. У CaptureBox софтверском модулу подесити формат видео фајла према слици 9.



Слика 9. CaptureBox софтверски модул

II. У CaptureBox софтверском модулу одредити дестинацију снимања, слика 10, (изабрати фолдер на хард-диску где ће видео фајл бити снимљен). Снимити видео фајл у трајању од пет минута.



Слика 10.

III. Снимљени фајл ископирати преко LAN мреже на рачунар са AirBox софтверским модулом. Убацити у плејлисту и покренути емитовање. Визуелно проверити слику преко видео миксера и Multiview-ју монитора.

IV. Довести видео сигнал на улаз рачунара са TitleBox софтверским модулом. На видео сигнал додати лого и сат. Проверити слику преко видео миксера и Multiview-ју монитора.

Вежба 14:

Примена capture картица у телевизијској продукцији

1. Циљ вежбе

У оквиру ове вежбе, студент ће се упознати са:

- а) Capture картицама које се користе у телевизијској продукцији,
- б) Коришћењем екстерних и интерних картице за емитовање програма,
- в) Софтверским подешавањем Capture картица.

2. Теоријске основе и потребно предзнање

Да би се неки мултимедијални садржај обрадио и приказао на ТВ екрану, једна од варијанти, је да се помоћу Capture картице из видео материјала издвоји један фрејм (слика) односно да се „ухвати“ (енгл. Capture) или да се издвоји нека видео секвенца. У овој вежби биће описане неке од картица које могу да се користе за кепчеревање. Имају примену у видео продукцији за снимање неког видео материјала са различитих видео уређаја као и за његово емитовање на различитим платформама.

Могу да се користе за архивирање (преузимање материјала са VHS плејера тј. VHS касета на DVD или на хард диск), за видео монтажу, за заказивање снимања, за снимање телевизијског садржаја, за видео надзор, итд. Capture картице се данас доста користе за снимање „гејмплеја“ (енгл. gameplay), односно за снимање видео игара одакле се углавном „хвата“ видео садржај са видео конзола или графичких картица рачунара.

Capture картице су дизајниране тако да могу да буду интерне и екстерне. **Интерне** се убацују у кућишта рачунара или сервера где се као интерфејс за повезивање користе PCI, PCI Express и AGP слотови, слика 1.



Слика 1. Blackmagic Intensity Pro HDMI Capture картица

Екстерне картице имају своја кућишта у којима се налази цео електронски склоп на штампаној плочи, повезују се са рачунаром преко USB или FireWire порта. Данас се

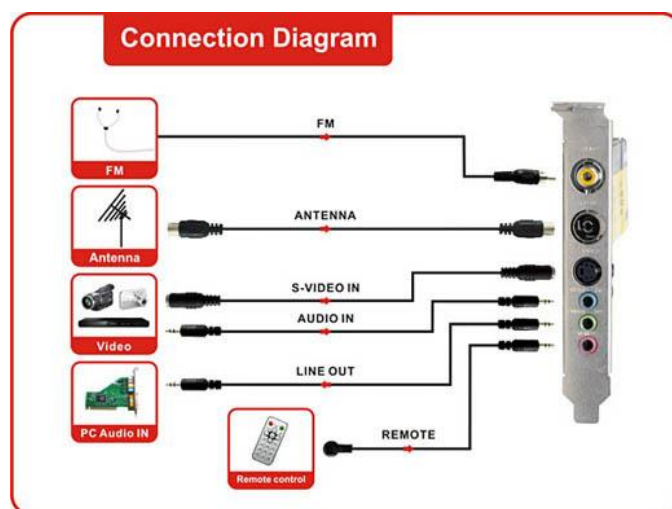
екстерне картице повезују најчешће преко USB и Thunderbolt интерфејса. Од конектора поседују: антенски конектор, композитни (RCA) конектор, S-Video конектор, конекторе компонентних сигнала (Y Pr Pb), BNC конекторе, HDMI конекторе, итд.

Неке од екстерних картица су приближне величине као USB флеш меморије, слика 2. Међутим квалитет слике који се добија преко USB флеш меморије нешто је нижи него што може да се добије интерном хардверском картицом.



Слика 2. Екстерна USB capture картица

Capture картице могу да користе разне оперативне системе и садрже разне софтверске апликације помоћу којих може да се процесира тј. обрађује „ухваћени“ видео сигнал. Оне могу да „ухвате“ фрејм из различитих врста видео сигнала као што су: аналогни композитни видео сигнал, S-video сигнал, компонентни видео сигнал, а што се тиче дигиталних сигнала SDI и HDMI стандарде. Дијаграм повезивања ТВ тјунера на ТВ пријемнику са Capture картицом приказан је на слици 3.



Слика 3. Типичан дијаграм повезивања ТВ тјунера са capture картицом

Могу да „хватају“ некомпресовани или компресовани видео материјал. Истовремено могу да енкодују и декодују видео садржај. Енковање видео садржаја може да буде хардверско и софтверско.

Картице које енкодују видео метеријал софтверски (немају хардверски енкодер) и оне су при снимању потпуно ослоњене на софтвер и конфигурацију рачунара на који снимају видео материјал, тако да је код оваквих система пожељно да конфигурација рачунара буде што хардверски јача, односно да поседује пре свега што јачи и бољи процесор да би без икаквих потешкоћа могао да се енкодује видео садржај. Уколико није довољно јак процесор може да дође до „bottleneck-а“ или загушења током кодовања. Оно што је предност код оваквих картица јесте да имају могућност коришћења више различитих параметара за снимање неког видео садржаја.

Код картица са хардверским енкодером које у себи имају уграђен неки од система за енковање, могу да се користе и рачунари са слабијом конфигурацијом, јер код њих је заузеће меморије процесора током енковања сведено на минимум, па су мале шансе да дође до загушења рачунара.



Слика 4. Blackmagic Design Intensity Shuttle екстерна capture картица

Један од екстерних модела картице који се доста користи је Blackmagic Design Intensity Shuttle, слика 4. Она подржава USB 3.0 или Thunderbolt интерфејс и може да „хвата“ из 8-битног или 10-битног SD и HD видео сигнала у пуном квалитету. У табели 1 дате су техничке карактеристике ове картице.

Аналогни видео улаз Посебни улази за компонентни, композитни и S-Video сигнал	Аналогни аудио улаз 2-канални RCA HiFi аудио у 24-бита	SPDIF аудио излаз 2-канални 24-бита
Аналогни видео излаз Посебни улази за компонентни, композитни и S-Video сигнал	Аналогни Аудио излаз 2-канални RCA HiFi аудио у 24-бита	Dual Rate Support HDMI и аналогне компоненте имају прекидачку функцију између високе и стандардне дефиниције
HDMI видео улаз 1 x HDMI тип A конектор	HDMI аудио улаз 8 канала ембедована у SD и HD	Интерфејс USB 3.0/Thunderbolt
HDMI видео излаз 1 x HDMI тип A конектор	HDMI аудио излаз 8 канала ембедована у SD и HD	

Табела 1. Техничке карактеристике

SD формат 625i50 PAL, 525i59.94 NTSC, 625p50 PAL, 525p59.94 NTSC	HDMI видео семплинг 4:2:2 YUV	HDMI колорна прецизност 10-битна
HD формат 720p50, 720p59.94, 720p60 1080p23.98, 1080p24, 1080p25, 1080p29.97, 1080p30 1080i50, 1080i59.94, 1080i60	HDMI аудио семплинг Стандардно телевизијско узорковање од 48KHz и 24-бита	Copy Protection HDMI улаз није у могућности да хвата са HDMI извора који имају заштиту против копирања

Табела 2. Стандарди које картица подржава

Неки од интерних модела Blackmagic Design DeckLink картица приказани су на слици 5.



Слика 5. Разни модели интерних Blackmagic Design DeckLink картица

Ове картице подржавају оперативне системе као што су Windows, Mac и Linux. Неки од ових модела раде са различитим видео форматима и резолуцијама, а подржавају Ultra HD и 4K стандард. Могу да раде са компресованим и некомпресованим видео форматима, подржавају ProRes и тродимензионални виде сигнал.

Интерна картица DeckLink 4K Extreme 12G, слика 6, користи се у професионалној продукцији и подржава филмски квалитет „хватања“. Ради са SD, HD и Ultra HD стандардима, подржава Ultra HD 60p и full frame DCI 4K на 4096x2160 пиксела до 25 слика у секунди. Може да хвата 10-bit YUV или пуни проток 12-bit RGB сигнале, а за звук су имплементирани стандарди који подлежу AES/EBU конверзијама, подржава 3D стереоскопију са пуним протоком од 4:4:4:4.



Слика 6. DeckLink 4K Extreme 12G

Она подржава следеће кодеке: AVC-Intra, AVCHD, Canon XF MPEG2, Digital SLR, DV-NTSC, DV-PAL, DVCPRO50, DVCPROHD, DPX, HDV, XDCAM EX, XDCAM HD, XDCAM HD422, Apple ProRes 4444, Apple ProRes 422 HQ, Apple ProRes 422, Apple ProRes LT, Apple ProRes 422 Proxy, некомпресовани 8-bit 4:2:2, некомпресовани 10-bit 4:2:2, некомпресовани 10-bit 4:4:4. Од софтвера који иду уз картицу су Media Express, Disk Speed Test, LiveKey, Blackmagic Desktop Video и Blackmagic драјвер за MAC OS X, док за Windows оперативне системе иду Media Express, Blackmagic Desktop Video Utility и Blackmagic драјвер за Linux. Ажурирање firmware-а се врши преко софтверског драјвера који се учита приликом стартовања система или иницијализације процеса ажурирања.



