

1 ČLOVEK IN ZVOK

Zvok je izmenično nihanje, ki se prenaša skozi zrak, človek pa ga zaznava s slušnim organom tj ušesom. Nastaja kot mehansko nihanje določenih predmetov in ima najrazličnejše oblike. Število nihajev v časovni enoti označujemo s pojmom frekvenca.

1.1 Hitrost razširjanja

Hitrost razširjanja zvoka je neodvisna od frekvenca. V zraku se zvok širi s hitrostjo 340m/s (pri sobni temperaturi).

Hitrost se spreminja s temperaturo (z višanjem narašča).

$$c = c_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (1)$$

c – hitrost zvoka v zraku pri računani temperaturi

c_0 – hitrost zvoka v zraku pri temperaturi 0°C (=331m/s)

T – temperatura, pri kateri računamo hitrost razširjanja zvoka [°K]

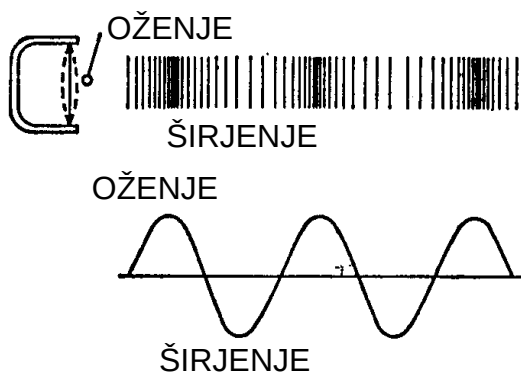
T_0 – temperatura 0°C [°K] (=273°K)

1.2 Frekvenca

Frekvenca nihanja ali število nihajev v časovni enoti nam okarakterizira nihanje. Če govorimo o zvoku, se njegovo frekvenčno območje giblje med 20-timi in 20-tisoči nihaji v sekundi oziroma, govorimo o frekvenčnem spektru 20 Hz do 20.000 Hz. Če so frekvence višje od navedenih govorimo o *ULTRAZVOKU*, če so pa nižje gre za *INFRAZVOK*.

1.3 Valovna dolžina

Valovna dolžina λ zvoka je oddaljenost sosednjih zgoščin in razredčin v smeri širjenja zvoka.



Slika 1: Prikaz zgoščin in razredčin pri razširjanju zvoka

$$\lambda = \frac{c}{f} \left[\frac{m/s}{1/s} = m \right] \quad (2)$$

λ - valovna dolžina

c – hitrost zvoka v zraku pri sobni temperaturi (=340m/s)

f – frekvenca zvoka [Hz=s⁻¹]

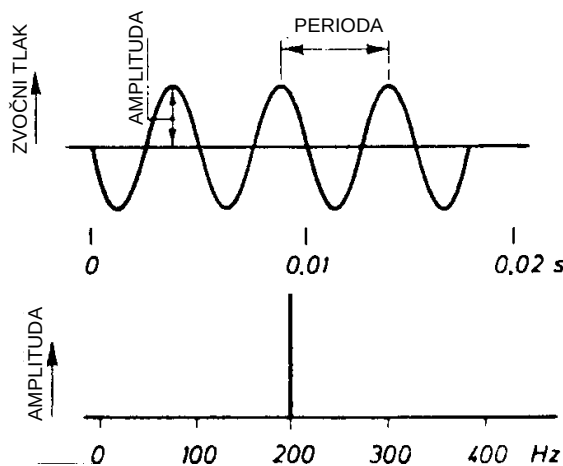
Valovna dolžina je pot, ki jo zgoščina preteče v enem nihajnem času izvora.

1.4 Oblike zvoka

Glede na časovni potek zvočnih pojavov, jih delimo na: ton, zven, šum in pok.

1.4.1 TON

Ton je zvočni pojav, ki ga lahko zapišemo v matematični obliki, kot čisto sinusno nihanje z določeno amplitudo in frekvenco.



Slika 2: Matematična oblika tona

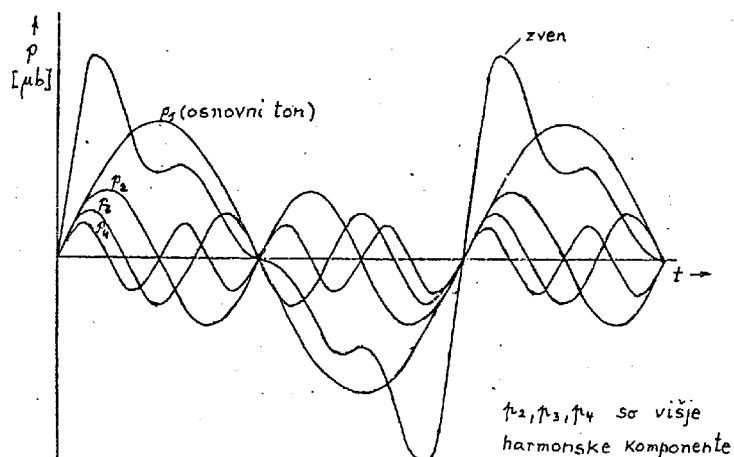
Glede na frekvenco tonov, jih lahko v grobem delimo nizke, srednje in visoke tone. V avdiotehniki (v vedi, ki se ukvarja z nastajanjem posredovanjem in shranjevanjem zvoka) pa jih razdelijo na:

- nizke tone (20-140 Hz)
- srednje nizke tone (140-400 Hz)
- srednje tone (400-2.600 Hz)
- srednje visoke tone (2.600-5.200 Hz)
- visoke tone (5.200-20.000 Hz)

V naravi je čistih tonov zelo malo (glasbene vilice). Bolj pogost pojav je zven.

1.4.2 ZVEN

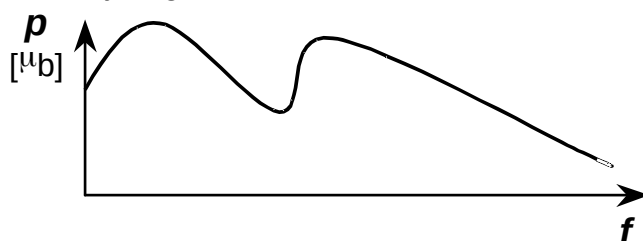
Zven je zvočni pojav, ki poleg osnovnega tona vsebuje še več drugih komponent, ki jih imenujemo delni toni. Zven je torej sestavljen iz večjega števila tonov, ki se med seboj razlikujejo po velikosti, frekvenci in po fazi (položaj glede na osnovni ton). Število teh sestavnih delov zvena, ki jih imenujemo višjeharmonske komponente določa *BARVO ZVENA*. V naravi je veliko najrazličnejših oblik zvena. Glasbeni ton, ki je proizvod instrumenta ni čisti ton, ampak je zven. Samoglasnik, ki ga izgovori človek, je v bistvu zven itd.



Slika 3: Potek zvena in njegove sestavne komponente

1.4.3 ŠUM

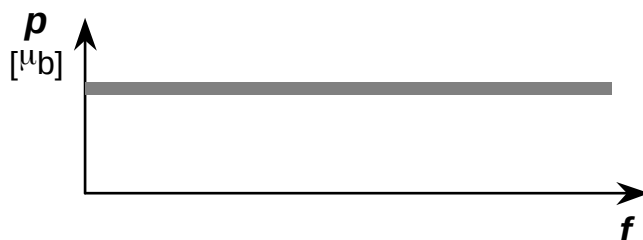
Šum je zvočni pojav pri katerem gre za zelo veliko število delnih tonov, zato mu ne moremo natančno določiti oblike. Pri pretvorbi zvočnih signalov in njihovem shranjevanju predstavlja neželen pojav, ki se mu poskušamo izogniti. Njegovo prisotnost ponavadi podajamo kot delež koristnega (želenega) signala in ga v avdio tehniki podajamo kot razmerje signal/šum.



Slika 4: Frekvenčni diagram poljubnega šuma

1.4.3.1 Beli šum

Je šum, kateri ima enako amplitudo v vsem frekvenčnem spektru. Generatorje belega šuma uporabljamo v laboratorijih pri testiranju vezij (za simulacijo naravnega šuma).



Slika 5: Frekvenčni diagram belega šuma

1.4.4 POK

Pok je trenutni zvočni pojav z večjo zvočno jakostjo, ki nastane pri raznih udarcih (boba) in pri določenih glasovih (zaporniki)

1.5 POSEBNOSTI ČLOVEŠKEGA UŠESA

1.5.1 OMEJEN FREKVENČNI OBSEG

Zgornja frekvenčna meja človekovega slišnega področja se s starostjo znižuje. 10% ljudi v starosti do petdeset let sliši frekvence 18 kHz. Pri šestdesetih letih pa je zgornja frekvenčna meja pod 14 kHz. Pri tem pa se moramo zavedati, da je uho z omejitvijo zgornjih frekvenc prikrajšano le za določene finese v barvitosti zvoka.

1.5.2 OBČUTEK JAKOSTI

Občutek jakosti zvoka ni odvisen od dejanskih sprememb moči zvočnega polja, ampak se obnaša po logaritemskih zakonih. Dve violini namreč dajeta dvakrat večji zvočni tlak kot ena sama, kljub temu pa je sprememba jakosti zvoka, ki jo pri tem opazimo neznatna. Človeško uho je zelo občutljiv akustični sprejemnik. Pri frekvenci 1.000 Hz zazna nihanje z močjo 10^{-12} W/m^2 kot zvok. Zgornja meja slišnosti, ki jo spremlja občutek bolečine pa je pri 1 W/m^2 . Če primerjamo obe mejni vrednosti in primerjavo podamo v logaritemskem merilu, ki ga imenujemo decibel, lahko za dinamiko ušesa podamo vrednost 120dB.

Uho pa je občutljivo tudi na različno frekvenco zvoka. Občutljivost je večja za visoke tone kot za nizke.

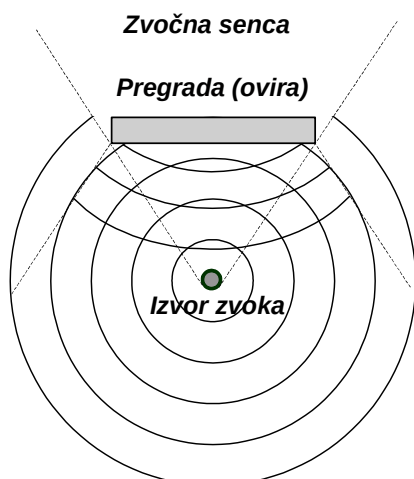
Primer:
govor $7 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$
orgle $1 - 10 \text{ W/m}^2$

Zvočno jakost podajamo tudi v **fonih**. Enota fon je po definiciji enaka decibelu (ima enako absolutno vrednost);

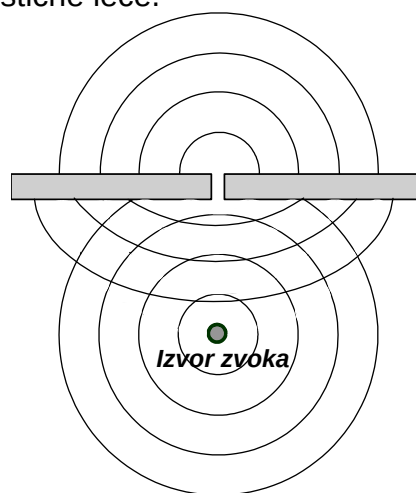
- **0 fonov** ustreza zvočni jakosti (tlaku) na spodnji meji slišnosti (10^{-12} W/m^2),
- **120 fonov** ustreza zvočni jakosti pri bolečinski meji (1 W/m^2).

1.6 Pojavi pri širjenju zvoka

Zvok se bo od pregrade odbil, če bo valovna dolžina zvoka manjša od dimenzij pregrade (sl. 6). Ovira lahko deluje tudi kot reflektor; če gre valovanje skozi določeno odprtino, se ukloni. Ta pojav (sl. 7) izkoriščajo akustične leče.



Slika 6: Odboj zvoka od pravokotne pregrade



Slika 7: Uklon zvoka pri prehodu skozi odprtino (če je širina odprtine manjša od valovne dolžine zvoka)

1.7 Absorbpcija zvoka

Absorbpcija zvoka je slabljenje zvoka pri prehodu skozi določeno področje ali preko določene površine.

V zraku prihaja do absorbpcije zvoka zaradi reakcij med molekularni kisika in vode.

Večja je vlažnost v zraku, manjša bo absorbpcija.

Z rastjo frekvence se tudi absorbpcija večja.

Vse te značilnosti, pa še veliko tistih, ki jih nismo omenili, je potrebno upoštevati pri gradnji naprav, ki omogočajo pretvorbo zvoka v električni signal in obratno. Takšna pretvorba pa je potrebna, če želimo zvok "zapisati" ga shraniti in prenašati na daljavo.

2 ELEKTROAKUSTIČNI PRETVORNIKI

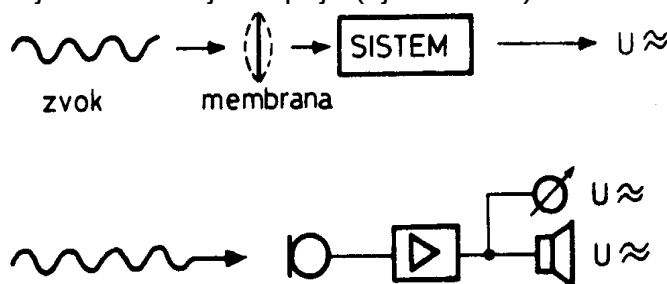
Namen radiotehnike je, da zvočno valovanje pretvori v električne signale, ki jih lahko prenašamo na daljavo ali pa jih shranjujemo. Da pa lahko takšen zapis ponovno spremljamo kot zvočno valovanje, ga seveda moramo iz električne oblike pretvoriti nazaj v akustično. Na začetku in koncu takšne verige so potrebni pretvorniki, ki jih imenujemo mikrofoni in zvočniki.

Osnovi princip pri delovanju elektroakustičnih pretvornikov je v tem, da z zvočnim valovanjem povzročimo nihanje membrane, ta pa na določen način (elektromagnetno, dinamično, elektrostatično...) proizvaja električno napetost ali tok, ki sta sorazmerna z zvočnim valovanjem.

Pri zvočnikih je delovanje obratno: s tokom ali napetostjo povzročamo mehansko nihanje membrane zvočnika.

2.1 Mikrofoni

Mikrofoni so elektroakustični pretvorniki. Akustično energijo pretvarjajo v mehanično in potem v električno. Zvočno nihanje zraka se preko membrane in različnih elementov pretvarja v izmenično napetost (lahko tudi drugo veličino), ki jo potem vodimo naprej na naslednjo stopnjo (ojačevalnik).



Slika 8: Shema pretvarjanja akustičnih nihanj v električna in po ojačitvi nazaj v akustično

2.1.1 Lastnosti mikروفonov

Mikrofon naj bi imel veliko občutljivost, primerno usmerjenost, enakomeren frekvenčni odgovor, čim manjše fazno popačenje in čim manj lastnega ali zunanega šuma.

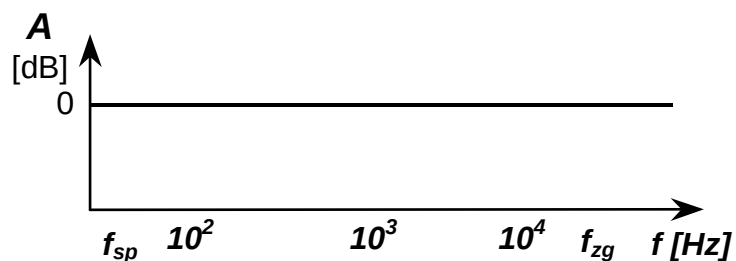
2.1.1.1 Občutljivost

Občutljivost je lahko podana v milivoltih na mikrobar ali v decibelih. Kadar govorimo o decibelih, gre za primerjanje referenčnega mikrofona z našim konkretnim. Referenčni ima pri tlaku en mikrobar na izhodu napetost en volt.