Слика 7. Софтвер који ова картица подржава

У табели 3 дате су техничке карактеристике ове картице.

SDI видео улаз 2 x 12Gb/s SD/HD/2K/4K. Подржава single/dual link 4:2:2/4:4:4. 2D/3D промењиво.	AES/EBU аудио улаз 2 канала небалансирана са могућношћу бирања узорковања.	HDMI аудио улаз 8 канала ембедовано у SD/HD/4K.
SDI видео излаз 2 x 12Gb/s SD/HD/2K/4K. Подржава single/dual link 4:2:2/4:4:4. 2D/3D промењиво.	AES/EBU Audio Output 2 канала небалансирана.	HDMI аудио излаз 8 канала ембедовано у SD/HD/4K.
Аналогни видео улаз 1 x компонентни YUV на 3 BNC-а са прекидачком функцијом на S-Video или композитни. Компонентни подржава HD и SD.	SDI аудио улаз 16 канала ембедовано у SD/HD/2K/4K.	Sync улаз Black burst у SD, 720p50, 720p59.94, 1080i50 и 1080i59.94 форматима или Tri-Sync у било ком HD формату.
Аналогни видео излаз 1 x компонентни YUV на 3 BNC-а са прекидачком функцијом на S-Video или композитни. Компонентни подржава HD и SD.	SDI аудио излаз 16 канала ембедовано у SD/HD/2K/4K.	Контрола уређаја Sony™ компатибилни RS422 deck control port. Серијски портови TxRx имају реверзибилну контролу дирекције путем софтверског пакета.
Аналогни аудио улаз 2 канала за професионални балансиран аналогни аудио преко XLR конектора.	HDMI видео улаз HDMI тип A са подршком за 2160p60.	Компјутерски интерфејс PCI Express 8 lane Gen 2, компатибилан са 8 и 16 lane PCIe са HDMI или SDI mezzanine IEEE

		стандардизованим картицама.
Аналогни аудио излаз 2 канала за професионални балансирани аналогни аудио преко XLR конектора.	HDMI видео излаз HDMI тип A са подршком за 2160p60.	

Табела 3. Техничке карактеристике DeckLink 4K Extreme 12G

У табели 4, дати су стандарди које ова картица подржава.

Подршка SD формата 525i29.97 NTSC, 625i25 PAL.	SDI стандарди SMPTE 292M, SMPTE 259M, SMPTE 296M, SMPTE 372M, SMPTE 425M level A, SMPTE 425M level B, SMPTE 435, ITU-R BT.656 и ITU-R BT.601.	Колорни простор REC 601, REC 709
Подршка HD формата 720p50, 720p59.94, 720p60 1080p23.98, 1080p24, 1080p25, 1080p29.97, 1080p30, 1080p50, 1080p59.94, 1080p60 1080PsF23.98, 1080PsF24, 1080PsF25, 1080PsF29.97, 1080PsF30 1080i50, 1080i59.94, 1080i60	SDI метадата подршка VANC хватање и репродукција користећи 3 линије видео у фајлу. HD RP188. Затворено титловање.	HDMI конфигурација HDMI 2.0 подржава Deep Color, HDR и REC 2020, и аутоматски подешава на повезане мониторе.
Подршка 2K формата 2K DCI 23.98p, 2K DCI 24p, 2K DCI 25p 2K DCI 23.98PsF, 2K DCI 24PsF, 2K DCI 25PsF	Аудио семплинг Стандардно телевизијско узорковање од 48KHz и 24-бита	Multiple Rate Support HDMI и SDI видео конекције промењиве са SD/HD/2K и 4K. Компонентне аналогне видео конекције су промењиве између SD и HD.
Подршка Ultra HD формата 2160p23.98, 2160p24, 2160p25, 2160p29.97, 2160p30, 2160p50, 2160p59.94, 2160p60	SDI видео семплинг 4:2:2, 4:4:4 и 4:4:4:4.	Copy Protection HDMI улаз није у могућности да хвата са HDMI извора који имају заштиту против копирања.
Подршка 4K формата 4K DCI 23.98p, 4K DCI 24p, 4K DCI 25p	SDI колорна прецизност 8, 10, 12-bit RGB 4:4:4 у свим модовима до UHD 30p, и 8, 10-bit YUV 4:2:2 у свим модовима.	

Табела 4. Стандарди које подржава DeckLink 4K Extreme 12G

2.1. Коришћење екстерне картице LiveGamerPortable C875 за емитовање програма

Ова картица највише се користи за потребе снимања gameplay-а и стримовања живог садржаја на видео платформе као што су YouTube и Twitch, а све је популарнија за пренос живог садржаја преко интернета и на друштвеним мрежама Facebook и другим. Њен изглед приказан је на слици 8.



Слика 8. AVerMedia LiveGamerPortable C875 екстерна capture картица

Неке од техничких карактеристика приказане су у табели 5.

Улази:	1x HDMI	1x AV	3.5mm аудио	USB 2.0 тип miniB	SD слот за меморијске картице
Излази:	1x HDMI (пролаз)		3.5mm аудио (пролаз)		

Табела 5. Техничке карактеристике LiveGamerPortable C875

Ова картица пре свега се користи за „хватање“ садржаја са уређаја који имају имплементиран HDMI или AV порт.

Од оперативних система подржава Windows (после Windows 7) и OS X (после 10.7). Картица има у себи уграђен H.264 енкодер за енковање видео сигнала.

У неколико корака објаснићемо функционисање ове картице.

Корак 1.

Преузети помоћу интернет претраживача драјвере и софтвер са адресе:

http://gamerzone.avermedia.com/gaming/download/live_gamer_portable#tab-0,

у картици „Application and Driver” изабрати најновију верзију пакета инсталације издату 14.10.2016. године, са верзијама RECentral: v1.3.0.109 и Driver:v3.7.x.39 који подржавају оперативне системе Windows (Win7 x86, Win x64, Win8.1 x86, Win8.1 x64, Win10 x86, Win10 x64).

Корак 2.

Након што је инсталација преузета, апликацију треба инсталирати на жељену локацију. Током инсталације ће се појавити упитник о додавању новог уређаја, па исти треба прихватити тј. дозволити да буде додат на списак уређаја рачунара. Након што је инсталација завршена, може се повезати картица и покренути софтвер „AVerMedia RECentral”.

Корак 3.

Након што је софтвер покренут, појавиће се кориснички интерфејс, слика 9. У горњем десном углу налази се назив повезане картице, тастери за мењање између других картица, тастер за улазак у подешавање програма, минимизирање и затварање апликације. Са леве стране прозора налазе се 4 прозора: Bulletin, Capture, Stream и Video Folder.

Bulletin тастер учитава нове вести,

Capture функција улази у параметре за хватање и снимање садржаја са подешеног видео извора,

Stream функција улази у параметре директног емитовања на интернет платформе,

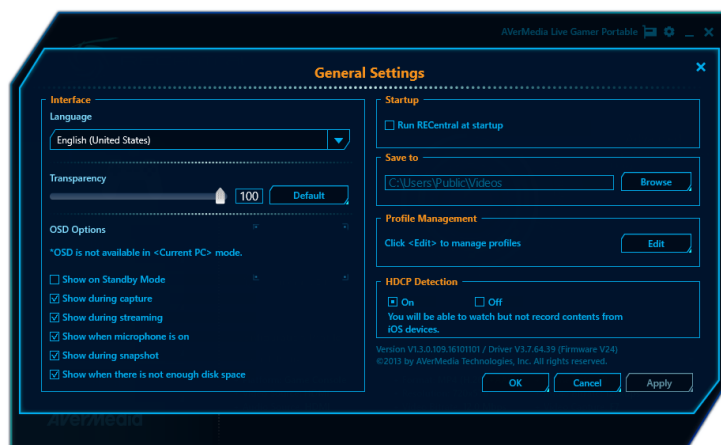
Video Folder учитава у Windows (File) Explorer-у фолдер (који је подешен) у њега се смештају снимљене датотеке. На доњем делу прозора се налазе информације о изабраном извору, формату снимања, видео битрејт, број фрејмова, аудио битрејт и пречице на тастатури.



Слика 9. Прозор апликације након стартовања

Корак 4

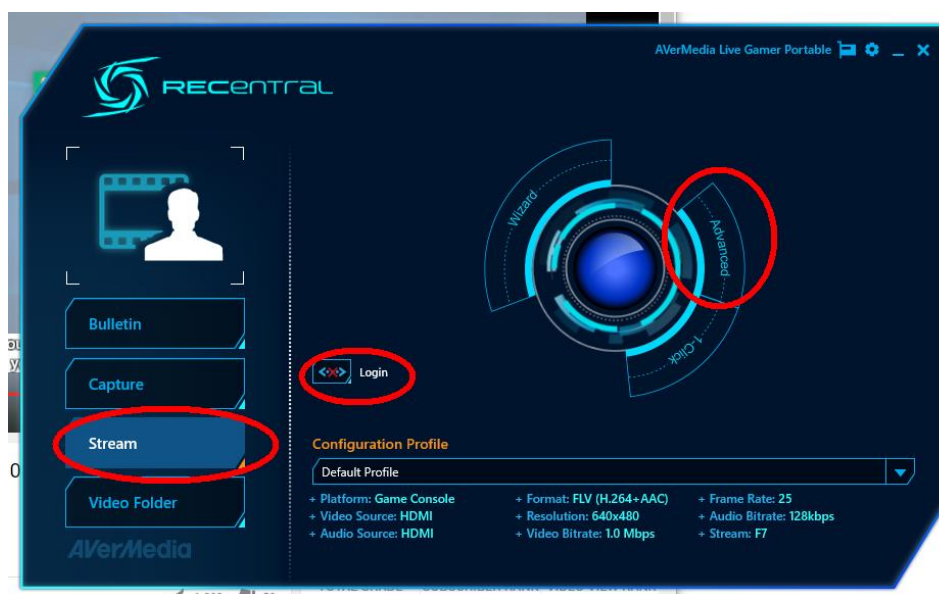
Када се уђе у подешавање апликације, слика 10, може да се бира: језик, провидност прозора, информације које желе да буду приказане током снимања/преноса, избор на који начин да се апликација покрене са рачунара, чувања снимљених датотека у фолдеру, избор жељених профила (могућност поставке више профила), заштита против снимања заштићеног материјала.



Слика 10. Интерфејс подешавања апликације

Корак 5

Након подешавања интерфејса, прелази се на подешавање Stream картице, слика 11. Помоћу тастера „Login“ врши се повезивање са неким од интернет видео сервиса.



Слика 11. Избор опција за емитовање на интернет и подешавање

Корак 6

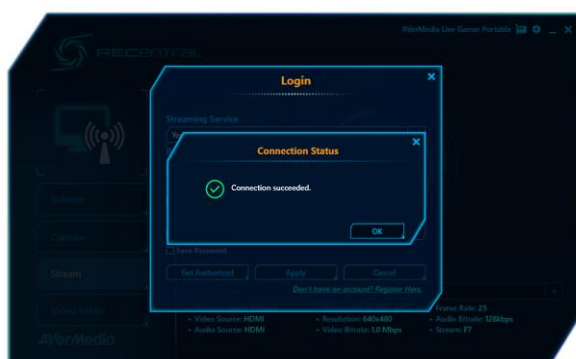
Када се учита прозор Login, слика 12 бира се неки од понуђених видео сервиса: Twitch, UStream, NicoNico, Youtube Live, Hitbox и Custom RTMP. Ако ће се садржај емитовати на YouTube, бира се Youtube Live.



Слика 12. Учитани прозор „Login“

Корак 7

Након тога се врши ауторизација, клик на дугме „Get Autorised“ и пријављивање на YouTube канал на коме жели да се емитује садржај. Врши се унос е-поште, шифре налога и осталих потребних параметара и ако је све добро одрађено појављује се прозор о успешном повезивању, слика 13.



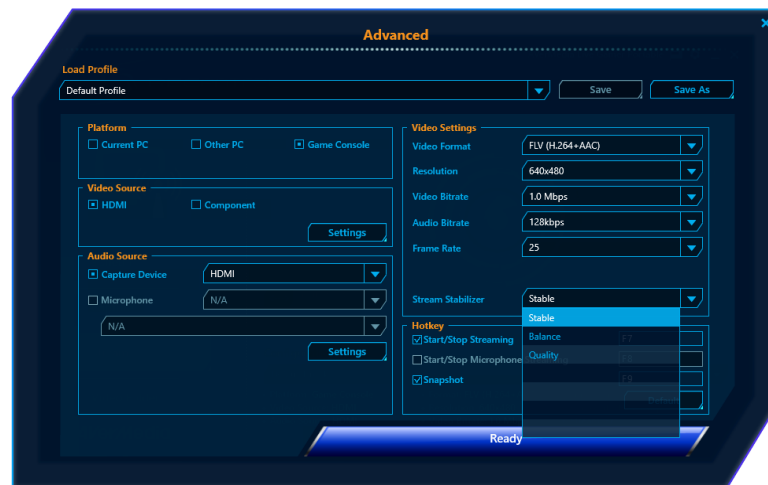
Слика 13. Потврда о успешном повезивању

Корак 8

У менију за емитовање (стриминг) се врши подешавање одређених параметара.

Бира се платформ са које ће се вршити „хватање“ видео сигнала односно извор (други рачунар, конзола, камера, двд/видео плејер, итд). Помоћу Settings тастера се бира распона боја од 0-255 бита или од 16-255 бита.

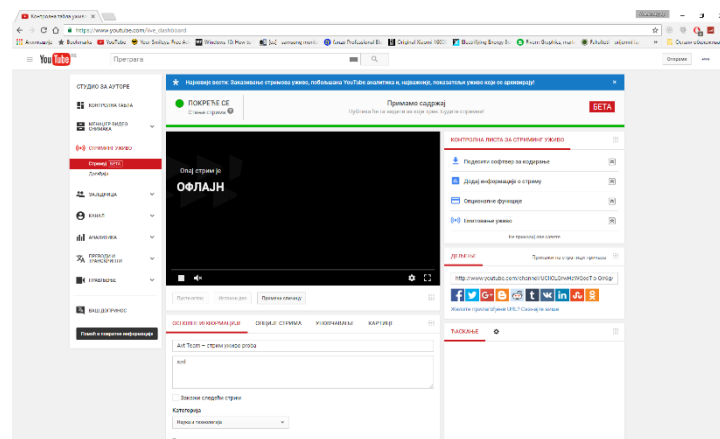
За аудио извор се бира звук из HDMI, RCA интерфејса или микрофона. Ако се садржај емитује на интернет тј. у овом случају на YouTube-у, потребно је прилагодити параметре брзине отпремања. Уколико се отпрема видео до 720p резолуције, оптимално би било да се користи видео битрејт 3-6 Mbps, а за 1080p резолуцију 8-10 Mbps, 25 слика, с тим што би било пожељно да се користи већи битрејт да не би дошло до губитка квалитета у компресији. Мени за подешавање емитовања приказан је на слици 14.



Слика 14. Мени са подешавањима за емитовање (стриминг)

Корак 9

Када почне стриминг, на контролној табли странице YouTube-а, слика 1.15 види се да статус стриминга из „ОФ ЛАЈН“ прелази у „ОН ЛАЈН“ режим и писаће статус „УЖИВО“ слика 15.



Слика 15. Прозор са уносом пре почетка преноса

Приказ на YouTube-а није тренутно, већ постоји кашњење, оно може бити различито зависно од поставки који су постављени за пренос. У овом случају кашњење је временски било отприлике између 20-30 секунди али је пренос био константан и без икаквих проблема. Да би се завршило са преносом, само је потребно зауставити пренос на исти начин како је и започет, притиском тастера на картици/тастатури или у прозору апликације. У зависности од поставки на каналу, могуће је касније прегледати исти тај садржај који је преношен на каналу.

3. Контролна питања

а) Која је улога Capture картица?

б) За шта све могу да се користе Capture картица?

в) Каква је разлика између екстерних и интерних Capture картица?

г) Из који све формата може да се врши кепчеревање видео материјала?

д) Да ли са Capture картицама може да се врши и енковање видео материјала?

ђ) Које све улазе имају Capture картице?

е) Које све кодеке и софтвере подржавају Capture картица?

ж) Описати како се Capture картица LiveGamerPortable C875 користи за емитовање програма.

4. Рад на вежби

4.1. Уређаји, инструменти и прибор потребни за извођење вежбе

1. Capture картице
2. Рачунар
3. ТВ монитор

4.2. Упутство за реализацију вежбе

Видео сигнал из камере помоћу HDMI кабла довести на улаз capture картице и пратећи кораке у поглављу 2.1 помоћу неког од бесплатних стриминг сервиса тестирати слање и пријем видео стрима.

Речник појмова

- **AC-3 (Dolby Audio Coding - 3) или Dolby Digital** > Стандард аудио кодирања треће генерације, развијен у *Dolby* лабораторијама. Користи се за кодирање 6 аудио канала, тзв. 5.1 стандард.
- **A/D or ADC (Analog to Digital conversion)** > Конверзија аналогног сигнала у дигитални сигнал.
- **ACTIVE PICTURE** > Активни део слике. Под појмом „активни део слике”, подразумева се онај део слике који се види на екрану ТВ пријемника или монитора.
- **AES/EBU (Audio Engineering Society/European Broadcasting Union)** > Удружење аудио инжењера / Европски савез за радиодифузију.
- **ALIASING** > „Ефект преклапања”. Појава код које долази до преклапања фреквенцијског спектра основног опсега са модулисаним делом спектра, који се појављује око носиоца.
- **ALPHA CHANNEL** > „Alfa” канал описује транспарентност (прозирност) неког објекта на слици, а везан је уз појам хроматског учешћавања (*chroma keying*)
- **ANTI-ALIASING** > Термин је везан уз смањење грешака у слици које настају због преклапања основног опсега са бочним компонентама које се појављују око носиоца.
- **ARTIFACTS** > Изобличења у слици. Јављају се у процесирању видео сигнала, а разним поступцима их покушавамо уклонити како би се добила квалитетна слика. Видљиви су као назубљени делови слике и објекта на слици, преливање боја и сл.
- **ASCII (American Standard Code for Information Interchange)** > Амерички стандард који прописује кодове за пренос и размену података у дигиталном облику.
- **ASPECT RATIO OF PICTURES** > Однос страница слике, тј. однос ширине телевизијске слике и њене висине. У PAL и NTSC систему стандард је 4:3 за однос ширине и висине слике. Висококвалитетна телевизија (HDTV) има однос слике 16:9.
- **ASPECT RATIO OF PIXELS** > Облик елемента слике, тј. однос ширине и висине телевизијске слике ([пиксел](#)).
- **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** > Асинхрони начин преноса дигиталних информација на принципу комутације пакета (ћелија).
- **ATSC (Advanced Television Systems Committee)** > Одбор за напредну телевизију који доноси техничке стандарде, укључујући и висококвалитетну телевизију (HDTV).