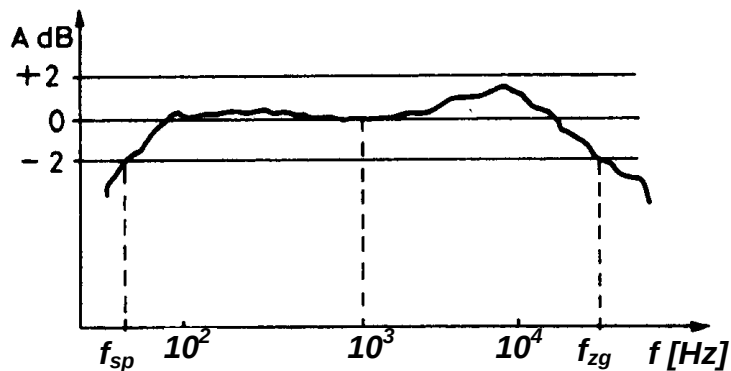
Dober mikrofon mora imeti vseskozi enako občutljivost; tako za visoke kot tudi za nizke frekvence.

2.1.1.2 Frekvenčna karakteristika

Frekvenčna karakteristika nam prikazuje občutljivost mikrofona pri različnih frekvencah.



Slika 9: Idealna frekvenčna karakteristika mikrofona



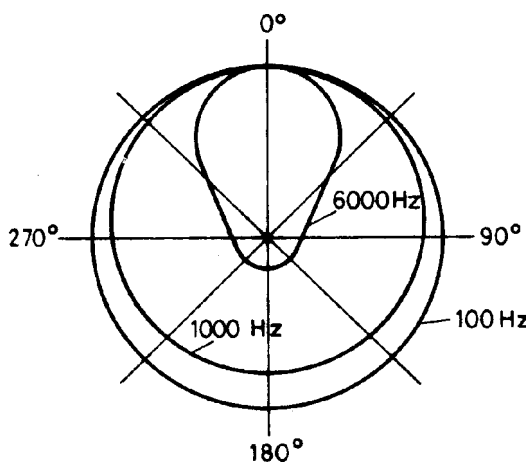
Slika 10: Realna frekvenčna karakteristika mikrofona

2.1.1.3 Smerna karakteristika

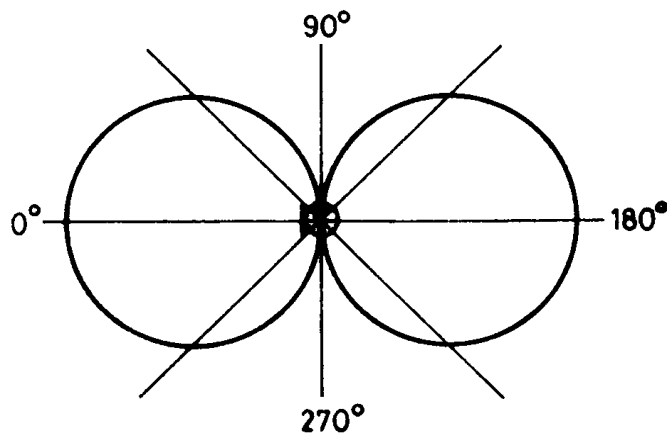
Usmerjenost mikrofona je odvisnost občutljivosti mikrofona od smeri, iz katerih prihaja zvočno valovanje z enakomerno konstantno jakostjo.

Karakteristiko podajamo v polarnem diagramu. Po obliki karakteristike ločimo mikrofone na:

- mikrofona s krožno karakteristiko
- mikrofona z osmičasto karakteristiko
- mikrofona z ledvično karakteristiko.



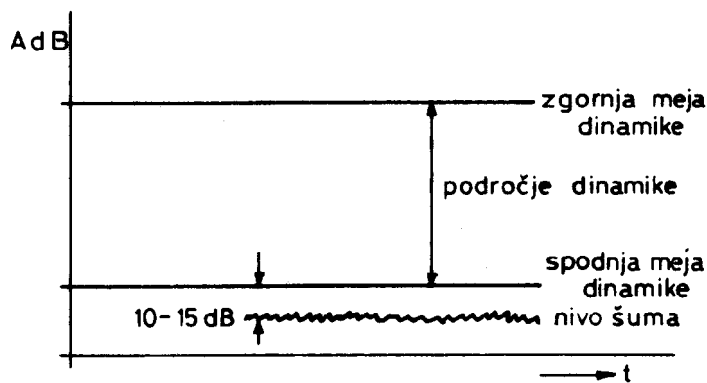
Slika 11: Krožna karakteristika pri 100 Hz



Slika 12: Osmičasta karakteristika

2.1.1.4 Dinamika

Dinamično območje delovanja mikrofona je območje med najmočnejšim in najšibkejšim zvočnim tlakom, ki ga mikrofona še lahko prenaša brez motenj in nedovoljenih popačenj. Dinamično območje mikrofona ima zgornjo in spodnjo mejo.



Slika 13: Dinamično območje mikrofona

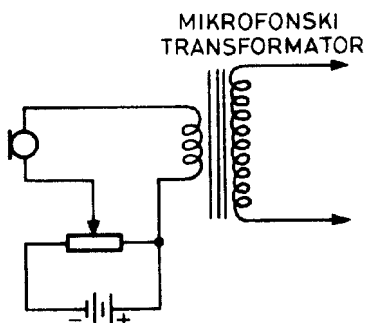
Spodnja meja je določena z nivojem šuma, ki ga proizvaja mikrofona ali drugi element v krogu vključno z ojačevalniki. Signal mora biti zato nekaj decibelov (10 - 15) nad nivojem šuma, da bomo na izhodu mikrofona dobili signal brez šuma. Zgornja meja dinamičnega območja je določena z velikostjo popačenj kot posledice velikih zvočnih tlakov. Tu je glavni problem membrana. V praksi dopuščamo popačenja do 0,5 %.

2.1.1.5 Impedanca

Impedanca je zelo pomemben podatek. Mikrofona želimo vedno prilagoditi na naslednjo stopnjo, ki je ojačevalnik, saj želimo prenesti največ moči. Poznamo mikrofona:

- z visoko impedanco (2500, 5000, 8000 Ω) in
- z nizko impedanco (10, 50, 200, 600 Ω).

Te impedance podajamo pri frekvenci signala 1000 Hz. Kadar notranja upornost ni prilagojena na ojačevalnik, to lahko storimo s transformatorjem. V odvisnosti od notranje impedance mikrofona izbiramo tudi dolžino kabla do ojačevalnika. Nizkoomske mikrofona priključujemo na dolge kable.



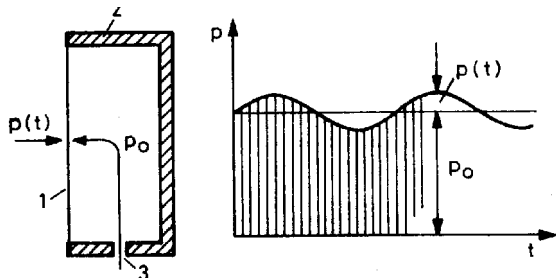
Slika 14: Ogljeni mikrofona s transformatorjem

Pri kvalitetnih mikrofona je popačenje manjše od 1% in uho ga običajno ne zazna. Pri večini mikrofona rastejo popačenja z večanjem zvočnega tlaka in tako določajo zgornjo mejo tlaka na membrano mikrofona.

2.2 Akustična delitev mikrofona

2.2.1 Tlačni mikrofona

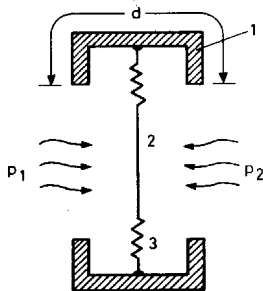
Tlačni mikrofona deluje na principu cikličnega spreminjanja zračnega tlaka, ki ga povzročajo vibracije elastičnega telesa.



Slika 15: Tlačni mikrofون

2.2.2 Gradientni mikrofون

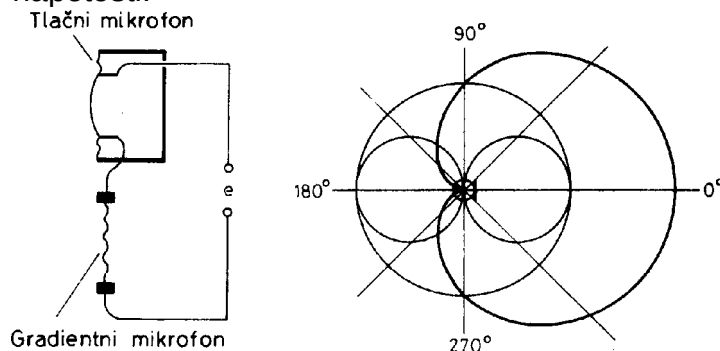
Zvočni tlak deluje na membrano s sprednje strani, zato je ta mikrofون občutljiv na fazno diferenco zvočnega tlaka. Ohišje gradientnih mikrofونov je narejeno tako, da zvočni tlak deluje z obeh strani membrane.



Slika 16: Gradientni mikrofون

2.2.3 Kombinacija tlačnega in gradientnega mikrofona

Z združenjem tlačnega in gradientnega mikrofona v serijo dobimo mikrofonsko napravo, ki ima karakteristiko kardioide s predpostavko, da imata oba mikrofona v aksialni smeri enako občutljivost. To pomeni, da mikrofona dajeta v tem primeru enake izhodne napetosti.

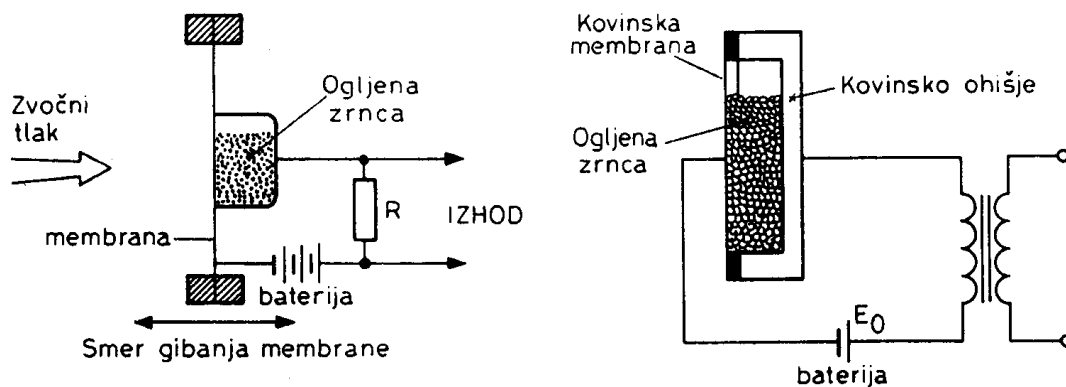


Slika 17: Kombinacija tlačnega in gradientnega mikrofona

2.3 Električna delitev mikrofونov

2.3.1 Ogljeni mikrofون

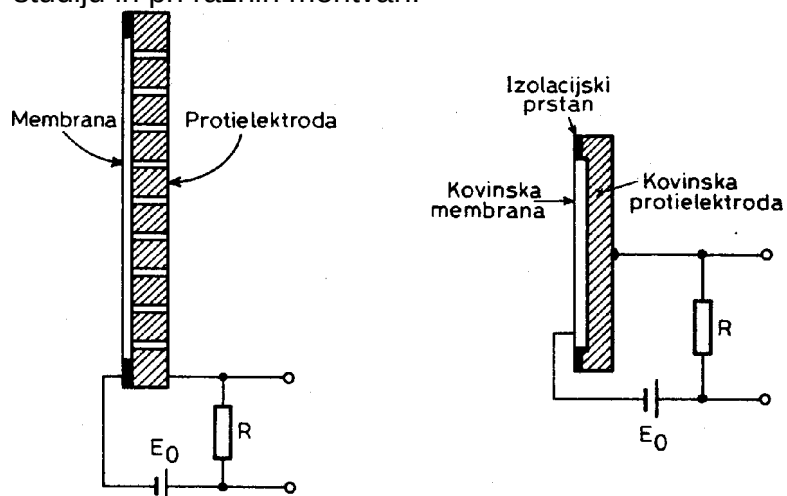
To je najstarejši mikrofون. Danes ga veliko uporabljajo le še v telefoniji. Glavni element so ogljena zrnca, ki se pod vplivom pritiska membrane stisnejo in spremenijo svojo upornost. Spreminjanje upornosti sledi spreminjanju zvočnega valovanja, ki prihaja na membrano.



Slika 18: Ogljeni mikrofons

2.3.2 Elektrostatični (kondenzatorski) mikrofons

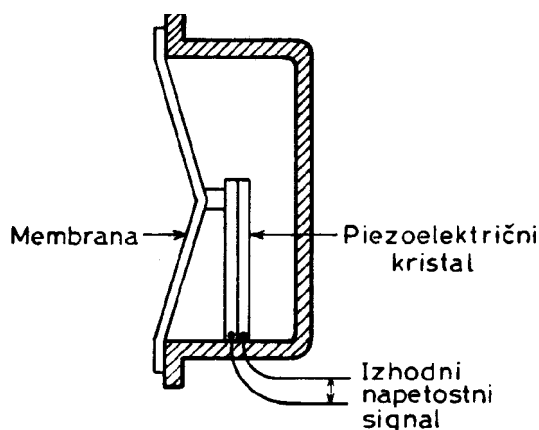
Osnovni element tega mikrofona je kondenzator, ki ima eno od plošč gibljivo. S pritiskom na gibljivo ploščo se razmik med ploščam spreminja, s tem se spreminja kapacitivnost in naboj ter tudi tok, ki teče skozi upor, iz katerega pobiramo izmenično napetost. Ker so ti mikrofoni zelo kakovostni, jih pogosto uporabljajo pri snemanjih v studiju in pri raznih meritvah.



Slika 19: Gradientni kondenzatorski in navadni kondenzatorski mikrofons

2.3.3 Piezoelektrični mikrofons

Delovanje piezoelektričnih mikrofons sloni na piezoelektričnem efektu. Osnova je kristalna ali keramična ploščica, ki nam daje pod vplivom pritiska na koncih ploščic električno napetost. Dobra lastnost teh mikrofons je široko frekvenčno področje (30 Hz do 12 kHz), majhen šum in majhna frekvenčna popačenost. Taki mikrofons so majhnih dimenzij in poceni. Slaba lastnost je, da so občutljivi na vlago in temperaturo.