- **ATV (Advanced television)** > Напредна дигитална телевизија која се базира на стандардима ATSC-a.
- **B-FRAMES** > В-слике су слике настале двосмерним предвиђањем уз надокнаду покрета. На тај начин се из слике избацује просторна и временска редунданција, односно смањује се количина података. Такав начин смањења количине података у слици користи се код MPEG-2 компресије.
- **BACK CHANNEL** > Повратни канал. Служи за комуникацију између корисника и даваоца одређене услуге.
- **BANDWIDTH** > Ширина фреквенцијског опсега сигнала. Ширина опсега је одређена доњом и горњом граничном фреквенцијом код које снага сигнала падне за 3dB.
- **BAUD** > Мерна јединица за брзину преноса (брзина рада у дигиталном преносу).
- **BCD (Binary Coded Decimal)** > Кодирање децималних бројева (0-9) бинарним кодом.
- **BER (Bit Error Ratio)** > Учесталост грешке битова, односно вероватноћа погрешно примљених битова. Дефиниција: $BER = (\text{број нетачно примљених битова} / \text{укупан број пренесених битова})$.
- **BETACAM SX** > Сонијев формат дигиталног снимања на траку који користи ограничени број параметара MPEG 2 компресије. Користи [4:2:2](#) систем одмеравања видео сигнала за I-слику и P-слику. Ширина траке је 12,7mm.
- **BIT** > Ознака за бинарни број (*Binary Digit*). Један бит може бити или „0” или „1”. Низ битова чини дигиталну реч од „N” битова. У већини система скуп од 8 битова чини 1byte (бајт).
- **BIT BUCKET** > Било који уређај на који се могу смештати дигитални подаци.
- **BIT BUDGET** > Укупна количина података (битова) који се могу сместити на неки медиј.
- **BIT PARALLEL** > Паралелни пренос дигиталног видео сигнала помоћу кабла са „N” конектором.
- **BIT SERIAL** > Серијски пренос дигиталног видео сигнала помоћу кабла са једним конектором, а стандардизован је [ITU-R BT. 656](#) препоруком.
- **BIT SLIPPAGE** > „Проклизавање битова”, односно појава грешке у поједином биту.
- **BPSK (Binary phase Shift Keying) ili 2-PSK** > Двофазна дискретна модулација фазе код које модулисани сигнал може попримити две дискретне фазе.

- **BROADBAND** > Могућност преноса и пријема сигнала широког фреквенцијског опсега.
- **BUFFER** > Привремена меморија или међумеморија битова дигиталних података. Користи се за компензацију кашњења појединих битова.
- **CBR (Constant bit rate)** > Константна (стална) брзина преноса дигиталних података.
- **CCD (Charge coupled device)** > Фотоосетљиви сензор који светлосну информацију (скуп фотона) претвара у електричну аналогну информацију. Израђују се у полупроводничкој MOS технологији. Користе се у камерама (уместо анализаторских цеви), телекинима, скенерима ... Дигиталне камере могу имати један CCD за све три основне боје или три CCD-а посебно за сваку боју. Ово друго решење даје бољи квалитет слике и однос сигнал/шум. Предности су добра осетљивост при слабом осветљењу, висока резолуција, мала маса и мала потрошња енергије, отпорност према механичким нестабилностима.
- **CCIR (Comite consultatif international des radiocommunications)** > Међународно удружење за стандарде на подручју радиокомуникација. То удружење под овим именом више не ради, замењено је организацијом ITU (*International Telecommunications Union*) која прописује разне препоруке и стандарде на подручју радиокомуникација (*ITU-Radiocommunication*) и телекомуникација (*ITU-Telecommunication*).
- **CHANNEL CODING** > Канално кодирање је техника прекодирања изворних дигиталних података.
- **CHECKSUM** > Једноставна метода за детекцију грешке којом се битови у блоку сабирају на предајној страни и упоређују са онима на пријемној страни.
- **CHROMAKEYING** > Процес уклапања (замене, убацивања, уметања) објекта из једне ТВ слике у другу ТВ слику. Објект у првој слици налази се испред позадине тачно дефинисане боје. Та боја се детектује и замењује садржајем друге слике.
- **CLOCK FREQUENCY** > Фреквенција такта за синхронизацију рада уређаја.
- **CLOCK JITTER** > Непожељне случајне промене фазе тактних импулса за синхронизацију рада уређаја.
- **C/N ili CNR (Carrier to Noise Ratio)** > Однос високофреквентног (VF) носиоца према шуму, а дефинише се код модулисаног сигнала који се преноси одређеним медијем.
- **CODEC (CODER/DECODER)** > Кодек или пар уређаја за кодирање и декодирање дигиталног сигнала. Кодер је уређај за претварање аналогног сигнала у дигитални облик прикладан за пренос. Уређај који ради обрнуту функцију зове се декодер.

- **CODING** > Кодирање је поступак који следи након одмеравања и квантизације у процесу претварања аналогног сигнала у дигитални, у којем се сваком квантизационом нивоу додељује бинарни код.
- **COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)** > Фреквентно мултиплексирање кодираних ортогоналних подносилаца. Користи се у земаљском преносу дигиталног видео сигнала.
- **COLLISION** > „Судар” или интерференција између два сигнала, настаје приликом њиховог неуспешног слања (предаје, емитовања) наизменично кроз исти преносни медиј. Интерференција је узрок паду амплитуде оба сигнала, тако да је потребно њихово поновно слање (предаја, емитовање).
- **COLOR-DEPTH** > Број битова потребних за представљање боје одређеног елемента слике. Говори колико боја је могуће приказати.
- **COMPRESSION** > Компресија је смањење количине дигиталних података. Заснива се на одбацивању података који нису од пресудне важности за квалитет видео или аудио сигнала.
- **COMPRESSION ARTIFACTS** > Изобличења сигнала узрокована компресијом. Јављају се при поступку компресије, ако се користи велики степен компресије.
- **COMPRESSION RATIO** > Степен компресије је однос количине података некомпримованог и компримованог дигиталног сигнала. У дигиталној телевизији су [ITU-R BT.601](#) препоруком прописани параметри за дигитални некомпримовани компонентни видео сигнал.
- **CONDITIONAL ACCESS** > Условни приступ. Дигитални сигнали се шифрирају тако да обичним декодером није могуће добити оригинални сигнал. Потребан је посебан додатак за дешифрирање, обично декодерска картица. Даваоци услуга на тај начин контролишу ко ће и када приступити њиховом каналу.
- **CONTOURING** > Ефект појаве контуре.
- **CONTRIBUTION QUALITY** > Контрибуцијски квалитет је квалитет видео сигнала који је потребно постићи приликом повезивања локалних ТВ центара са главним центром, или при размени ТВ програма између ТВ центара.
- **CO-SITING** > Узорци видео сигнала који се узимају на истом месту.
- **CRC (Cyclic redundant check)** > Циклично испитивање редундансе. Код за испитивање грешке која се може јавити при преносу дигиталних података.
- **D1** > Формат за снимање некомпримованог компонентног дигиталног видео сигнала према [ITU-R BT. 601](#) препоруци (користи се систем одмеравања [4:2:2](#) и 8-битна квантизација).
- **D2** > Формат за снимање дигиталног некомпримованог композитног PAL или NTSC видео сигнала. Потребни параметри дефинисани су SMPTE 244M стандардом.

- **D3** > Формат за снимање дигиталног композитног PAL или NTSC видео сигнала на траку. Потребни параметри дефинисани су SMPTE 244M стандардом.
- **D5** > Формат за снимање дигиталног компонентног видео сигнала. Ширина траке је 12,7mm, а користи се 10-битна квантизација.
- **D6** > Формат за снимање дигиталног висококвалитетног некопримованог видео сигнала при брзини преноса података од 1,88Gb/s. Снимање се врши на траку ширине 19mm уз записивање података у облику спирале. D6 је формат за снимање HDTV сигнала, а подржава европски 1250/50 систем анализирања са проредом и јапански 1125/60 систем анализирања са проредом.
- **D7 или DVCPRO** > Формат за снимање компримованог дигиталног компонентног видео сигнала, развијен је у *Panasonicu*. Ширина трага је 18µm, а ширина метализоране траке је 6,35mm. Користи се 8-битна квантизација, а систем одмеравања је 4:1:1.
- Постоје још:
- DVCPRO 50 – користи 4:2:2 систем одмеравања.
- DVCPRO P – користи прогресивно анализирање и систем одмеравања 4:2:0.
- DVCPRO HD – формат за снимање HDTV сигнала.
- **D9 или DIGITAL-S** > Формат за снимање дигиталног видео сигнала на метализорану високо осетљиву траку, развијен у JVC-у. Ширина траке је 12,7mm, брзина траке је 57,8mm/s. Брзина преноса видео сигнала је 50Mb/s. Користи се 4:2:2 систем одмеравања и однос компресије 3,3:1.
- **DBS (Digital Broadcasting System)** > Систем дигиталне радиодифузије често се назива и дигитални сателитски систем. Користи MPEG-2 кодирање.
- **DCT (Discrete cosine transform)** > Дискретна косинусна трансформација је основни поступак за компресију дигиталног видео сигнала.
- **DIGITAL BETACAM** > Формат за снимање дигиталног видео сигнала, развијен из аналогног Betacam формата.
- **DIGITAL CHROMAKEYING** > Техника замене (уметања) садржаја дигиталних слика или делића слика, из једне слике у другу слику.
- **DITHER** > Начин напредне конверзије из већег броја битова у мањи број битова, а користи се у аудио техници и графичкој техници.
- **DTTV (Digital Terrestrial Television)** > Земаљска дигитална телевизија. Назив који се користи у Европи за радиодифузију и дистрибуцију сигнала дигиталне телевизије путем мрежа земаљских предајника.
- **DV (Digital Video)** > Дигитални видео је формат за снимање дигиталног видео сигнала, усвојен 1993. год. Настао је као резултат сарадње између следећих

фирми: *Hitachi, JVC, Sony, Matsushita, Mitsubishi, Philips, Sanyo, Sharp, Thomson, Toshiba*. Користи ширину траке од 6,35mm. Подржава 525/60 и 625/50 компонентни дигитални видео сигнал уз фиксно компримовање (унутар полуслике), уз степен компресије 5:1 на принципу DCT-а. Користи се 8-битна квантизација, фреквенција одмеравања луминентног сигнала је 13,5MHz.

- **DVB (Digital Video Broadcasting)** > Организација за радиодифузију дигиталног видео сигнала.
- **DVCAM** > *Sony*ев формат за снимање дигиталног видео сигнала на металом напарене траке. Ширина трага је 15µm. DVCAM користи систем DV компресије. Систем одмеравања за 525/60 је 4:1:1, а за 625/50 је 4:2:0.
- **DVD (Digital Versatile Disc)** > Дигитални вишенаменски диск. Постоје четири формата DVD медија: DVD видео, DVD, CD-ROM, DVD аудио, DVD-R (DVD-RAM, DVD-RW). Зависно од грађе диска, DVD диск може бити двостран и двослојан. То омогућује употребу четири различита капацитета при снимању:
- **DVD-5** – једнострани, једнослојни медиј са једним рефлектујућим слојем, капацитета 4,7GB.
- **DVD-9** – једнострани, двослојни медиј са једним полурефлектујућим слојем, капацитета 8,54GB.
- **DVD-10** – двострани, једнослојни медиј са по једним рефлектујућим слојем са сваке стране медија, капацитета 9,4GB.
- **DVD-18** – двострани медиј са по једним рефлектујућим и једним полурефлектујућим слојем са сваке стране медија, капацитета 17GB.
- **DYNAMIC ROUNDING** > Техника динамичког скраћивања дужине дигиталне речи, развијена у *Quantel-u*.
- **EBU (European Broadcasting Union)** > Европско удружење за радиодифузију радијских и телевизијских сигнала.
- **ECC (Error Check and Correct)** > Кôд за детекцију и исправљање грешке.
- **EDH (Error Detection and Handling)** > Откривање и обрада грешака код серијског преноса дигиталних података.
- **EMBEDDED AUDIO** > Уметнути звук у видео сигнал.
- **ENCRYPTION** > Шифрирање је процес додатне заштите дигиталне информације, код којег је потребан посебан кôд за рестаурацију оригиналног сигнала.
- **ERROR CONCEALMENT** > Прикривање грешке. Техника која се користи у дигиталним видео системима за снимање, када друге технике за корекцију грешака не обаве свој задатак.

- **ERROR CORRECTION** > Исправљање грешака. Користи се у дигиталним видео системима за снимање, а проналазак и уклањање погрешно примљених бита је могуће до одређене границе.
- **ERROR DETECTION** > Поступак откривања грешака у преносу дигиталних података.
- **EXTENDED STUDIO PAL** > Проширени 625 (PAL) линијски видео стандард који омогућује обраду дигиталног компонентног видео сигнала помоћу PAL опреме за композитни видео сигнал. Видео сигнал се може дистрибуирати и снимати у композитном дигиталном облику помоћу [D2](#) и [D3](#) формата.
- **FIBER OPTICS** > Танко стаклено оптичко влакно смештено у омотач, које преноси оптичке сигнале са веома малим губицима.
- **FIELD** > Полуслика. У PAL систему једна слика (frame) има 625 линија. Хоризонтална фреквенција f_h једнака је производу броја линија 625 и фреквенције промене полуслика која треба да буде 50Hz ради уклањања ефекта треперења. То даје $f_h = 31250\text{Hz}$. Према томе ширина опсега В видео сигнала била би 10MHz. Како је то превелика ширина опсега за један канал развијен је систем анализирања са проредом. Слика се дели у две полуслике. Свака полуслика (field) има по 312,5 линија. Прво се анализирају непарне линије, а онда парне линије. То даје $f_h = 312,5 \times 50\text{Hz} = 15625\text{Hz}$, односно ширину опсега $B = 5\text{MHz}$. У том случају 50Hz представља фреквенцију промене полуслика.
- **FIXED DATA RATE COMPRESSION** > Техника компресије која обезбеђује константну брзину преноса. Брзина преноса мења се променом параметра квантизације. Брзина преноса зависи од ширине фреквенцијског опсега, која је на располагању за пренос сигнала.
- **FORMAT CONVERSION** > Процес прелаза из једног формата дигиталног сигнала у други формат дигиталног сигнала.
- **FRAGMENTATION** > Разбацивање података по целом тврдом диску, а узроковано је узастопним снимањем и брисањем апликација.
- **FRAME** > Слика.
- **GENERATION (LOSS)** > Генерацијски губитак. Свако преснимавање видео записа или звука ствара нову генерацију. Првобитно снимљени материјал је материјал прве генерације и најбољег квалитета. Свако следеће преснимавање ствара другу, трећу итд. генерацију материјала. Што је више пута преснимаван дотични видео или аудио материјал, то је његов квалитет слабији. Код n-тог преснимавања материјал постаје практично неупотребљив због драстичног пада квалитета. То нарочито долази до изражаја у аналогој техници. При дигиталном снимању на видео траку помоћу DVTR-а може се барем 20-так пута преснимавати видео или аудио материјал, а да још увек не буде приметна деградација квалитета сигнала. Према ITU-R 601 препоруци помоћу тврдог

диска може се преснимити некомпримовани сигнал милион пута, без деградације квалитета.

- **GIF (Graphics Interchange Format)** > Рачунарски графички формат за чување слика развијен у *CompuServe*-у.
- **GRAND ALLIANCE** > „Велико удружење”. Група из САД, формирана 1993. године како би направила систем висококвалитетне дигиталне телевизије (HDTV). Чланови удружења су: *AT&T, General Instrument Corporation, Massachusetts Institute of Technology, Philips Consumer Electronics, David Sarnoff Research Center, Thomson Consumer Electronics u Zenith Electronics Corporation*. Предложени формат познат је као ATSC формат за HDTV.
- **GROUP of PICTURES или GoP** > У MPEG стандарду, GoP је јединствена група слика састављена од низа „В” и „Р” слика омеђених „I” сликама. Користи се у MPEG-2 стандарду за постизање доброг квалитета уз висок степен компресије. GoP је обично 12 слика, али та вредност може бити и променљива.
- **H.261** > Стандард за кодирање видео сигнала са промењивом брзином преноса.
- **HD – 0** > Скуп формата базираних делимично на ATSC Tab. Тим стручњака за развој дигиталне телевизије је предложио тај стандард као почетну степеницу за развој дигиталне телевизије (DTV).
- **HD – 1** > Скуп формата базираних делимично на ATSC. Тим стручњака за развој дигиталне телевизије предложио је тај стандард као други корак у развоју дигиталне телевизије.
- **HD – 2** > Скуп формата базираних делимично на ATSC. Тим стручњака за развој дигиталне телевизије предложио је тај стандард као трећи корак у развоју дигиталне телевизије, базиран на напредним поступцима компресије видео сигнала.
- **HD D5** > Формат за снимање компримованог дигиталног видео сигнала развијен у *Panasonicu*. Користи компресију 4:1 за снимање HD материјала на стандардне [D5](#) касете.
- **HDCAM или HD Betacam** > Формат за снимање висококвалитетног компримованог видео сигнала на траку формата 12,7mm.
- **HDTV (High Defenition television)** > Телевизија високог квалитета или висококвалитетна телевизија или телевизија високе резолуције.
- **HUFFMAN CODING** > *Huffmanovo* кодирање често се користи за компресију сигнала без губитака, уз степен компресије 2:1. *Huffmanovo* кодирање спада у поступке компресије с промењивом дужином кодне речи (VLC, *Variable Length Coding*).
- **I – FRAMES** > I-слике, слике са унутрашњим кодирањем. Слика се самостално кодира без обзира на остале слике из групе слика. У [MPEG-2](#) систему кодирања

постоје три врсте слика; I, [B](#), [P](#) слике. I-слике (Intraframe coding) су основне слике добијене применом дискретне косинусне трансформације ([DCT](#)) и цик-цак анализирања.