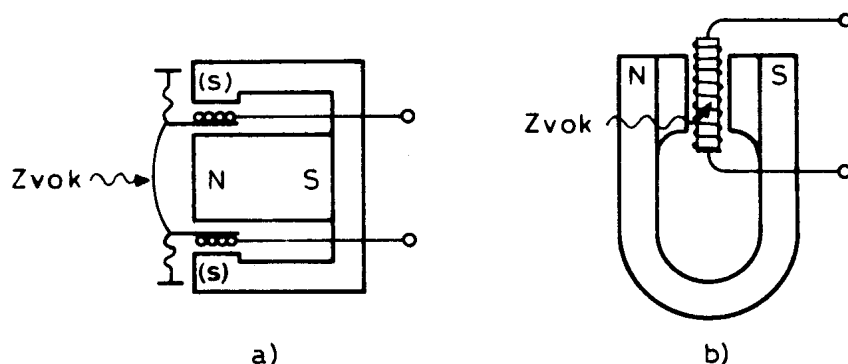
Slika 20: Kristalni mikrofonski element, uporabljen piezoelektričen kristal

2.3.4 Elektrodinamični mikrofonski element

Med najkakovostnejšimi mikrofonski elementi so elektrodinamični mikrofonski elementi. Imajo več dobrih lastnosti, kot so: nizka notranja upornost, široko frekvenčno območje (40 do 15000 Hz), majhna popačenja, zelo majhen šum.

Poznamo dve osnovni izvedbi:

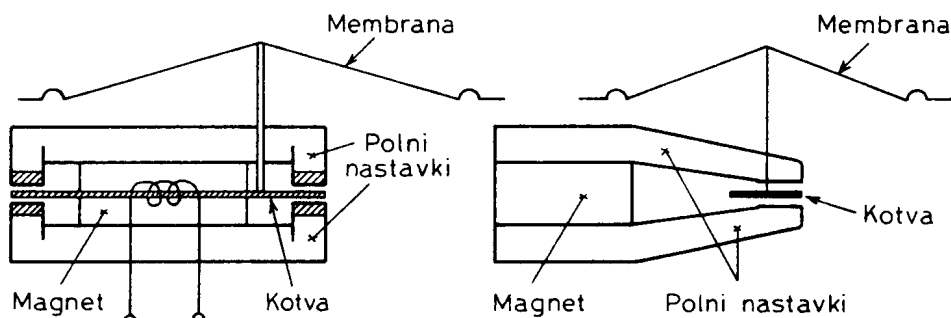
- **Tračni mikrofonski element**; uporabljen je trajen magnet, med poloma je nameščen aluminijasti trak, ki se giblje. Mikrofonski element deluje tako, da zvočne vibracije zatresejo trak. Ta se premika v polju magneta, seka silnice, v njem se inducira napetost, tem večja, čim večje so vibracije.
- **Tuljavični mikrofonski element**; tudi ta ima trajen magnet. Razlika je, da je tu na membrano pritrjena tuljavica. Podobno kot prej se tudi tu tuljava ob zvočnih vibracijah membrane premika v polju magneta, v njej se inducira napetost, ki je direktno odvisna od akustičnega valovanja. Taki mikrofonski elementi imajo zelo dobro frekvenčno karakteristiko, v celém frekvenčnem območju odstopajo le za $\pm 2,5$ dB. Občutljivost je od 0,15 do 0,2 mV na mikrobar. Dinamično področje obsega 120 dB. Nivo šuma je okoli 20 dB. Mikrofonski elementi so na temperaturo in vlažnost skoraj neobčutljivi, paziti moramo edino na vpliv izmeničnih magnetnih polj.



Slika 21: Tuljavični in tračni elektrodinamični mikrofonski elementi

2.3.5 Elektromagnetni mikrofonski elementi

To je mikrofonski element, ki je bil razvit zlasti z namenom vgradnje v tranzistorske akustične slušne aparate, saj je zelo majhen in ne zavzema veliko prostora. Membrana je pritrjena preko polov na jeziček iz permaloja, ki niha med poloma magnetnega sistema.



Slika 22: Principi delovanja elektromagnetnih mikrofonov

2.4 Priklop mikrofonov na sistem

Notranja impedanca mikroфона odreja, kakšno dolžino kabla lahko uporabimo med mikrofonom in ojačevalnikom.

Kapacitivnost kabla lahko znatno vpliva na frekvenčno karakteristiko mikroфона (na njegovo občutljivost), ker deluje kot nek kondenzator, ki je paralelno vezan na mikrofon. Če ima mikrofon večjo kapacitivnost, je lahko večja tudi dolžina kabla in obratno.

2.4.1 Enožilni mikrofonski kabli

Enožilni mikrofonski kabli so podobni koaksialnim. Notranji vodnik priključimo kot "vroči" kontakt, zunanega pa kot zemlja.

Izhodi mikroфона so lahko simetrični ali nesimetrični. Mikrofony s simetričnim izhodom imajo 3 izhode (elektrodinamični), od katerih dva predstavljata izvode iz mikrofonkega sistema (pri elektrodinamičnih s tuljavico so to konci tuljavice), s tretjo pa je vezan na kovinski oklop mikroфона (ohišje) in predstavlja zemljo (maso).

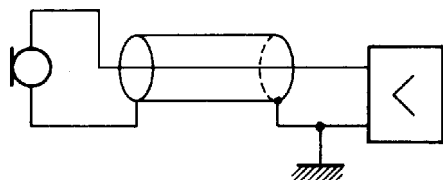
vrsta mikroфона	notranja upornost, kapacitivnost (pF)	občutljivost $\left[\frac{\text{mV}}{\mu\text{bar}} \right]$	frekvenčno področje (Hz)	dopustna dolžina kabla	oklop
ogljeni nizkoohmski	10-50 Ω	10-20	100-3000	več km	oklopljen
ogljeni visokoohmski	100-300 Ω	60-150	100-3000	do 200 km	neoklopljen
kondenzatorski	160pF	1,2	do 18000	nekaj cm	oklopljen
kristalni	1600pF	0,4	40-10000	do 20 m	oklopljen
dinamični (trak)	0.1-0.2 pF	0,2	do 16000	do 200 m	neoklopljen
dinamični (tuljavica)	5-10 Ω	5-6	do 16000	do 200 m	neoklopljen
magnetni	1000-2000 Ω	0,2	60-5000	do 20 m	oklopljen

Mikrofony z nesimetričnim izhodom imajo dva izvoda, od katerih je eden vedno spojen z ohišjem mikroфона, drugi pa predstavlja "vroči" kontakt (kristalni mikrofon).

Mikrofone z nesimetričnim izhodom povezujemo z enožilnim mikrofonskim kablom. "Vroči" kontakt mikroфона spojimo z notranjim vodnikom, "hladni" konec mikroфона pa z zunanjim oklopom kabla.

Če enožilni mikrofonski kabel želimo uporabiti za simetrični izhod mikroфона, je treba enega (vseeno katerega) od simetričnih kontaktov mikroфона spojiti z notranjim vodnikom, drug simetrični kontakt, skupaj s tretjim, ki je spojen z ohišjem mikroфона, pa na zunanji oklop kabla.

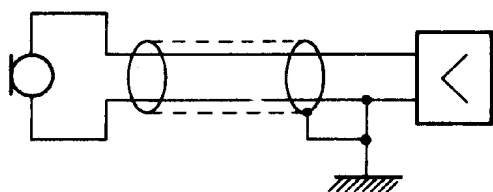
Za dolžino kabla do 5 m uporabljamo enožilni asimetrični koaksialni kabel.



Slika 23: Enožilni asimetrični koaksialni kabel

2.4.2 Dvožilni mikrofolnski kabli

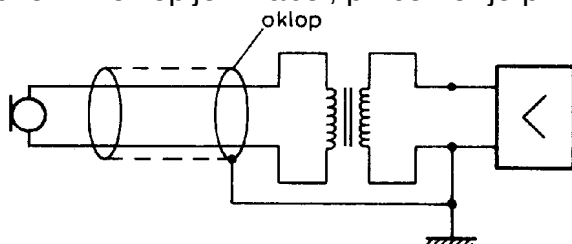
Dvožilne mikrofolnske kable uporabljamo pogosteje kot enožilne, predvsem pri uporabi mikrofona s simetričnim priključkom (elektrodinamični). Gledano s strani mikrofona se ti kabli spajajo tako, da se simetrični izvodi mikrofona vežejo z notranjima vodnikoma, tretji izvod mikrofona, ki je spojen z ohišjem mikrofona, pa z zunanjim spletom okrog obeh vodnikov.



Slika 24: Dvožilni oklopljeni simetrični kabel

Če je treba povezati nesimetrični izhod mikrofona z dvožilnim mikrofolnskim kablom, potem ravnamo takole: zunanji splet kabla spojimo s tistim koncem izvoda mikrofona, ki predstavlja maso, eden od notranjih vodnikov (ali pa oba) pa na vroči kontakt mikrofona. Lahko pa splet kabla in tisti notranji vodnik, ki je spojen z maso mikrofona, skupaj spojimo na maso pri vходу na ojačevalnik.

Pri večjih dolžinah je vpliv motenj že zaznaven, ker lahko tečejo po oklopu motilni tokovi. Za razdalje do 25 m uporabljamo dvožilni oklopljeni simetrični kabel, vendar je priključek izveden asimetrično. Za razdalje do okrog 500m uporabljamo simetrični dvožilni oklopljeni kabel, pri čemer je priključek izveden simetrično prek transformatorja.



Slika 25: Dvožilni kabel in transformator za simetriranje

3 ZVOČNIKI

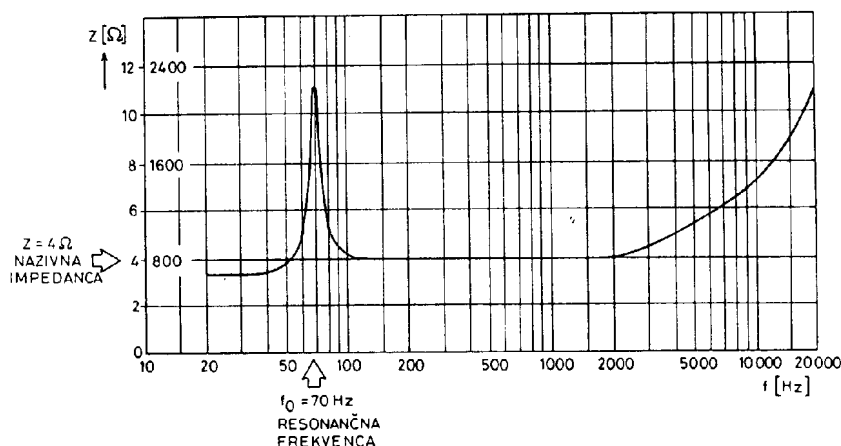
Zvočnik je elektromehanski pretvornik, ki električno energijo prek nekega mehanskega sistema (npr. membrane) pretvori v akustično energijo. Idealen zvočnik bi moral pri konstantni dovedeni električni energiji proizvajati konstanten zvočni tlak v celotnem slišnem področju 20 - 20000 Hz. To bi bil idealen širokopasovni zvočnik, ki pa ga je težko uresničiti. Zato se običajno za pokrivanje celotnega področja uporablja več zvočnikov, od katerih vsak pokriva samo del frekvenčnega področja (nizkotonski zvočniki pokrivajo samo spodnji del frekvenčnega področja, visokotonski pa zgornji del).

Kot mehanski sistem služi najpogosteje membrana - okrogla, ovalna ali pravokotna trda ploskev ravne ali konusne oblike, ki je s svojim zunanjim delom robov elastično pritrjena na držalo, t.i. košaro, z notranjim robom pa na centrator.

Za pretvorbo električne energije, dobljene iz ojačevalnika, v mehansko, danes največ uporabljajo elektrodinamične, elektromagnetne ali elektrostatične principe pretvorbe. S pomočjo enega od teh pogonskih sistemov se membrana odziva na vzbujanje z nihanjem v ritmu tonskih frekvenc z določeno silo, ki jo ustvarja tok zvočnih frekvenc, ki pritekajo skozi nihajno navitje. Nihanje membrane se prenese na delce okoliškega zraka in s tem nihajje membrane v njem ustvarjajo zvočne valove.

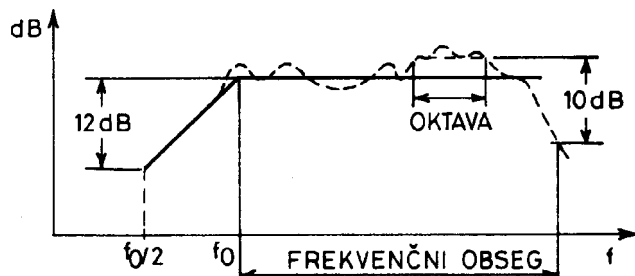
3.1 Osnovne karakteristike zvočnikov

- **Nazivna moč** je največja električna moč, s katero se lahko obremeni zvočnik med kontinuiranim (trajnim) delovanjem, ne da bi prišlo do poškodb ali pretirano velikih popačenj (v praksi 3...10%).
- **Glasbena moč** je maksimalno dovoljena delovna vrednost pri impulzni obremenitvi zvočnika (maksimalno 2 sekundi - sinusni toni različnih vhodnih moči od spodnje frekvenčne meje do 250 Hz). To mora prenesti brez slišnih udarcev in sunkov nihajne tuljavice oziroma brez opaznega popačenja.
- **Obratovalna moč** je moč, ki jo dovedemo zvočniku, ki naj da na razdalji 1 m vzdolž osi zvočnika zvočni tlak 1,2 Pa (96 dB). Kadar se zahteva ozvočenje boljše kakovosti, zvočnikov nikoli ne obremeni s polno močjo, niti v krajših časovnih intervalih. Zvočnik izberemo tako, da pri največji obremenitvi deluje s polovico nazivne moči, pri strogih zahtevah celo s četrtino ali petino. Brez velikega zvočnika ni možne reprodukcije basov.
- **Impedanca zvočnika** je odvisna od frekvence, vendar je v zelo širokem področju (400-1000 Hz) nizkih in srednjih frekvenc približno konstantna in začne rasti šele pri višjih frekvencah. Impedanca dinamičnih zvočnikov je izključno nizkoomska (4, 8, 16 Ohmov).



Slika 26: Frekvenčna odvisnost impedance dinamičnega zvočnika

- **Resonančna frekvenca** predstavlja spodnjo mejo frekvenčnega področja in je zato važna predvsem za pravilno izbiro ohišja, v katerega vgradimo zvočnik. V resonanci je premikanje membrane in zračenje zvočnika še posebej ojačeno, kar se izraža tudi pri povečanju impedance (pri velikih zvočnikih je 30 - 40 Hz, pri srednjih 60 - 70 Hz in pri majhnih okoli 1000 Hz, lahko pa tudi mnogo višja).
- **Frekvenčna karakteristika odziva** je krivulja, ki predstavlja odvisnost proizvedenega zvočnega pritiska od frekvence, pri stalni napetosti na tuljavi zvočnika. Daje predstavo o tem, kako zvočnik reproducira določena frekvenčna področja.



Slika 27: Frekvenčna karakteristika odziva zvočnika - idealna oblika; --- realna oblika

Gornja mejna frekvenca je definirana kot frekvenca, pri kateri odziv pade za 10 dB v odnosu na srednjo vrednost, ki jo ima v področju, širokem eno oktavo, v katerem je odziv največji.

- **Učinkovitost zvočnika** je razmerje zvočnega tlaka, ki ga zvočnik povzroča na oddaljenosti 1 m v smeri osi, in kvadratnega korena izmerjene moči na tuljavi zvočnika (vsaj 1 Pa/mW).
- **Stopnja izkoriščenosti** je razmerje med akustično močjo, s katero zvočnik zrači Pa, in električno močjo na tuljavi zvočnika P (nekaj %, le pri zvočniku z lijakom do 30 %).
- **Karakteristika usmerjenosti** je na nižjih frekvencah krožne oblike, na višjih pa prihaja do vse večje usmerjenosti v smeri osi zvočnika.
- **Faktor usmerjenosti** je recipročna vrednost razmerja zvočne energije, ki jo oddaja zvočnik in zvočne energije, ki bi jo dal točkasti izvor z enako učinkovitostjo. Lahko je podan tudi v dB (indeks usmerjenosti - direktnosti).