- **IEEE 1394 или FireWire или i.Link** > IEEE 1394. је званични назив за стандард комуникације између разних електронских уређаја без губитака информације. *FireWire* је *Apple*-ovo заштићено име, а *i.Link* је *Sony*-jevo заштићено име.
- **ILLEGAL COLORS** > Појава недопуштених боја у систему боја, чиме систем боје излази из оквира својих допуштених и прописаних вредности.
- **INTERFRAME CODING** > Кодирање између слика. Компресија података се базира на уклањању временске редунадансе кодирањем разлике између двеју суседних слика, уз примену технике надокнађивања покрета.
- **INTERLACED** > Анализирање слике са проредом (испреплетено анализирање).
- **INTERPOLATION (Spatial)** > Просторна интерполација. Када се жели променити величина неке дигиталне слике мења се и димензија елемента полуслике. Квалитет зависи од броја елемената слике и од врсте технике интерполације.
- **INTERPOLATION (Temporal)** > Временска интерполација врши се између истих тачака у простору, али у суседним сликама.
- **INTRAFRAME CODING** > Процес кодирања унутар једне слике, унутрашње кодирање.
- **ISDN (Integrated Services Digital Network)** > Дигитална мрежа интегрисаних услуга. ISDN технологија обједињује пренос слике, тона и података. Омогућује слање дигиталних сигнала великом брзином. Основни канал (B) има капацитет 64kb/s. Постоји и управљачки канал (D) који се може, осим за управљање услугама, користити за пренос података комутацијом пакета.
- **ITU (International Telecommunications Union)** > Међународно телекомуникацијско удружење које прописује стандарде и даје препоруке у подручју телекомуникација (ITU-T) и радиокомуникације (ITU-R). Исту су функцију пре оснивања ITU-а, обављали CCITT и CCIR.
- **ITU-R BT.601-2 (бивши CCIR 601)** > Међународна норма за аналогно дигиталну конверзију компонентног видео сигнала у 525 и 625 линијским системима. Преузета је из SMPTE RP 125.
- **ITU-R BT. 656 (CCIR 656)** > Међународна норма која прописује техничке параметре везане за међусобно спајање уређаја у систему дигиталне телевизије. Описује начин синхронизације, начин мултиплексирања у паралелном и серијском повезивању, електричне и механичке карактеристике конектора.

- **ITU-R BT.709-3** > Препорука одобрена 1999. године која описује структуру одмеравања за формат 1920 x 1080. Сви технички параметри (анализирање слике, колориметрија, карактеристике преноса) су универзални у целом свету. Заједнички формат слике може се користити уз различите варијанте фреквенције промене слика: 60p, 50p, 30p, 25p, 24p, 60i и 50i. „p” означава прогресивно анализирање слике, а „i” означава анализирање са проредом.
- **ITU-R BS.775** > Међународна норма за вишеканални звук са или без пропратне слике. Прописује правилан распоред звучника за разне врсте звучних система.
- **JAVA** > Програмски језик опште намене, развијен од фирме *Sun Microsystems*. За разлику од осталих, програми писани у овом програмском језику могу се извршавати на било којој рачунарској платформи (уз употребу *Java Virtual Machine* softvera).
- **JITTER** > Краткотрајне нежељене промене такта сигнала.
- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)** > Група стручњака за фотографске слике која је усвојила норме за компресију мирних слика. JPEG систем компресије користи **DCT** (дискретну косинусну трансформацију) и нуди компресију између 2 и 100 пута у 3 нивоа обраде: основни, проширени и „без губитака”. У 2000. години донесена је нова норма – JPEG 2000, која се базира на примени дискретне *wavelet* трансформације. JPEG 2000 омогућује бољи квалитет слике при врло ниским брзинама преноса и већу флексибилност у мултимедијским преносима.
- **KEYCODE** > Механички читљив бар-код утиснут дуж ивице филмске траке; даје податке о врсти филма, произвођачу као и почетку референтне нулте сличице.
- **KEYFRAME** > Скуп података који дефинишу неки објект који се мења, нпр. у дигиталној видео монтажи (величина слике, положај, ротација ...).
- **KEYING** > Процес селективног уклапања садржаја једне слике (или исечка) у садржај друге слике.
- **LATENCY** > Кашњење. Временски размак између захтева за податком и приступа том податку.
- **LAYERED EMBEDDED CODING** > Слојевито кодирање. Процес компресије података у слојевима, изведен тако да скуп од више sukcesивних слојева даје слику вишег квалитета.
- **LETTERBOX** > Приказ слике широког (16:9) формата на обичном 4:3 ТВ пријемнику, обично са синемаскоп филма (црне пруге на врху и дну екрана). Користи се када се жели очувати оригинални однос страница слике снимљеног материјала.
- **LINEAR KEYING** > Селективно уклапање садржаја једног видео сигнала у други, при чему се однос између позадине и предњег плана одређује према линеарној скали у односу на ниво контролног сигнала.

- **LOSSY COMPRESSION** > Компресија са губицима – смањење тока података одбацавањем података који су мање значајни за људски визуелни систем.
- **LSB (Least Significant Bit)** > Бит најмањег значаја. Бинарни бројеви представљени су низом јединица и нула. Ако се за пример узме 8-битни број, крајње десни бинарни број је бит најмањег значаја.
- **LTC (Longitudinal Time Code)** > Лонгитудинални временски код, тј. временски код записан линеарно на траци. Овај код може се прочитати кад се трака помера напред или назад, али не у случају кад трака мирује. У том случају може се искористити временски код који је снимљен заједно са видео материјалом.
- **LUMINANCE** > Луминентни сигнал. Компонента слике која је одговорна за сјајност слике. Означава се са Y. У системима телевизије у боји луминентни сигнал се добија из **RGB** сигнала према изразу: $Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$.
- **MACROBLOCK** > Макроблок је група видео блокова, обично 4 блока, која се користи током **MPEG** кодирања. На нивоу макроблока спроводи се процена и надокнађивање покрета.
- **METADATA (SIDE INFORMATION)** > Мета подаци, информатички подаци који описују преношену информацију. Типично су то подаци о аудио и видео информацији укљученој у ток података преношене информације.
- **MEZZANINE COMPRESSION** > Систем за компресију HDTV сигнала. Типично је подељен у два нивоа: висок са 140Mb/s и низак са 39Mb/s.
- **MOTION VECTORS** > Вектори покрета - информације о смеру и помаку објекта између две слике које се користе у **MPEG** кодирању и неким претварачима из једног ТВ стандарда у други за описивање кретања макроблока слике из једне слике у другу.
- **MOTION COMPENSATION** > Надокнађивање покрета - коришћење вектора покрета ради побољшања учинка предвиђања вредности појединих елемената слике.
- **MOTION ESTIMATION** > Предвиђање покрета - техника компресије којом се преносе само разлике између суседних слика, чиме се избегава редундантна статичка информација о непромењеним деловима слике. Овај поступак примењује се у MPEG стандардима.
- **MPEG (Moving Pictures Experts Group), ISO/CCITT** > Скуп стручњака задужен за покретне слике. MPEG је укључен у дефинисање стандарда за компресију података покретних слика.
- **MPEG-1** > Први MPEG стандард, у почетку дизајниран да ради са брзином преноса од 1,2Mb/s, а намењен за чување видео сигнала на CD-ROM-у. Квалитет није довољан за ТВ радиодифузију, јер се ради о ниским резолуцијама слике.

- **MPEG-2** > Други MPEG стандард, дизајниран да покрије широки спектар намена, од VHS квалитета, до HDTV-а, коришћењем серије алгоритамских профила и нивоа.
- **MPEG-4** > Мултимедијски начин кодирања аудио и видео садржаја.
- **MPEG 4:2:2** > Чест назив за студијски MPEG-2 (остале ознаке: 422P@ML, Professional MPEG).
- **MSB (Most Significant Bit)** > Бит највећег значаја.
- **MTBF (Mean Time Between Failure)** > Средње време између кварова. Статистичка процена времена које ће проћи пре квара уређаја - мера предвиђене поузданости.
- **MULTIMEDIA** > Мултимедија је истовремено коришћење више од једног медија, слике, звука и текста у интерактивном окружењу.
- **NETWORK LAYER** > Мрежни слој. У TCP/IP протоколу мрежни слој је одговоран за преузимање IP (*Internet Protocol*) и прослеђивање преко одређене мреже.
- **NFS (Network File System)** > Мрежни систем датотека. Развијен од фирме *Sun Microsystems*; дозвољава скупу рачунара да приступају датотекама смештеним на било ком од њих као да се локално чувају.
- **NIBBLE** > Скуп бинарних знакова: 8бита = 1 *byte*,
- **NICAM (Nearly Instantaneously Companded Audio Multiplex)** > Овај дигитални аудио систем, коришћен у Европи, користи технике компресије података да омогући стерео звук квалитета блиског квалитету CD-а у преносу телевизијског сигнала.
- **NOISE (RANDOM)** > Шум (случајни) – неправилне флуктуације амплитуде сигнала.
- **NONLINEAR EDITING** > Нелинеарна монтажа – појам нелинеарности овде значи да се не користи материјал који је снимљен у континуитету (као нпр. на траци), односно материјал се не мора обрађивати оним редоследом којим ће бити емитован у финалном облику, нити се мора снимати ради монтаже. Нелинеарна монтажа допушта приступ било којем делу материјала без потребе за поновним снимањем или монтирањем материјала.
- **NTSC (National Television Systems Committee)** > Одбор за националне телевизијске системе. Група стручњака у САД која је предложила национални телевизијски стандард.
- **NTSC- National Television Systems Committee (TV standard)** > Систем телевизије у боји који се користи у Сједињеним Америчким Државама, Канади, Мексику и Јапану (NTSC М стандард – 525 линија, 60Hz). Ширина фреквенцијског опсега луминентног сигнала у NTSC систему је 4,2MHz, а 1,3 и 0,4MHz, респективно за I и Q компоненту хроминентног сигнала.

- **NYQUIST (FREQUENCY)** > *Nyquistova* фреквенција – минимална фреквенција са којом је могуће одмеравати аналогни сигнал. Ова фреквенција је увек двоструко већа од максималне фреквенције одмераваног сигнала.
- **OPEN (Open Platform Exchange Network)** > Мрежни систем развијен од фирме *Quantel* и заснован на *Picturenet Plus* систему који омогућава размену датотека са сликама између *Quantel* телевизијских, штампаних и филмских производа као и стандардних рачунарских платформи.
- **OPERATING SYSTEM** > Оперативни систем – основни програм који управља рачунаром и даје контролу над функцијама осмишљеним за општу употребу, не за специфичне примене (нпр. DOS, *Windows*...).
- **OPTICAL DISKS** > Оптички дискови – дискови који користе оптичку технологију за запис и репродукцију података. Пружају могућност чувања велике количине података на малом простору (нпр. CD, MiniDisc, [DVD](#)).
- **OSI (Open Systems Interconnect)** > Повезивање отворених система, референца за ISO протоколе, користи се за међусобно повезивање рачунарских система.
- **OVERSAMPLING** > Надодмеравање – одмеравање сигнала фреквенцијом већом од захтеване ради постизања већег квалитета или лакшег процеса самог одмеравања.
- **P frames** > P слике, слике са предвиђањем – један од три типа слика коришћених у кодирању [MPEG-2](#) сигнала. Садрже само предвиђену информацију (не целу слику) генерисану на разлици између тренутне и претходне слике.
- **PAL** > PAL = *Phase Alternating Line* (линијска промена фазе). PAL систем се користи широм Европе и света, има 625 линија и учестаност полуслике 50Hz. PAL систем је настао из NTSC система, тако што му се окреће фаза компоненте R-Y за 180° у свакој другој линији на предајној страни и враћа у свој првобитни положај на пријемној страни. Сабирањем две узастопне линије на пријемној страни постиже се корекција фазне грешке вектора боје настала у преносу сигнала.
- **PAL M** > PAL M је верзија PAL стандарда која користи структуру од 525 линија и 60 полуслика у секунди. Користи се само у деловима Јужне Америке (нпр. Бразил).
- **PALplus** > PALplus је систем кодирања слике у формату 16:9 компатибилан са постојећим 4:3 PAL пријемницима као и новим 16:9 PALplus пријемницима.
- **PAN AND SCAN** > Техника која се користи да би се слика широког формата смањила на стандардни 4:3 формат.
- **PARALLEL PROCESSING** > Паралелна обрада – техника којом се више нивоа процеса спроводи истовремено с циљем повећања брзине изнад могућности

једног процесора. Појам паралелне обраде често се односи на вишепроцесорске рачунарске системе који спроводе вишеструке, често идентичне, математичке прорачуне истовремено.

- **PIXEL (PEL)** > Елемент слике, скраћеница назива „*picture cell*” или „*picture element*”. Пиксел је назив за елемент R, G, B, луминентног или хроминентног сигнала.
- **PLD (Programmable Logic Device)** > Интегрисано коло које се може програмирати за обављање различитих логичких функција. Уопштено се састоји од поља I и ILI, логичких врата и регистара. Међусобна веза између тих логичких елемената може се конфигурисати за жељену функцију. Постоје разни типови PLD кола:
 - PROM – Programmable Read Only Memory
 - PLA – Programmable Logic Array
 - PAL – Programmable Array Logic
 - FPGA – Field Programmable Gate Array.
- **POSITIONING TIME** > Време позиционирања – време потребно да се главе за читање или писање диска позиционирају на захтевани траг.
- **QAM (Quadrature Amplitude Modulation)** > Квадратурна амплитудна модулација – поступак којим се модулише носилац неке фреквенције са два сигнала који су међусобно у квадратурном односу (тј. фазно помакнути за 90°).
- **QPSK** > Квадратурна фазна модулација – дигитална модулацијска техника са четири фазна стања, која се користи у дигиталним телевизијским системима за сателитску радиодифузију. Карактеристично за овај тип модулације је релативно висока отпорност на шум и њена лака имплементација.
- **QUANTIZING** > Квантизација – процес придруживања дискретних вредности амплитуде узорцима аналогног сигнала.
- **QUANTIZING ERROR** > Грешка квантизације – настала због разлике између стварне амплитуде узорка аналогног сигнала и њему придруженог квантизацијског нивоа.
- **QUANTIZING NOISE** > Шум квантизације – шум узрокован процесом квантизације, везан за дискретност нивоа сигнала након квантизације.
- **RAID (Redundant Array of Independent Disks)** > Редундантно поље независних дискова. RAID систем користи груписање стандардних дискова са RAID контролером у сврху стварања јединице за чување података, која се понаша као један диск и омогућава већу брзину рада него појединачни дискови.
- **REMOTE DIAGNOSTICS** > Дијагностика на даљину.

- **RESOLUTION** > Резолуција – мера најфинијег детаља који се може видети или издвојити из репродуковане слике.
- **RESOLUTION INDEPENDENT** > Независан од резолуције – појам који се користи за опис опреме која може радити са више различитих резолуција. Обично је ТВ опрема предвиђена за рад са једном резолуцијом, иако модерна опрема, нарочито која користи ITU-R 601 стандард, може радити са више формата нпр. 525/60 и 625/50.
- **RGB** > Скраћеница за R - red (црвено), G - green (зелено) и B - blue (плаво) – примарне боје у телевизији.
- **RIP (Raster Image Process)** > Растерска обрада слике. Метода претварања векторских података (нпр. фонтова) у растерску слику, што их чини погодним за употребу у телевизијској слици.
- **RP 125** > SMPTE препоручен начин 125-битног паралелног повезивања за компонентне видео сигнале. Један од претходника систему ITU-R 656.
- **RS 422** > Стандард за серијски пренос података на средње удаљености (типично до 300 m или више). Подаци се шаљу коришћењем две парице за двосмерну комуникацију. Пуна спецификација укључује 9-пинске D конекторе и додатне сигналне линије. RS 422 се широко користи за контролне везе у ТВ производњи за низ уређаја – магнетоскопе, миксете и слично.
- **RUN LENGTH CODING** > Кодирање дужине низа – систем компресије података без губитака на принципу чувања вредности елемената слике заједно с информацијом о броју суседних елемената слике који имају исту вредност.
- **SAMPLING** > Одмеравање – процес узимања узорака аналогног сигнала ради претварања у дигитални облик.
- **SAMPLING STANDARD** > Стандард одмеравања – стандард за одмеравање аналогних таласних облика за претварање у дигитални облик. Званични стандард одмеравања за телевизију је [ITU-R BT.601](#).
- **SCALING** > Скалирање – поступак којим се аналогни сигнали прилагођавају пре А/Д конверзији, тако да се максимална амплитуда аналогног сигнала боље искоришћава. ITU-R 601 стандард дигиталног кодирања одређује црно као квантизацијски ниво 16, а бело као 235. Рачунарске системе употребљавају другачије скалирање: црно је ниво 0, а бело је ниво 255, што захтева поновно скалирање када се из једног система прелази у други.
- **SCH (SubCarrier to Horizontal sync timing relationship)** > Временски однос између подносиоца боје и хоризонталне синхронизације. Информација о боји у PAL и NTSC систему налази се у подносиоцу боје чија фреквенција је у математичком односу са хоризонталном и вертикалном фреквенцијом слике. Овај однос мора остати фиксан да се не би нарушио квалитет слике.

- **SCRAMBLING** > Поступак шифрирања у којем се подаци или послати сигнал кодирају тако да буду доступни само овлашћеним корисницима.
- **SCSI (Small Computer Systems Interface)** > Међусклоп за повезивање малих рачунарских система. SCSI је широко коришћени паралелни систем опште намене, високе брзине преноса. SCSI је развијан низ година и нуди следеће максималне брзине преноса:
 - Standard SCSI 5 Mtransfera/s
 - Fast SCSI 10 Mtransfera/s
 - Ultra SCSI 20 Mtransfera/s
- **SECAM (Sequential couleur avec mémoire)** > Секвенцијски пренос боје са меморијом, ТВ стандард који се користи у Француској, Средњем Истоку и Источној Европи. Сигнал боје се преноси секвенцијално, у свакој линији по једна компонента сигнала боје (R-Y или B-Y). За пренос хроминентног сигнала се користи фреквенцијска модулација. SECAM се користи само као радиодифузни, а не и као продукцијски стандард.
- **SERIAL CONTROL** > Серијско управљање – израз који се често користи за описивање даљинског управљања уређајима. Управљачки подаци преносе се линијом у серијском облику, тј. један за другим.
- **SDI (Serial digital interface)** > Серијски дигитални међусклоп – стандард заснован на брзини преноса 270Mb/s; 10-битни, кодирани, независан од поларитета. Кодирање је заједничко за компонентни [ITU-R 601](#) сигнал, композитни дигитални видео сигнал и четири дигитална аудио канала. Највећи део новије дигиталне предајничке опреме подржава SDI који знатно поједностављује инсталацију саме опреме, као и дистрибуцију сигнала. Систем користи стандардне 75Ω BNC конекторе и коаксијални кабл који се користи за аналогни видео сигнал, и може преносити сигнал на удаљености 200m (зависно од типа кабла).
- **SSA (Serial Storage Architecture)** > Серијска архитектура чувања података – међусклоп велике брзине преноса (производ IBM-a) који се користи за повезивање јединица за чување података са рачунарским системима.
- **SERVER (FILE)** > Сервер датотека – систем који осигурава приступ датотекама свим прикљученим корисницима локалне мреже. Често се користи рачунар као сервер, са великим капацитетом диска, који је у стању да чува и шаље датотеке по захтеву прикључених корисника.
- **SERVER (VIDEO)** > Видео сервер – систем чувања података који чува аудио и видео записе мреже корисника. Системи који се користе за професионалне и радиодифузне намене заснивају се на дигиталном дисковном чувању података. Осим видео сервера коришћених за услугу видео на захтев (*video-on-demand*), видео сервери се користе у три подручја телевизијске продукције: пренос, пост-продукција и вести.