3.2 Popačenje zvoka

Popačenje definiramo kot prisotnost frekvence v odzivu, ki niso prisotne v vzbujanju.

3.2.1 Harmoniska popačenja

Dodajajo višje harmonike osnovne frekvence. Ta popačenja pomenijo v glavnem spremembo barve zvoka, v skrajnem primeru oster, porezan zvok. Harmoniska popačenja so posledica kakršnekoli nelinearnosti v zvočniškem sistemu.

3.2.2 Modulacijska popačenja

Če membrana zvočnika niha z dvema različnima frekvencama, bo zgornja frekvenca frekvenčno modulirana s spodnjo.

Ti dve vrsti popačenj uspešno zmanjšamo predvsem z zmanjšanjem amplitudne membrane, npr. z uporabo bas refleks omarice, FM pa tudi z ločitvijo visokih in nizkih tonov (omarine z več zvočniki).

3.2.3 Tranzientna popačenja

Tranzientni odziv je odziv na hipne spremembe vzbujanja. To je v bistvu mehanska kakovost zvočnika.

3.2.4 Popačenje zaradi časovne zakasnitve

Električno vezje zvočniškega sistema s kretnicami ali brez predstavlja električno linijo z neko fazno zakasnitvijo. Idealni zvočnik naj bi bil sistem z minimalnim faznim zasukom. Realni zvočnik skoraj vedno na nekem frekvenčnem območju ne ustreza tej zahtevi. Fazni zamik je tam večji kot drugje in zato je efektivna razdalja zvočnika od poslušalca za te frekvence večja kot za druge. S tem pa je izvor zvoka slabše določen.

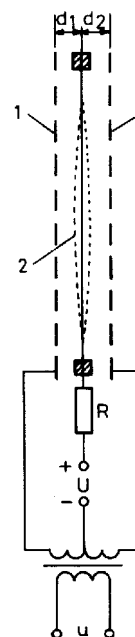
3.3 Vrste zvočnikov

Princip delovanja pretvorniškega sistema je isti pri zvočnikih in pri mikrofonihi.

3.3.1 Elektrostatični zvočnik

Deluje na principu privlačevanja in odbijanja med električnimi naboji.

Izdeluje se v simetrični obliki. Med dvema perforiranimi elektrodama se nahaja pomična vodljiva membrana. Masa membrane, ki je iz metalizirane plastične folije, je zanemarljiva proti masi zraka, ki niha skupaj z njo. Zaradi dobre prilagoditve membrane uporju zraka je mehanski akustični izkoristek elektrostatičnega zvočnika dober, zato pa je slabša prilagoditev na ojačevalnik (ker je zvočnik za ojačevalnik kapacitivna obremenitev).



1 ... elektrode

2 ... membrana

Slika 28: Shema elektrostatičnega zvočnika

3.3.2 Kristalni zvočnik

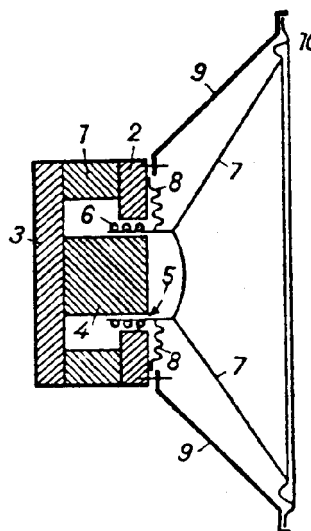
Deluje na principu piezoelektričnega - inverznega efekta. Pod vplivom električnih nabojev, ki se dovajajo na površino piezoelektričnega kristala, prihaja do mehanskega zvijanja kristala. Ti pomiki se prek vzvodnega sistema prenašajo na membrano. Kristalni zvočniki se uporabljajo kot dodatni zvočniki za reprodukcijo visokih tonov.

3.3.3 Dinamični zvočniki s trajnim magnetom

V zračni reži med magnetoma se nahaja nihajoče navitje, na katerega je pritrjena konična membrana. Ko steče skozi navitje tok slišne frekvence, se začne membrana premikati v ritmu signala naprej in nazaj pod vplivom osne sile. Imajo najširšo in najbolj vsestransko uporabo.

Deli zvočnika so:

- permanentni magnet 1 (elektromagnet)
- mehko železo magnetnega kroga 2,3,4
- zračna reža 5
- nihajoče navitje 6 (iz lakirane bakrene ali aluminijaste žice)
- membrana 7
- centrator 8
- košara 9
- elastični rob membrane 10



Membrana z navitjem, pritrjena na košaro, predstavlja mehanski nihajni sistem.

Slika 29: Shema elektrodinamičnega zvočnika

Učinkovitost dinamičnega zvočnika (odnos med električno in akustično močjo) P_e je odvisna od frekvenčnega območja, v katerem zvočnik deluje:

- z zmanjšanjem frekvence se tok skozi R_s zmanjšuje, s tem se zmanjšuje tudi izkoristek;
- pri višjih frekvencah se izkoristek tudi zmanjšuje, vendar je ta padec bolj blag.

3.4 Lastnosti membran

Najvažnejše lastnosti membrane so:

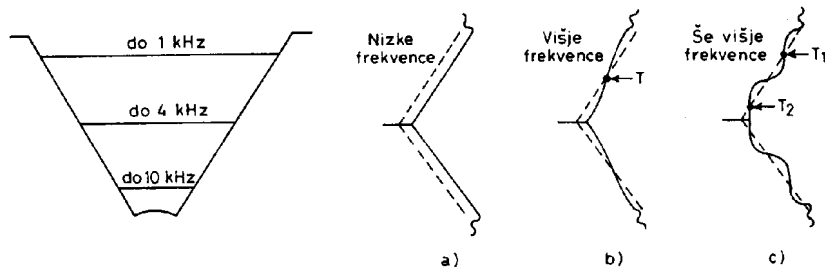
- trdost,
- teža in
- resonančna frekvenca.

Izvedba membrane je odvisna od namena zvočnika:

- za visokotonske zvočnike uporabljamo trši in lažji papir;
- za nizkotonske pa mehkejši in težji.

Do sedaj smo predpostavljali, da niha kot trda ploskev. Pri višjih frekvencah pa prihaja do upogiba membrane, kar vodi k medsebojnemu nasprotovanju delovanja posameznih njenih delov (zaradi različne faze). Večji zvočnik torej ni primeren za reprodukcijo višjih frekvenc, če ne napravimo ustreznih konstruktivnih ukrepov.

Membrana nizkotonskih zvočnikov ima obliko lijaka, izdelana pa je iz naplavljenega papirja. Visokotonski zvočniki imajo membrane iz plastične mase v obliki izbočenega polkroga.



Slika 30: Frekvenčna odvisnost nihanja membrane

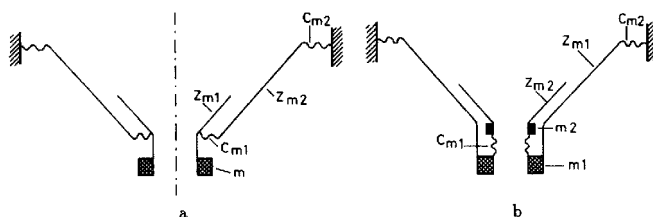
Najlepši zvok dobimo iz zvočnika, ko se membrana giblje enakomerno, sofazno. Če pa je membrana velika (za nizke tone), potem pride do problemov pri višjih frekvencah. Pri visokih frekvencah se takšna membrana ne giblje več kot celota, kar proizvaja višje harmonske komponente in gibanje posameznih delcev membrane je protifazno.

Zgoraj navedeni zvočnik, ki je kot za primer NF, nikoli ne reproducira kakovostnih visokih tonov, ali jih sploh ne, poleg tega pa tvegamo, da trajno deformiramo membrano (točke preloma). Tudi VF zvočnik ne more reproducirati nizkih tonov.

Naš želeni zvočnik je seveda zvočnik, ki dobro reproducira glasbo v vsem frekvenčnem pasu (NF, SF, VF). Rešitev je možno iskati v dveh smereh. Prva je, da izpopolnujemo en sam zvočnik. Druga je ta, da se opredelimo na ozkopasovni zvočnik, tega še izboljšamo in več takšnih tvorimo v sisteme.

Imamo še možnost izbire zvočnika:

- ki ima dve membrani v ohišju zvočnika in sta pritrjeni na isti tuljavici;
- zvočnik z dvema membranama v istem ohišju, pri čemer je vsak pritrjen na svojo tuljavico.



Slika 31: Zvočnik z dvema membranama; a) na isti tuljavici, b) vsaka na svoji tuljavici

Najdražja in najboljša rešitev je, da za vsako frekvenčno območje damo svoj zvočnik. Ponavadi razdelimo frekvenčno področje na dva ali tri dele. Za to potrebujemo:

- optimalni NF zvočnik, ki bo dobro reproduciral bass-tone (velik, prožen, s težko membrano),
- optimalni SF zvočnik, ki najbolje reproducira srednje tone,
- optimalni VF zvočnik, ki najbolje reproducira visoke tone, ta pa bo po konstrukciji majhen in bo imel majhno, trdo in lahko membrano.

Seveda pa moramo pri taki izvedbi zvočnikov načrtovati pravilno frekvenčno križanje z ustreznimi filtri (kretnice).

Osnovne karakteristike zvočnika, ki so važne za uspešno projektiranje naprav za ozvočevanje:

- nazivna moč, glasbena moč, obratovalna moč
- impedanca
- resonančna frekvenca
- frekvenčna karakteristika odziva

- učinkovitost
- stopnja izkoriščenosti
- karakteristika usmerjenosti.

Te karakteristike so odvisne od načina konstrukcije zvočnika, njegovih oblik in dimenzij, od uporabljenih materialov in tehnološkega postopka.

3.5 Vgrajevanje zvočnikov

Zračenje zvoka z obeh strani membrane je treba razdvojiti, ker je protifazno.

Zvočni valovi, ki nastanejo na eni strani membrane, gredo po najkrajši poti do druge strani, kjer se izničijo s protifaznimi zvočnimi valovi, ki tam nastajajo. Delovanje takega zvočnika je zelo oslABLJENO, moč zračenja majhna, čeprav se membrana močno premika.

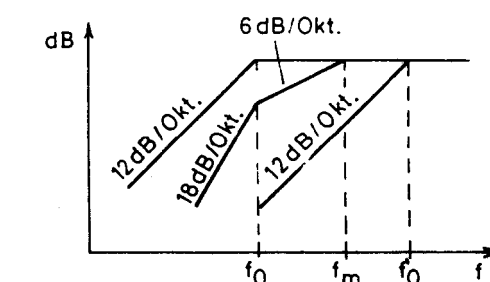
Da bi se valovanja z obeh strani membrane popolnoma razdvojila, bi bilo idealno zvočnik vgraditi v neskončno veliko ploščo ali zaprt prostor z močnimi zidovi.

Vpliv ohišja:

a - neskončno velika plošča z mejno frekvenco f_0

b - plošča z mejno frekvenco f_m

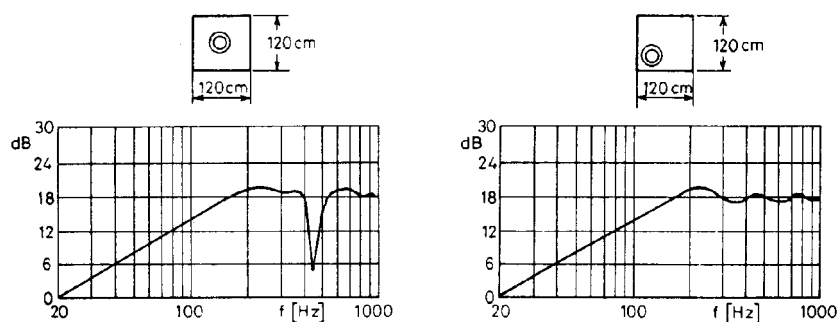
c - omarica, ki pomakne frekvenco na f'_0



Slika 32: Vpliv ohišja

Pri visokih frekvencah ni razlike v tem, ali je membrana vgrajena v neskončno veliki plošči ali nevgrajena. To pomeni, da bi tudi nevgrajen zvočnik brez ohišja reproduciral dobre, visoke tone.

Plošče zvočnika so izdelane iz lesa, da bi čimbolj zadušili lastne vibracije. Debelina se mora gibati od 10mm za manjše zvočnike, do 20mm (22mm) za večje. Oblika ni nujno simetrična, da ne bi prišlo do nezaželenih interferenc valov s sprednjih in zadnjih strani. Temu se lahko izognemo tako, da zvočnik nesimetrično montiramo izven središča plošče.



Slika 33: Primera različne vgraditve zvočnika in pripadajoči karakteristiki

Kadar želimo dobro reprodukcijo nizkih frekvenc, se pojavlja potreba po ploščah, katerih dimenzije so nepraktično velike. Takrat si pomagamo z zaprto omarico.

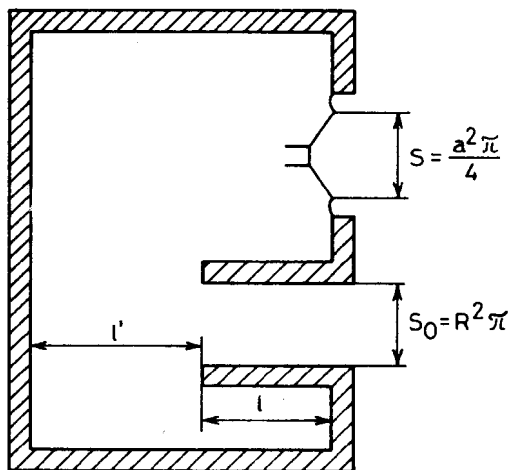
3.5.1 Zaprta omarica

Popolnoma oddvoji valovanje z obeh strani membrane, ima pa slabo lastnost, ker zaprt zrak v omarici zmanjšuje elastičnost gibljivega sistema in s tem poveča resonančno frekvenco. To zmanjšuje frekvenčni obseg zvočnika.

Poleg zaprtih omaric uporabljamo tudi razne vrste omaric z odprtinami - polodprtih omaric. Vse te omarice delujejo na principu obračanja faze na nizkih frekvencah. Cilj je, da se obrne faza zvočnih valov z zadnje strani membrane za 180° , tako da se valovanje z obeh strani membrane ne odšteva, ampak sešteva. Pri teh omaricah ne prihaja do povišanja resonančne frekvence, ampak se, če so dobro izračunane, lahko celo izboljša reprodukcija v področju pod resonanco.

3.5.2 Bas-refleks omarica

Ima odprtino s sprednje strani. Površino odprtine S_0 , izberemo tako, da je $0,5 \dots 1$ efektivne površine membrane zvočnika S . Dolžino cele odprtine l izberemo tako, da globina omarice ni večja od osmine valovne dolžine resonance in da svobodna globina omarice l' ni manjša od polmera odprtine R . Ni potrebno, da je odprtina ravno okrogla.



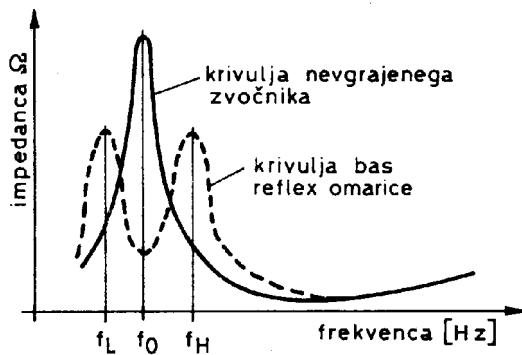
Slika 34: Bas-refleks omarica

Bas-refleks omarica predstavlja idealen način vgrajevanja za reprodukcijo globokih tonov pod pogojem, da je izračun točno izveden.