- **S/N, SNR (Signal to noise ratio)** > Однос сигнал/шум – однос између нивоа корисног сигнала и нивоа шума; најчешће се изражава у децибелима.
- **SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)** > Удружење инжењера за покретне слике и телевизију – организација основана у САД, са међународним огранцима, која укључује представнике ТВ кућа, произвођаче и индивидуалне особе запослене у филмској и ТВ индустрији. SMPTE садржи низ одбора који доносе препоруке за ITU-R или ANSI.
- **SRAM (Static Random Access Memory)** > Статичка меморија са случајним приступом. Овај тип RAM-а задржава податак у ћелији од шест транзистора којима је потребно само напајање (за разлику од DRAM-а којем су потребни и тактни импулси).
- **STANDARD PLATFORM** > Стандардна платформа – рачунар и оперативни систем опште намене који сами за себе немају сврху док се не опреме специфичним апликацијским програмима.
- **SUB-PIXEL** > Просторна резолуција на нивоу мањем од елемента слике.
- **TARGA (TGA)** > Формат сликовних датотека често коришћен у рачунарским системима. Развијен је код фирме *Truevision Inc.* за употребу на PC рачунарима.
- **TBC (Time Base Corrector)** > Коректор временске базе. TBC је често саставни део магнетоскопа; служи за исправљање нетачности временске базе видео записа са траке. Појавом дигиталне технике могућности корекције су се знатно унапредиле, што је знатно смањило захтеве за посебно прецизним механизмима.
- **TCP/IP (Transfer Control Protocol / Internet Protocol)** > Скуп стандарда који омогућавају пренос података између рачунара. Осим директне примене на Интернету, TCP/IP има широку примену у рачунарској индустрији.
- **TEMPORAL ALIASING** > Временски *aliasing* – изобличење видео сигнала које се јавља кад се снимани објект креће пребрзо за неку фреквенцију одмеравања.
- **TIFF (TIF) (Tagged Image File Format)** > Бит-мапирани формат датотеке за чување слика, често се користи у рачунарској индустрији.
- **TRUE RANDOM ACCESS** > Стварни случајни приступ – могућност континуираног читања било које слике било којим редоследом у реалном времену.
- **TRUNCATION** > Одбацивање мање значајних битова дигиталне речи, нпр. при слању 16-битних речи преко 8-битне сабирнице. Уколико се поступак не изведе довољно пажљиво може доћи до појаве нежељених изобличења у видео сигналу.
- **UP CONVERTING** > Процес којим се повећава број елемената слике, број слика у секунди или формат који се користи за представљање слике.
- **VECTORSCOPE** > Специјализовани мерни уређај који се користи за векторски приказ колор компонената видео сигнала. Положај вектора на инструменту говори о врсти боје, а дужина вектора о њеном засићењу.

- **VECTOR FONTS** > Векторски фонтови – фонтови сачувани као векторска информација, тј. као скуп дужина и углова који описују сваки знак.
- **VIDEO ON DEMAND** > Видео на захтев – доступност видео информације у било којем тренутку за било којег крајњег корисника који је везан на систем за давање услуге видеа на захтев.
- **VITC (Vertical Interval Time Code)** > Временски код садржан у вертикалном потисном интервалу телевизијског сигнала. Овај код магнетоскоп може прочитати у било ком тренутку (чак и кад је трака заустављена), што га чини ефикаснијим од лонгитудиналног.
- **VRML (Virtual Reality Modelling Language)** > Програмски језик за моделирање виртуелне стварности – ISO стандард за 3-D мултимедијске садржаје и виртуелне садржаје на Интернету.
- **WAVEFORM** > временски облик електричног сигнала.
- **WAVEFORM MONITOR** > Специјализовани осцилоскоп који се користи за приказивање одзива видео сигнала у временском домену.
- **WAVELET-BASED COMPRESSION** > Компресија заснована на *wavelet* трансформацији. Асиметрични систем за компресију слике који нуди скалабилност и висок квалитет.
- **WIDESCREEN** > Широки екран – израз који описује екране који имају већи однос ширине и висине страница од нормалног. На пример, нормални однос величина страница ТВ екрана је 4:3, а код широког екрана тај однос је 16:9. Овај однос величина користи се у HDTV системима, као и у класичним ТВ системима (нпр. PALplus).
- **WINCHESTER DISK** > Врста тврдог диска који се састоји од неколико плоча и њима припадајућих глава херметички затворених у кућиште у простору без честица прашине. *Winchester* дискови нуде велику поузданост и капацитет преко 1 000 000 сати.
- **WORM (Write Once / Read Many)** > Пиши једном, читај много пута – појам који описује уређаје за чување података на које се подаци могу само једном уписати, без могућности брисања. Заснивају се на оптичкој технологији.
- **Y, Cr, Cb** > Ознаке за луминентни дигитални сигнал и сигнале разлике боја у ITU-R BT.601 кодирању. Y луминентни сигнал се одмерава са 13,5/18MHz, а сигнали разлике боја се одмеравају са 6,75/9MHz. Cr је дигитализована верзија аналогне компоненте (R-Y), а Cb је дигитализована верзија компоненте (B-Y).
- **YIQ** > Скраћеница којом се често, али погрешно, описују аналогни луминентни сигнали и сигнали разлике боја у компонентним видео системима. Y је исправна ознака за луминентност (сјајност), а I и Q су две осе модулације подносиоца у NTSC систему (I = *Inphase* и Q = *Quadrature*).

- **Y, (R-Y), (B-Y)** > Ознаке за аналогни луминентни сигнал (Y), и сигнале разлике боја (R-Y) и (B-Y) у компонентном видео сигналу. Y је чиста луминентност док два сигнала разлике заједно дају информацију о боји (хроминентни сигнал). Y, (R-Y) и (B-Y) су основни сигнали за много примена у телевизији, нпр. у [ITU-R BT.601](#) стандарду се дигитализују да се добије [4:2:2](#) компонентни сигнал; у PAL и NTSC системима користе се за добијање композитног видео сигнала.
- **YUV** > Скраћеница којом се често, али погрешно, описују аналогни луминентни сигнали и сигнали разлике боја у компонентним видео системима. Y је исправна ознака за луминентност (сјајност), а U и V су у ствари две осе модулације у PAL систему.
- **ZITS** > Популарна скраћеница за краткотрајне грешке у дигиталној слици.
- **ZIG-ZAG** > Начин анализирања блока ради добијања једнодимензионог тока података који представља кодирану I-слику.
- **4 fsc (Four times the frequency of subcarrier)** > Ознака која се користи у А/Д претварању композитног видео сигнала. Фреквенција одмеравања узима се четири пута већом од фреквенције хроминентног носиоца (*subcarijera*) у аналогном систему.
- **4:1:1** > Ознака за систем одмеравања компонентног видео сигнала. 4 означава фреквенцију одмеравања луминентне компоненте (EY) и она износи 13,5 MHz. Компоненте разлике боја (ER-Y, EB-Y) се одмеравају са 4 пута мањом фреквенцијом. То значи да на сваки четврти узорак луминентне компоненте долази по један узорак сваке од хроминентних компоненти.
- **4:2:0** > Ознака за систем одмеравања компонентног видео сигнала, код кога на сваки други луминентни узорак долази по један хроминентни узорак. То важи за сваку другу линију.
- **4:2:2** > Ознака за систем одмеравања који се најчешће користи за А/Д претварање компонентног видео сигнала. Фреквенција одмеравања луминентне компоненте је 13,5MHz, а фреквенција одмеравања хроминентних компоненти је 6,75MHz. То значи да на сваки други узорак луминентне компоненте долази по један узорак сваке од хроминентних компоненти.
- **4:2:2:4** > Систем одмеравања сличан 4:2:2 систему, али са додатком четвртог канала. Тај канал се зове „alfa” канал и садржи информацију о транспарентности (прозирности) објекта у слици. „Alfa” канал се одмерава истом фреквенцијом као и луминентни сигнал. Постоји још 4:4:4:4 систем и 4:4:4 систем одмеравања компонентног видео сигнала. Код првога, уз сваки луминентни узорак долази по један узорак сваке од хроминентних компоненти и узорак „alfa” канала, код система 4:4:4, за разлику од претходног, нема „alfa” канала.

Литература

1. **Digital Television systems**, M. S. De Alencar, Cambridge University press, 2009.
2. **DTV: The Revolution in Electronic Imaging**, J. C. Whitaker, McGraw-Hill, 1998.
3. **Основи телевизије**, М. Петровић, ФТН, Косовска Митровица, 2006.
4. **Телевизија I и II**, М. Топаловић, Београд, 1993.
5. **Принципи планирања терестричке дигиталне телевизије**, Д. Марковић, Београд, 2001.
6. **Рачунарске мреже**, В. Васиљевић, ВШЕР, Београд, 2008.
7. **Digital Television: A Practical Guide for Engineers**, W. Fisher, Springer, 2004.