Vse omarice, zaprte ali polodprte, morajo imeti močne stene in morajo biti iz takega materiala, ki ima zelo zadušene lastne vibracije (debelejši les, iverica, vezana plošča, mavec, plastične mase). Da bi preprečili te vplive vibracij sten omaric, jih od znotraj delno ali v celoti obložimo z nekaterimi absorpcijskimi materiali (filc, vata, steklena, mineralna volna). Učinkovitejše je, če tega materiala ne postavimo direktno na steno omarice, ampak pustimo vmes zračni medprostor, širok vsaj 1cm.

3.5.2.1 Lastnosti zvočne omarice z bas-refleksom

Sprememba impedančne krivulje.



Slika 35: Tipična impedančna krivulja bas-refleks omarice

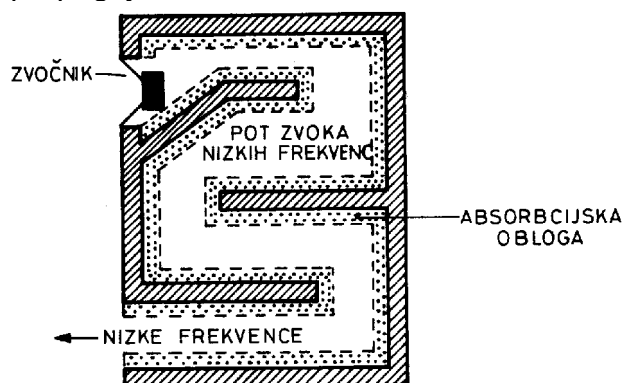
3.5.3 Omarica z dodatnim bas-refleks zvočnikom (drone cone)

Dodatni zvočnik ima membrano brez zvočne tuljavice. Ta membrana enostavno niha na voljnem vpetju in preprosto je doseči zelo nizko resonančno frekvenco. Prednost take membrane je, da lahko niha pri resonančni frekvenci že pri manjšem volumnu omarice, kot je minimalni volumen za navaden refleks.

3.5.4 Labirint ali transmission line

Tako kot je bas-refleks fazni inverter, je tudi labirint uglasen sistem. Namesto odprtine imamo zelo dolgo cev. Če je naša cev dovolj dolga in ustrezno zaključena (sevalna impedanca), se tako znebimo radiacije zadnje strani membrane. V praksi je dolžina cevi enaka četrtini valovne dolžine zvočnega vala pri resonančni frekvenci zvočnika.

Za frekvenco 30 Hz bi bila linija dolga 2,7 metra, iz česar sledi, da mora biti večkrat prepognjena.

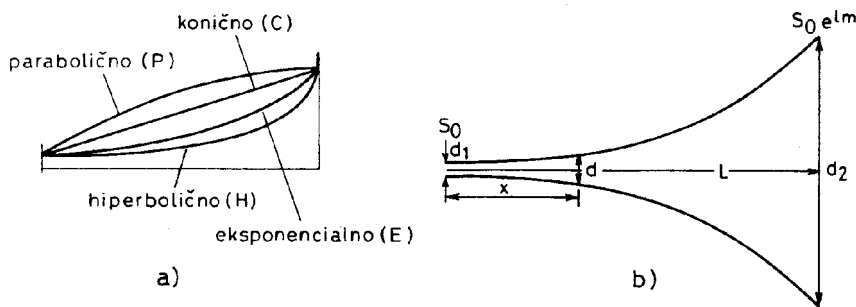


Slika 36: Labirint

3.6 Zvočni lijaki

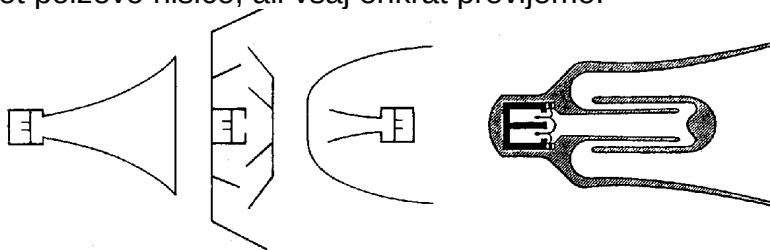
Naravno oblikovane rogove so ljudje izkoriščali za trobila že pred našim štetjem. Tudi v vsakdanjem življenju, ko hočemo predati neko ustno sporočilo oddaljeni osebi, skušamo z dlanmi oblikovati rog-zvočni lijak. S tem zvok ojačimo in usmerimo. Teoretično poznamo naslednje oblike zvočnih lijakov:

- parabolično,
- konično,
- eksponencialno,
- hiperbolično.



Slika 37: Teoretične oblike zvočnih lijakov b) Eksponencialni lijak

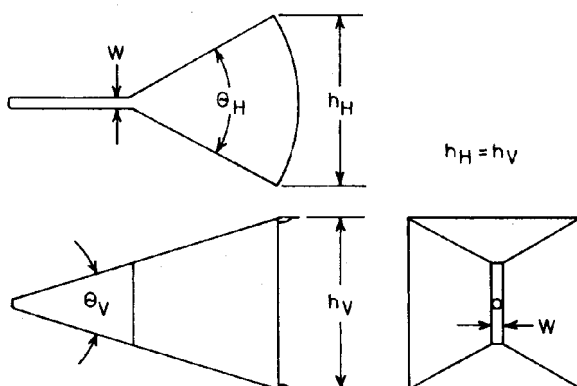
Lijak igra vlogo akustičnega transformatorja, majhna impedanca zračenja na odprtem koncu se preslika v veliko večjo, s katero grlo lijaka obremenjuje zvočnik ali pomični mehanizem, posebne konstrukcije z majhno zaprto komoro, ki se uporablja za lijak. Tako se povečuje izkoristek, moč zračenja. Lijak je tembolj učinkovit, kolikor počasneje se širi in kolikor daljši je, vendar ima to praktične omejitve. Zato lijak pogosto zavijemo kot polževo hišico, ali vsaj enkrat previjemo.



Slika 38: Oblike eksponencialnih lijakov

Izkoristek zvočnika z lijakom je najmanj za 5 dB (3x) večji kot za katerikoli drugi zvočnik. Lijak posebej ojačuje reprodukcijo srednjih frekvenc. Lijak torej povečuje izkoristek, ima pa ožji frekvenčni obseg in bolj neenakomeren potek frekvenčne karakteristike od zvočnika z direktnim zračenjem.

Novejši in najmanjši model bas-zvočnih lijakov je izdelala tovarna Turbosand. Dimenzije teh zvočnih lijakov so ugotovljene eksperimentalno.



Slika 39: Pravokotna oblika ustja lijaka

Trend izdelave zvočnih lijakov gre k čim manjšim dimenzijam, s čim boljšim usmerjanjem. Zvočniki naj bi bili trisistemski:

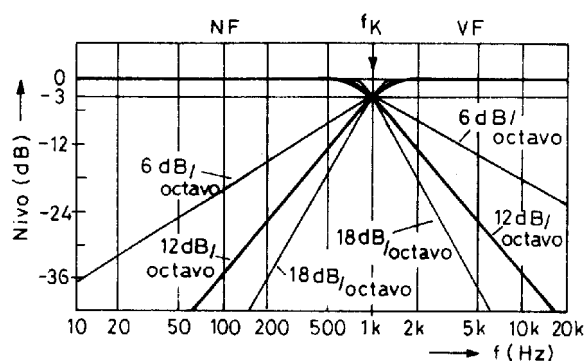
- bas zvočnik bi naj reproduciral zvok do frekvence 250 Hz,
- srednjetonski zvočnik bi naj reproduciral zvok od frekvence 250 Hz do približno 4,5 kHz,
- za višje frekvence pa naj bi poskrbel visokotonski zvočnik.

4 FREKVENČNE KRETNICE V ZVOČNIŠKEM SISTEMU

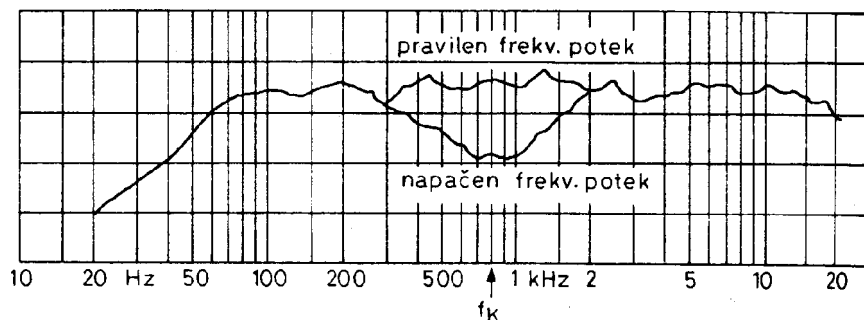
Kretnica je poseben tip filtra, ki nam omogoči, da različne zvočnike, ki optimalno delujejo v različnih delih zvočnega spektra, povežemo v sistem, ki pokriva celotno slišno območje. Naloga kretnice je torej določitev frekvenčnega spektra za vsak posamezen zvočnik v zvočniškem sistemu.

Kretnice razdelijo frekvenčni spekter na ustrezno število frekvenčnih pasov (toliko, kolikor je zvočnikov). Za sistem z dvema zvočnikoma bo ločilna frekvenca od 2 kHz do 4 kHz. Za sistem s tremi zvočniki je prva ločilna frekvenca od 500 Hz do 1 kHz in druga okoli 4 kHz.

Pri izbiri kretnic strmimo k čim gladkejšim frekvenčnim prehodom med enim in drugim zvočnikom. Pazimo tudi, da bo frekvenca križanja v tisti točki, kjer predhodni frekvenčni pas pade za 3 dB, višji frekvenčni pas pa naraste za 3 dB manj, kot je maksimum. Po končanem efektu je frekvenca križanja prav toliko zastopana kot vse ostale. Ni slabljenja in ne ojačenja te frekvence.



Slika 40: Frekvenca križanja f_k NF in VF kretnic prvega, drugega in tretjega reda

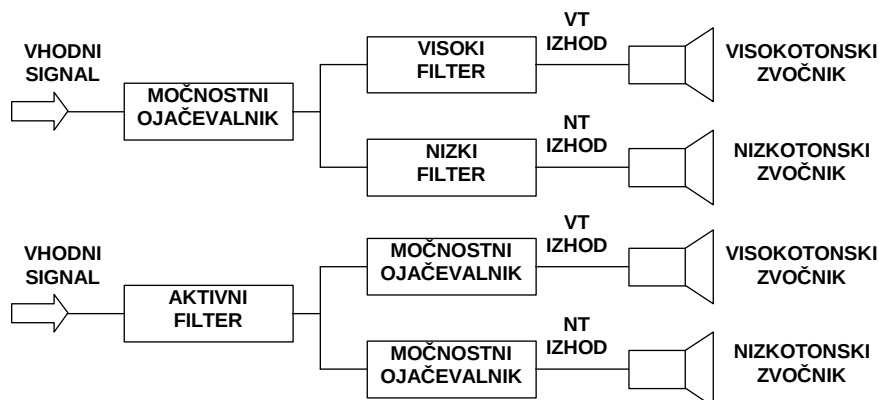


Slika 41: Frekvenčni potek pravilno in napačno dimenzioniranih kretnic

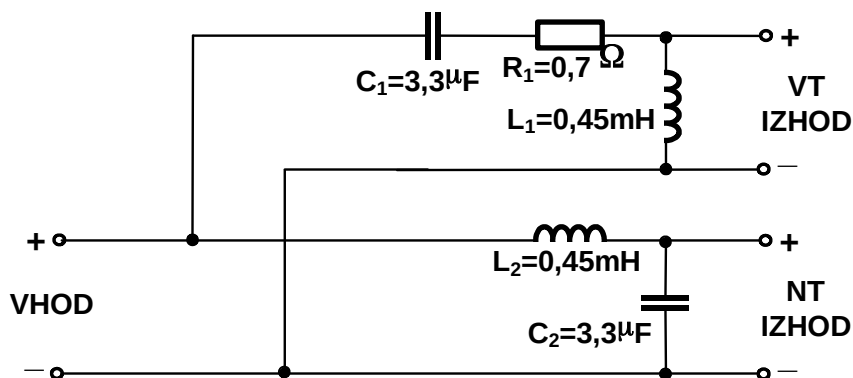
4.1 Pasivne in aktivne kretnice

Vezja za delitev frekvenčnih področij delimo v dve skupini:

- Pasivne kretnice: celoten signal se ojači na nivo, potreben za pogon zvočnikov, še preden se filtrira. Filter je sestavljen iz pasivnih (R, L, C) elementov. Tak sistem uporabljamo najpogosteje, saj je enostaven, potrebujemo le ojačevalnik.
- Aktivne kretnice: signal se loči na nižjem nivoju, in šele potem ojači (uporablja se v močnejših izvedbah, saj potrebujemo za vsak zvočnik svoj ojačevalnik).



Slika 42: Pasivna in aktivna kretnica



Slika 43: Primer dvosistemske pasivne kretnice drugega reda (R_1 -zaščitni upor)

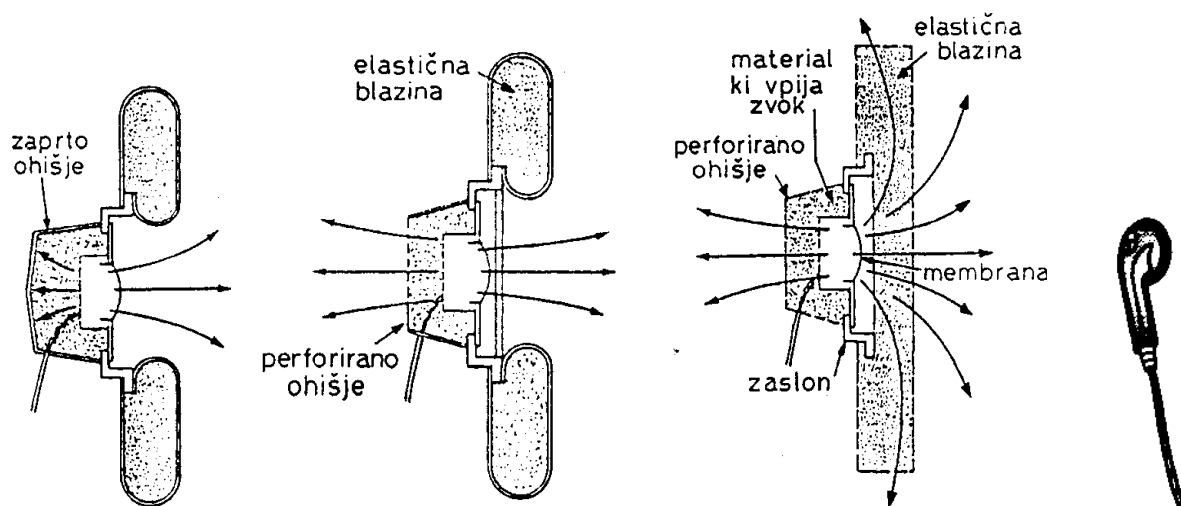
5 SLUŠALKE

Večina slušalk deluje na elektrodinamičnem principu (dobra reprodukcijska kakovost pri ugodni občutljivosti).

Pri dražjih slušalkah je uporabljen elektrostatičen princip. Občutljivost teh elektrostatičnih slušalk je slabša kot pri dinamičnih - priključek na zvočnikov izhod pri ojačevalniku.

Posebne dinamične slušalke so ortodinamične (nihajna tuljava je kot vez na tiskanem vezju membrane).

Drugi, spremenjeni sistemi za slušalke, sestojijo iz visokopolimernih snovi, ali pa delujejo na piezo-električnem principu.



Slika 44: a) popolnoma zaprte slušalke; b) polzaprte slušalke; c) odprte slušalke; d) stetoskopske slušalke (ušesni vložki)

Nadalje ločimo slušalke, ki imajo odprt ali zaprt sistem. Oblazinjenje je tako, da prepušča zvok. Pri zaprtih modelih je zračni volumen med membrano in bobničem v veliki meri navzven zaprt. S tem se da doseči dobro reprodukcijo basov. Uporabljajo se tudi stetoskopske slušalke, ki jih za razliko od ostalih namestimo v uho.

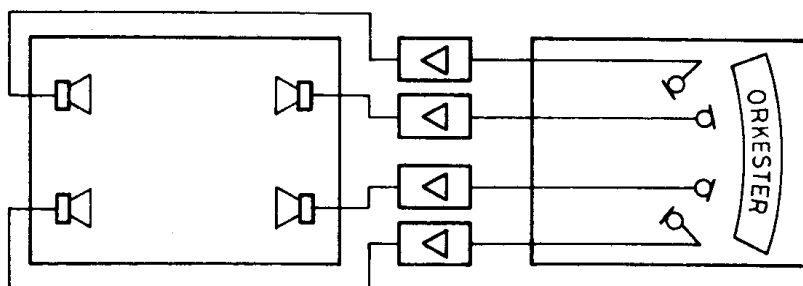
6 NAČINI REPRODUKCIJE ZVOKA

Pri mono reprodukciji se zvok reproducira iz enega zvočnika, lahko pa tudi iz več zvočnikov v prostoru, vendar iz vseh po enaki glasnosti in enaki fazni zakasnitvi. Pri mono reprodukciji ne občutimo razporeda inštrumentov v prostoru, pa naj bo reprodukcija zvoka še tako dobra.

Stereofonski efekt nam omogoča, da poleg kakovostne reprodukcije dobimo tudi vtis prostora - prostorskega razporeda orkestra (izvajalcev). Zaradi stereofonskega efekta lahko takoj ugotovimo, ali prihaja zvočni signal z leve ali desne strani.

Ambiofonska reprodukcija zvoka

V sedemdesetih letih so v razvojnih laboratorijih preizkušali tudi kvadrofonske naprave (4 kanali) in celo oktofonske naprave (8 kanalov), vendar se te v praksi niso obnesle. Pravzaprav v prakso sploh niso prišle, ker niso dale večjih izboljšav v definiciji zvočne slike.



Slika 45: Kvadrofonija

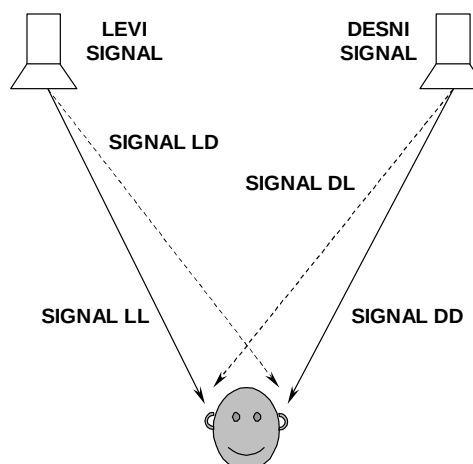
SURROUND reprodukcija zvoka

Pri SURROUND-u dobimo tudi tretjo dimenzijo lokalizacije zvoka - informacijo o globini zvoka oziroma prostorski efekt.

6.1 Prostorsko lokaliziranje zvoka

Človek z vsakim ušesom posebej občuti jakost zvoka, višino in barvo tona. Da zvok občutimo prostorsko, je potrebno, da imamo **razliko v glasnosti zvoka, razliko v fazi in po času**.

Razlika glasnosti nastane zato, ker je (zaradi senčenja) jakost zvoka z ene in z druge strani glave različna.



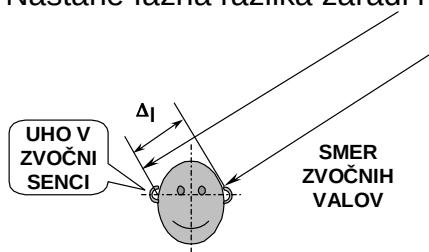
$$\text{LEVO UHO} = \text{SIGNAL LL} + \text{SIGNAL DL}$$

$$\text{DESNO UHO} = \text{SIGNAL DD} + \text{SIGNAL LD}$$

Slika 46: Prihod zvoka do poslušalca

6.1.1 Razlika v fazi in jakosti

Človek samo z enim ušesom ne občuti fazne razlike med dvema tonoma. Fazna razlika pride še posebno do izraza, če zvočni signal ne prihaja iz smeri, kamor smo obrnjeni. Nastane fazna razlika zaradi različne dolžine poti zvoka do levega in desnega ušesa.

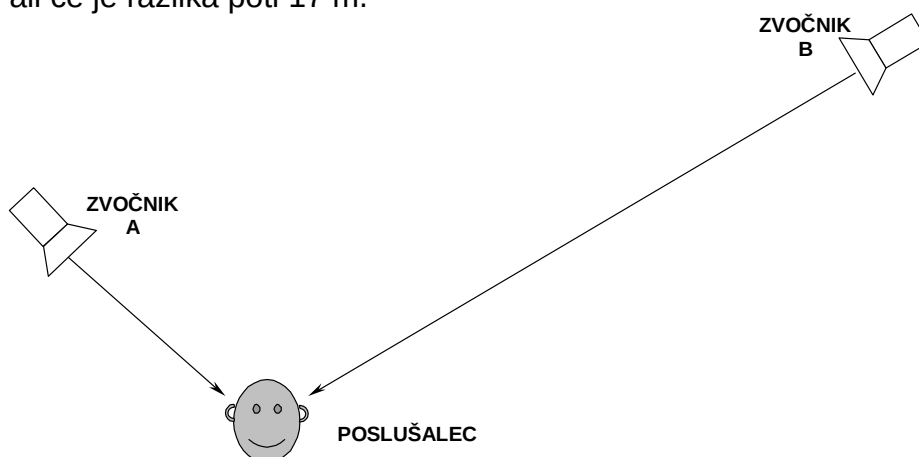


Slika 47: Razlika v fazi med levim in desnim ušesom

Razen faznih razlik, ki se pojavijo na višjem frekvenčnem področju, tudi jakost zvoka v obeh ušesih ni enaka. To se pojavi zato, ker eno uho leži za glavo (v tako imenovani zvočni senc) in zato sprejema slabše. Fazne razlike in razlike v jakosti zvoka delujejo kombinirano na center za sluh in nam omogočajo določitev pozicije izvora zvoka. Vse to slabše občutimo pri nizkih frekvencah. Do okoli 800 Hz ugotavljamo smer na osnovi razlik v fazi, od tu naprej pa na osnovi jakosti zvoka.

6.1.2 Časovne razlike

Če pošljemo enak zvočni signal iz dveh virov (zvočnikov), ki sta različno oddaljena od poslušalca. Zvočnik A je dlje od poslušalca, zato njegov zvok pride pozneje kot iz zvočnika B, ki je bližje. Poslušalcu se zdi, da deluje le zvočnik B. Če se prekine delovanje zvočnika A, bo poslušalec zaznal le spremembo jakosti zvoka, ne pa spremembe mesta izvora. Šele ko jakost zvočnika A doseže določeno vrednost, bo poslušalec občutil dva zvočna izvora. To zazna tudi, če zvok zaostaja za več kot 50 ms ali če je razlika poti 17 m.

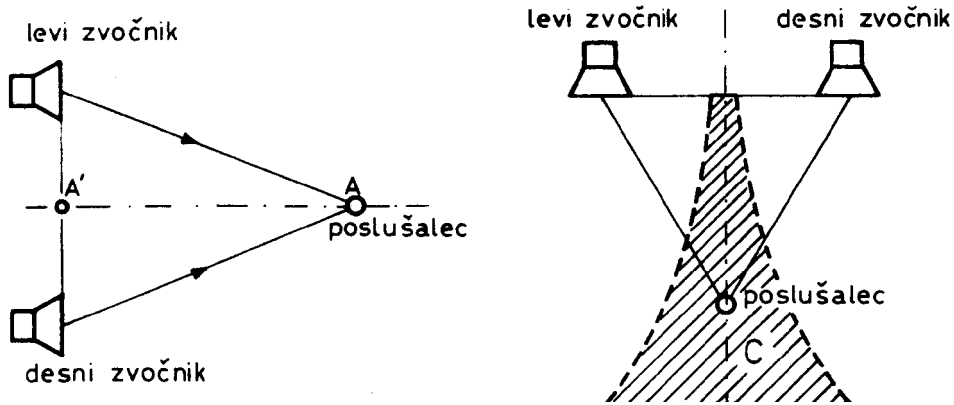


Slika 48: Razlika v času med levim in desnim zvočnikom

Vse tri lastnosti, zaradi katerih prostorsko lokaliziramo zvok, so za stereoefekt zelo pomembne.

6.2 Stereo reprodukcija zvoka

Da bi dobili stereofonski vtis zvoka v prostoru, moramo imeti več zvočnih izvorov. Če bi imeli dva zvočnika v prostoru in bi nanju pripeljali mono signal ob enakem času in enaki jakosti, bi - če bi se nahajali na simetrali med zvočnikoma (točka A) - dobili vtis, da zvok prihaja iz enega samega zvočnega izvora, ki se nahaja v točki A'. Če je razlika jakosti zvoka obeh izvorov 15-20 dB, bomo slišali le zvok močnejše jakosti, saj naše uho reagira le na razliko nivoja glasnosti. Ta efekt predstavlja eno od bistvenih osnov stereofonske tehnike.



Slika 49: Položaj poslušalca

Za stereofonski vtis zvoka v prostoru, moramo imeti vsaj dva zvočnika. Za stereofonski efekt je pomembno, da se poslušalec nahaja znotraj polja C.

6.3 SURROUND reprodukcija zvoka

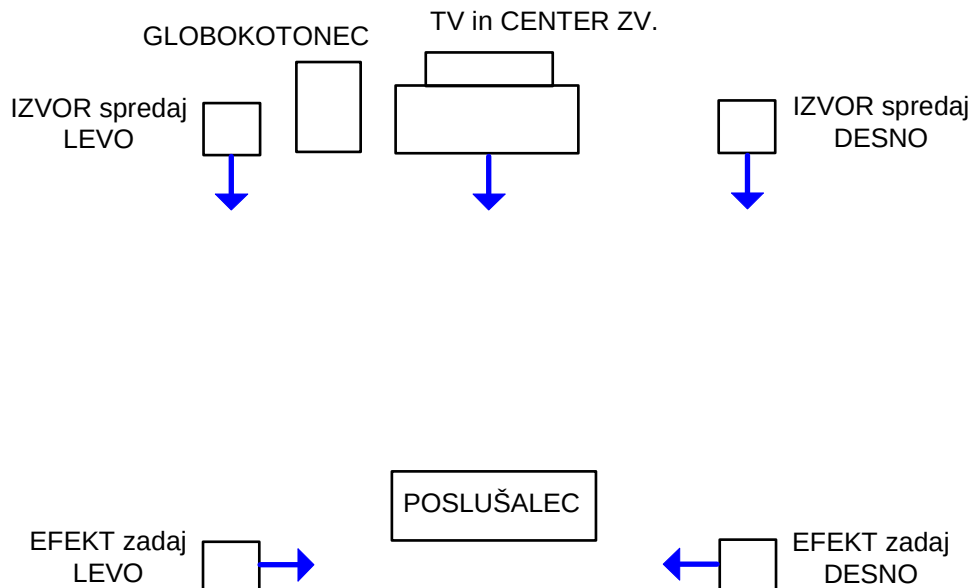
Surround reprodukcijo zvoka so razvili zaradi slabe kvalitete zvoka pri televiziji.

Pri televizijskem prenosu poznamo naslednje načine prenosa zvoka:

- MONO,
- STEREO,
- SURROUND - DOLBY PRO LOGIC.

Za omogočitev predvajanja in poslušanja v SURROUND tehniki so potrebni naslednji pogoji:

- potrebujemo šest zvočnikov,
- poslušalec se mora nahajati v sredini med zvočniki,
- priporočljivo je, da se vsi zvočniki (razen globokotonca) nahajajo v višini poslušalčeve glave,
- potrebujemo izvor glasbe - DOLBY PRO LOGIC dekodler in ojačevalnike.



Slika 50: Razporeditev zvočnikov in položaj poslušalca pri surround reprodukciji zvoka

Problem nastane pri postavitvi centerskega zvočnika, če ni magnetno oklopljen; v neposredni bližini televizorja povzroča motnje v sliki, kar pomeni, da ga ne smemo postaviti na ali pod TV; moramo ga umakniti za najmanj pol metra od zaslona. Položaj globokotoneca ni tako pomemben, kajti človeško uho ne more slišati, iz katere smeri prihajajo nižji toni.

Pri SURROUND zvoku srečamo naslednje standarde:

- DOLBY PRO LOGIC
- DOLBY DIGITAL
- THX.

6.3.1 DOLBY PRO LOGIC

Dolby pro logic je ime za filme na video kasetah in laserskih diskih, kot tudi CD ploščah z glasbo posneto v surround tehniki, ki so posneti z običajnim, dvokanalnim zvokom (levi in desni), katerima je dodana še tretja, dodatna informacija, ki jo reproduciramo z uporabo DOLBY PRO LOGIC dekodevalca. Ta informacija producira dva dodatna kanala. Prvi je za center zvočnik (eden poglavitnih elementov v našem surround sistemu), ki nas obskrbi z večino dialogov v filmu ter obdrži vse centralne informacije na zaslonu. Drugi dodatni kanal je ti. surround kanal, ki napaja dodaten par zadnjih zvočnikov v sistemu in ustvarja vtis obkroženja z zvokom.

Potrebujemo dekodevalca ter ojačevalnik za vse kanale, pet zvočnikov ter stereo video rekorder ali televizijo z vgrajenim dolby pro logic dekodevalcem. V resnici imamo pet zvočnikov, vendar samo štiri zvočne kanale (zadnja dva zvočnika si delita mono signal).

6.3.2 DOLBY DIGITAL

DOLBY DIGITAL je digitalna metoda za snemanje in reprodukcijo kino zvoka v stanovanjih. DOLBY DIGITAL uporablja pet zvočnikov in še dodatni kanal za nizkotonec (zato ponavadi tudi oznaka 5.1). Zadnja zvočnika dobita stereo signal in nista frekvenčno omejena kot sta pri PRO LOGICU. Rezultat je boljša kontrola basa ter mnogo bolj doživeta izkušnja okolja. Za uporabo DOLBY DIGITAL rabimo procesor in

DVD predvajalnik, prirejen za reprodukcijo DOLBY DIGITAL ali AC-3 (le digitalni izvor zvoka).

6.3.3 THX

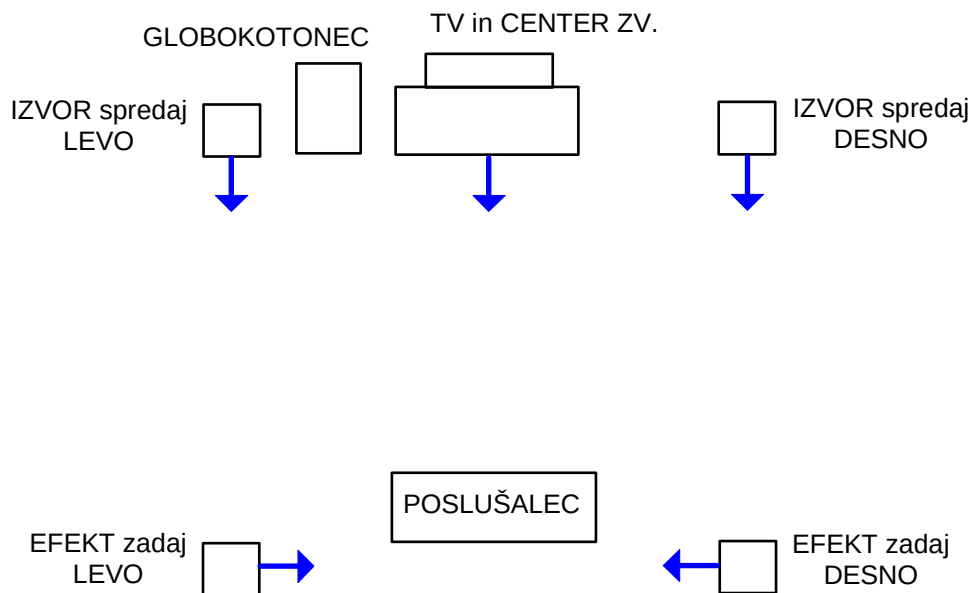
THX je nekakšna vrsta DOLBY SURROUND PLUS - nadgradnja obstoječih standardov, konstruiran, da bi jih kakovostno nadgradili ne pa nadomestili. Standard postavlja zelo ostre pogoje proizvajalcem. Poglavitni pogoji so:

- ojačevalnik mora biti sposoben razviti moč vsaj 100 W po kanalu,
- sistem mora imeti frekvenčni razpon od 20 do 20.000 Hz,
- dosegljiv pritisk zvoka mora biti najmanj 105 dB brez kakršnikoli popačenj,
- trije sprednji zvočniki so identični zaradi kohezije in fokusa zvoka,
- v sistemu sta predvidena dva pasivna subwooferja,
- zadnja zvočnika morata biti dipolne konstrukcije - morata sevati zvok naprej in nazaj.

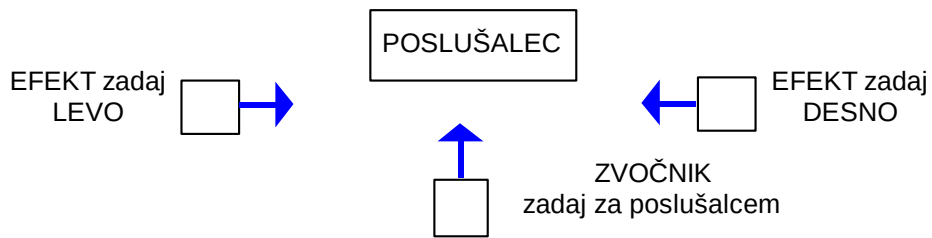
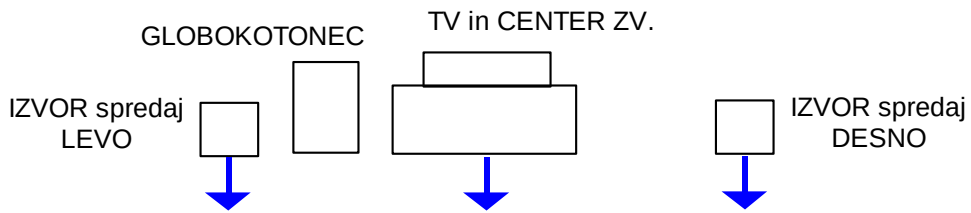
THX je sistem za korekcijo napak, ki nujno nastanejo pri prenosu kino zvoka v pogoje domačega stanovanja; je neke vrste high-end za surround zvok.

6.3.4 THX SURROUND EX

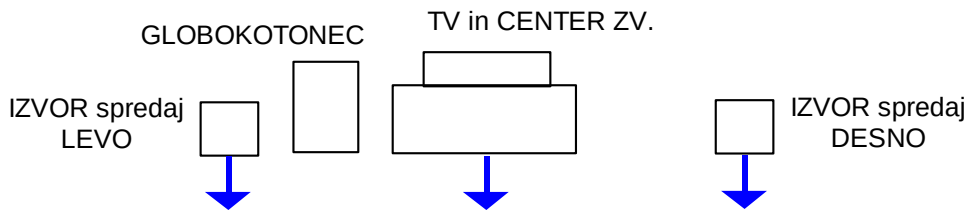
K šestim zvočnikom in šestim zvočnim kanalom so dodali še dva zvočnika zadaj in pripeljali nanju mono signal; dobimo osem zvočnikov in sedem signalov.



Slika 51: Razporeditev zvočnikov pri surround 5.1



Slika 52: Razporeditev zvočnikov pri surround 6.1



Slika 53: Razporeditev zvočnikov pri surround 7.1

7 NAPRAVE ZA SHRANJEVANJE ZVOČNEGA ZAPISA

Za zapisovanje in shranjevanje zvočnih signalov uporabljamo:

- mehanski analogni način (gramofon),
- digitalni (CD, DAT, MD, DCC, MP3...),
- magnetni (magnetofon, kasetofon...).

7.1 ANALOGNI GRAMOFON

Je eden najstarejših zapisov zvoka. Prvo takšno napravo je razvil Thomas A. Edison že leta 1877.

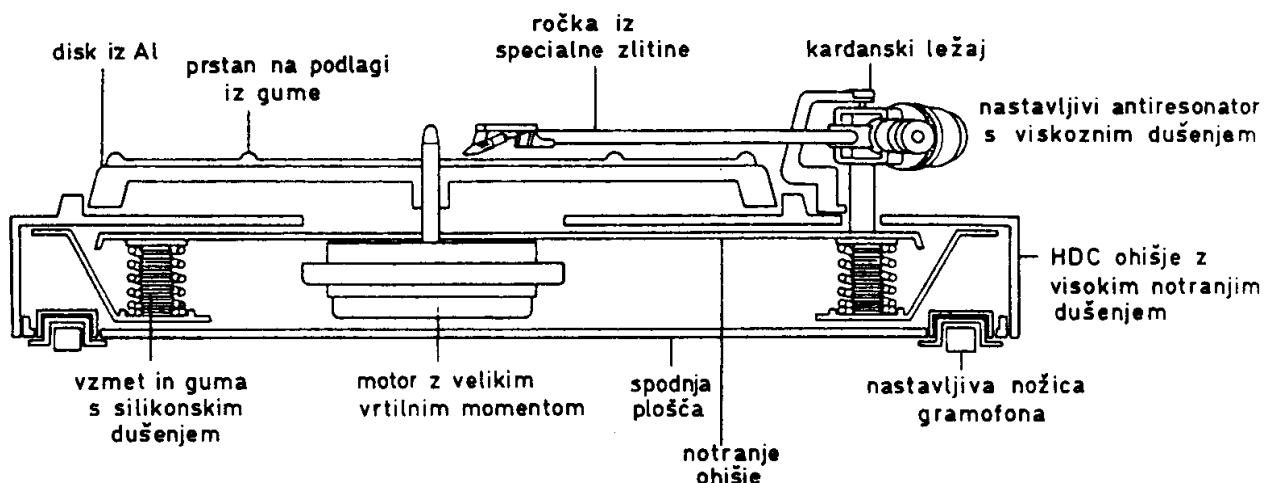
V gramofonsko vinilno ploščo zapišemo analogni signal v mehanski obliki (vrežemo brazdo - sled).

Signal odčitamo s pomočjo mehansko - električnega pretvornika, ki ga imenujemo gramofonska glava. Sestavni del gramofonske glave je igla, katera potuje po brazdi in niha. Nihanje je posledica razbrazdanosti sledi in ga pretvorimo v električni signal (piezoelektrični ali elektromagnetni način pretvorbe).

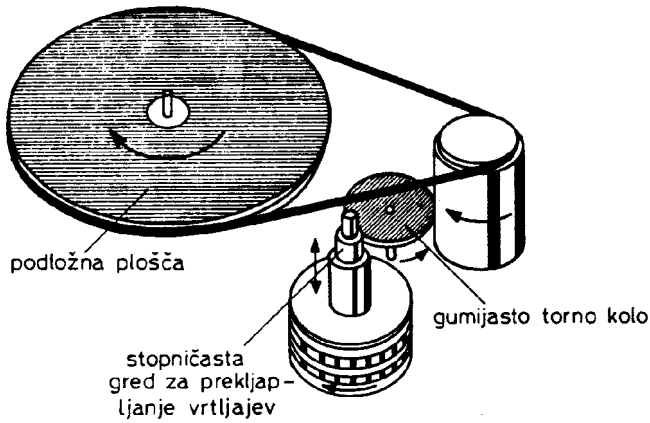
- Lastnosti gramofona:
 - frekvenčni razpon 20 Hz do 30 kHz,
 - popačenja pod 0,1 %,
 - razmerje signal / šum je večje od 60 dB.
- Glavni deli gramofona:
 - pogonski mehanizem,
 - ročica,
 - odjemnik zvoka - glava.

7.1.1 Pogonski mehanizem - delimo jih na tri različne pogone:

- pogon s tornim koleščkom,
- jermenski pogon,
- direktni pogon.



Slika 54: Gramofon z direktnim pogonom

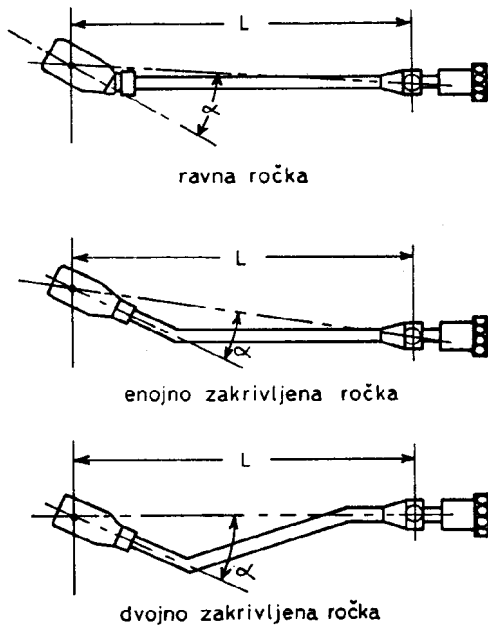


Slika 55: Gramofon z jermenastim pogonom

7.1.2 Ročica

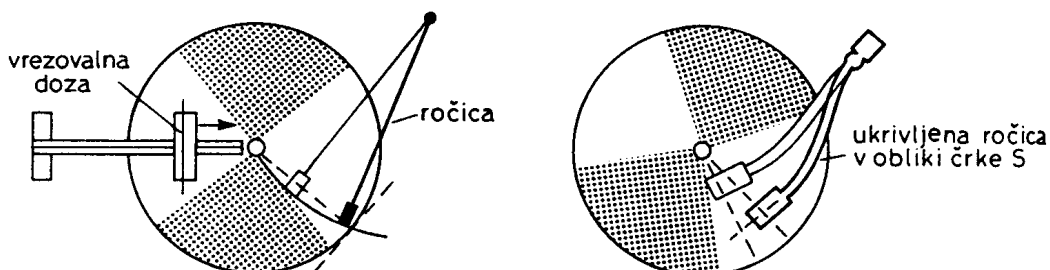
Ločimo:

- ravne,
- enojno zakrivljene,
- dvojno zakrivljene ročice.



Slika 56: Osnovna tipi gramofonskih ročk z označeno efektivno dolžino (L) in kompenzacijskim kotom

Z dvojno zakrivljeno ročico najbolj zmanjšamo napake pri odčitavanju (razlike med potjo vrezovalne in odjemne glave).



Slika 57: Vzrok napak pri odčitavanju in zmanjšanje napak zaradi namestitve ročice

7.1.3 Odjemnik zvoka - glava

Poznamo:

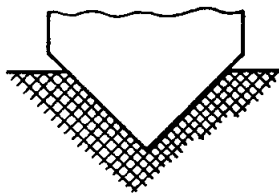
- odjemne glave,
- vrezovalne glave.

Za reprodukcijo se uporabljajo odjemne glave, ki delujejo na dveh principih:

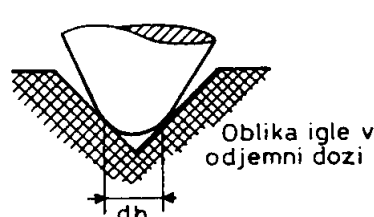
- piezoelektrični efekt (velika izhodna napetost - 0,2 - 0,3 V),
- elektromagnetni princip.

Za vrezovanje se uporabljajo glave, ki delujejo na dveh principih:

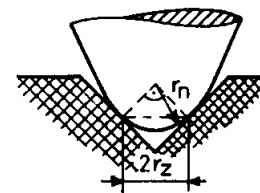
- elektrodinamični princip,
- elektromagnetni princip.



Slika 58: Oblika noža za rezanje

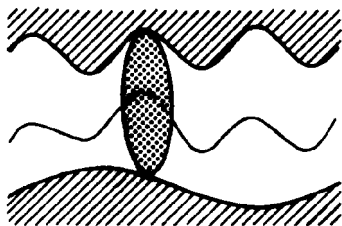


Slika 59: Oblika igle v brazdi plošče - ne sme do dna zarez
Oblika igle v odjemni dozi

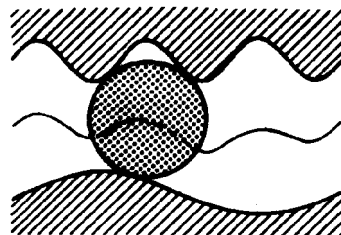


Ločimo še:

- eliptične igle,
- sferične igle.



Slika 60: Eliptična igla v zrezu gramofonske plošče.



Slika 61: Sferična igla v zrezu gramofonske plošče.

Očitno je, da eliptična igla lažje in natančneje sledi zamotani modulaciji zarez.

Kot je razvidno iz gornje slike, sta levi in desni kanal stereo signala vrezana vsak na svojo stran brazde.

7.1.4 Proizvodnja gramofonskih plošč

Sestoji iz:

- snemanja zvoka
- rezanja brazde
- galvanoplastične izdelave matrice in
- prešanja plošč.

7.2 SNEMANJE IN REPRODUKCIJA SIGNALA S POMOČJO MAGNETNEGA TRAKU

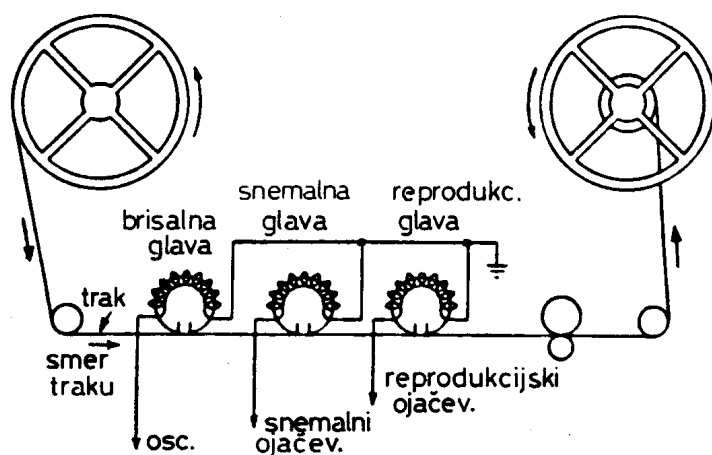
Magnetno snemanje je postopen proces pretvarjanja zvočnih pojavov v električne in nato v magnetne. Pri reprodukciji zvoka je proces obrnjen; magnetni zapis se pretvarja v električne signale, ki se nato pretvorijo v zvok.

Pri današnjih profesionalnih magnetofonih so dosegli že zelo veliko kakovost. Pri kasetnih magnetofonih (kasetofonih) je bilo potrebno upoštevati nekatere kompromise glede njihove široke uporabe. Z omejitvijo dimenzij kaset, omejeno širino sledi za večsledne zapise, omejitvijo hitrosti in podobno, ni bilo mogoče doseči tiste kakovosti, ki jo nudi profesionalni magnetofon na kolute.

Proces zapisovanja in nato poslušanja razdelimo na tri osnovne procese:

- snemanje
- reprodukcija
- brisanje.

Kasetni magnetofonski trak drsi mimo brisalne, snemalne in reprodukcijske glave.



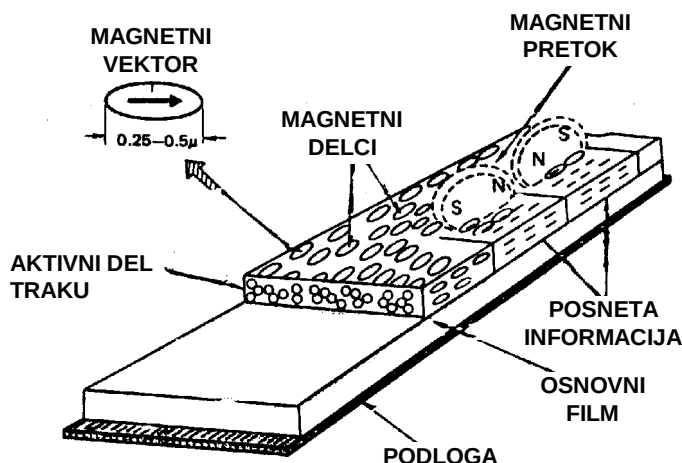
Slika 62: Prikaz gibanja traku

Na brisalni glavi se trak izbriše, tako da pride na snemalno glavo "čist". Tu se nanj posname želeni tonski signal, ki ga nekaj trenutkov za tem slišimo s pomočjo reprodukcijske glave. S poslušanjem tonskega signala na reprodukcijski glavi ugotovljamo, če je nivo snemalnega signala pravilno nastavljen.

Pri kasetnih magnetofonih se običajno uporabljajo kombinirane snemalnoreprodukcijske glave, ki opravljajo obe funkciji.

7.2.1 Magnetni trakovi

Magnetofonski trak je zelo tanka folija, sestavljena iz osnovne plasti (poliestrski material), na katero je nanešena snov, ki ima trdnomagnetne lastnosti. Ta nanos, ki je tanjši od osnovne plasti, je zmes ene ali več snovi. Zmes (droben prah) je na trak vezan s posebnim lepilom. Za kakovost posnetka je zelo važno, da so delci nanosa enakomerno nanešeni ter da je debelina traku konstantna. Jakost fluksa v traku je odvisna od prileganja traku na glavo oziroma od oddaljenosti feromagnetnega delca od površine glave.

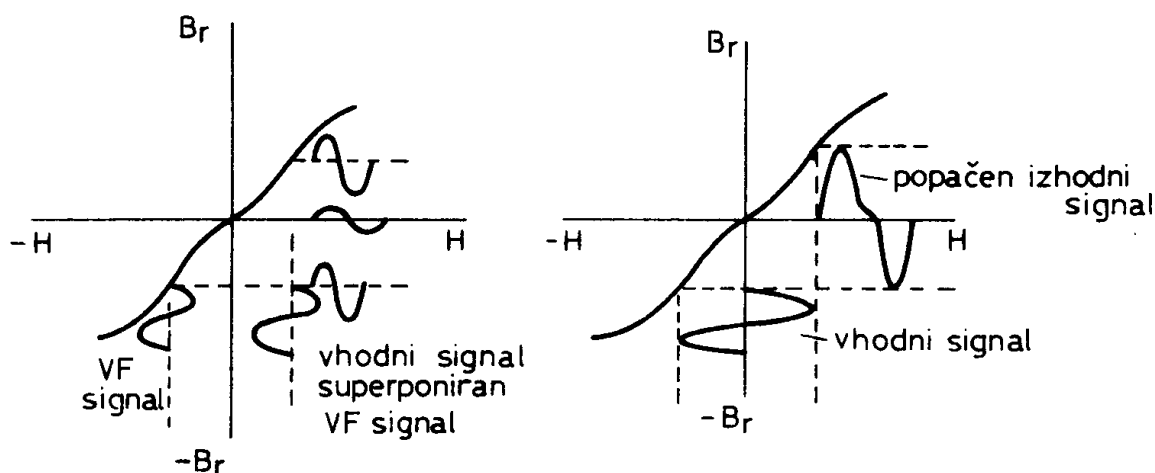


Slika 63: Konstrukcija magnetnega traku

7.2.2 Snemanje

Snemanje je proces, pri katerem s snemalno glavo zapišemo določen signal na kasetni trak. V procesu snemanja se nizkofrekvenčni signal vodi na snemalno glavo. Magnetni trak se premika pred snemalno glavo s stalno hitrostjo. Nizkofrekvenčni signal ustvarja v reži snemalne glave magnetno polje, ki magneti magnetne elemente traku tako, da magnetni dipoli ostanejo trajno magnetni, oziroma je v njih shranjena informacija, ki jo s seboj nosi nizkofrekvenčni signal. Zaradi nelinearnosti dinamične histerezne karakteristike moramo poiskati na njej raven del, da bi bil reproducirani signal enak snemanemu. To premaknitev delovne točke dosežemo z visokofrekvenčnim predmagnetizacijskim signalom, na katerega je superponiran naš signal, ki ga želimo posneti. Če bi snemali brez te premaknitve, bi dobili popačen signal, kajti snemali bi na kolenu dinamične magnetne karakteristike. Včasih so uporabljali enosmerno predmagnetizacijo, vendar je ta pokazala velike pomanjkljivosti (majhno dinamiko, preveliko razmerje S/Š in dodatni šum, ko ni signala).

Pri dobrih kasetnih magnetofonih je frekvenca predmagnetizacije okrog 100 kHz (nekateri imajo možnost spreminjanja le te - BIAS).

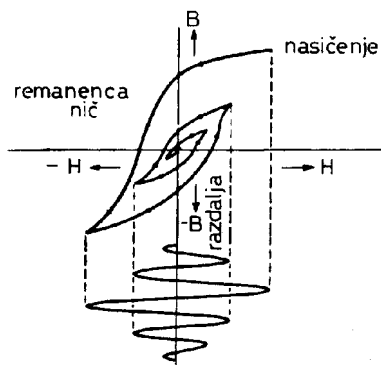


Slika 64: Snemanje z VF predmagnetizacijo b) Snemanje brez predmagnetizacije

7.2.3 Brisanje

Za demagnetizacijo magnetofonskega traku potrebujemo magnetni fluks v reži.

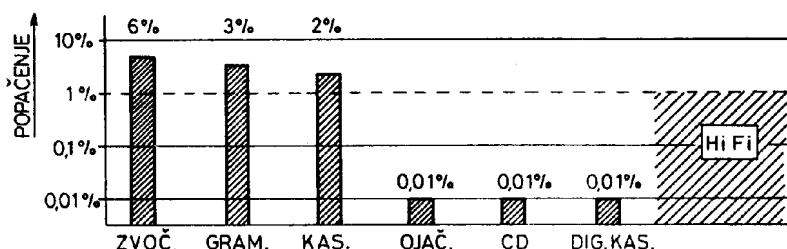
Nastavimo amplitudo izmeničnega toka, ki teče skozi navitje brisalne glave, in sicer tolikšno, da ta povzroča magnetno gostoto nasičenja na traku. Nato amplitudo izmeničnega toka manjšamo proti ničli.



Slika 65: Brisanje z VF signalom

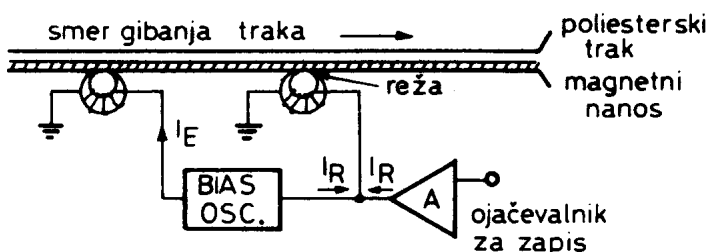
Popačenje se zvišuje z večanjem nivoja snemanja. S povečanjem nivoja snemanja se je zmanjšala tudi frekvenčna širina karakteristike.

Kolikšen je doprinos magnetofona pri popačenju celotne Hi-Fi linije, nam prikazuje naslednja slika. Opazna je tudi velika razlika v popačenju med analognim in digitalnim kasetofonom.

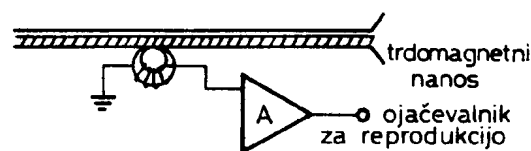


Slika 66: Doprinos magnetofona pri popačenju celotne Hi-Fi linije

Naslednja slika prikazuje poenostavljen sistem za zapis na magnetofonski trak. Tok za brisanje in bias tok (I_E in I_B) sta konstantne amplitude, generirana z bias oscilatorjem. Frekvenca je med 50 kHz in 200 kHz. Na glavi za brisanje se pojavi napetost reda 30 V do 150 V.



Slika 67: Poenostavljen sistem za zapis na magnetofonski trak



Slika 68: Poenostavljen sistem za reprodukcijo iz magnetofonskega traku

Čas snemanja in reprodukcije je pogojen z dolžino traku kasete. Tako delimo kasete na C 45, C 60, C 120, C 180, pri čemer številka označuje čas igranja v minutah na obeh straneh. Večina kaset je danes za 60, 90 in 120 minut. Debelina traku je odvisna od dolžine traku v kaseti. Čim daljši je trak, tem tanjša je debelina traku, zato se trakovi lažje pretrgajo.

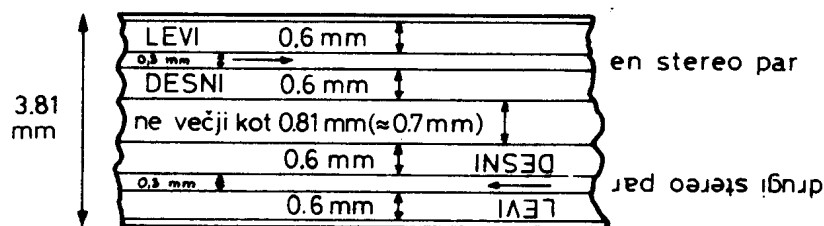
	C 60	C 90	C 120
nosilni material (μm)	11 - 12	8	6
debelina nanosa (μm)	5 - 6	3 - 5	3
natezna trdnost (N)	19	11	≈ 8
raztezanje pri 2N	1%	1,5%	2%

Slika 69: Debelina traku pri različnih dolžinah traku v kaseti

Na zadnji strani kasete (na vrhu) je oznaka (različno število lukenj), s katero se krmili stikalo, tako da dosežemo ustrezno predmagnetizacijo in popravljen frekvenčni potek za ustrezeni trak (Fe, Cr, Fe-Cr) ter jeziček za preprečevanje ponovnega snemanja (in tudi brisanja traku).

7.2.4 Snemanje na kompaktnih kasetah

Magnetofonski trak v kaseti je širok 3,81 mm in nanj zapišemo štiri sledi za stereo in dve za mono. Polovica širine pride na en stereo par, polovica pa na drugega.



Slika 70: Prikaz sledi na kaseti

Širina enega kanala je 0,6 mm, med obema kanaloma je 0,3 mm. Pri snemanju z mono glavo pa je širina malo večja kot dvakratna širina enega stereo kanala. Zaradi tega pri poslušanju stereo zapisa z mono glavo poslušamo oba kanala hkrati.

7.2.5 Sistemi za redukcijo šuma

Kakovost zvoka lahko ocenjujemo na dva načina;

- kot subjektivno oceno kakovosti in
- kot tehnično oceno kakovosti zvoka.

Oceno tehnične kakovosti zvoka določamo na osnovi treh tehničnih parametrov:

- frekvenčne karakteristike
- popačenja
- razmerja signal : šum (S/N) zvoka.

Tehnično kakovost zvoka omejuje:

- hitrost gibanja magnetnega traku prek tonske glave,
- magnetofizične lastnosti tonske glave in
- magnetofizične lastnosti traku.

7.2.5.1 Tehnična kakovost zvoka pri kolutnih magnetofonih

Pri kolutnih magnetofonih je, zahvaljujoč velikim hitrostim snemanja, kakovost zvoka dobra (hitrost traku 19 cm/s).

Imamo možnost znižati hitrost na 9,5 cm/s, s čimer dosežemo dvakratni prihranek dolžine traku na škodo zožitve frekvenčne karakteristike pri visokih frekvencah in slabšanja razmerja S/N.

Še večji prihranek traku dosežemo pri hitrosti 4,75 cm/s, ampak sedaj se kakovost posnetka naglo poslabša. Frekvenčna širina je za govor popolnoma zadovoljiva.

7.2.5.2 Tehnična kakovost zvoka pri kasetofonih

Hitrost gibanja traku je v kasetofonih le skromnih 4,75 cm/s. Za kakovosten zvok iz kasetofona morajo konstruktorji kasetofonov obvladati mnogo zahtevnih tehničnih prijemov, kot so Dolby in drugi.

7.2.5.3 Tehnična kakovost zvoka pri videorekorderjih

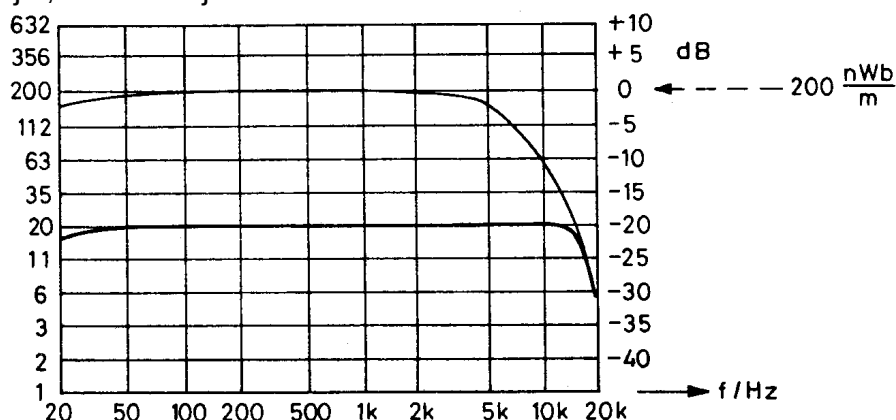
Pri videorekorderjih naletimo na še večje probleme pri konstrukciji kakovostne naprave z vidika dobrega zvoka. Ko vidimo, da je hitrost traku le še borih 2 cm/s. Konstruktorji so našli rešitev z novimi tehničnimi prijemi, kot so rotirajoče tonske glave.

7.2.6 Parametri zvoka

7.2.6.1 Frekvenčna karakteristika

Pri majhnih močeh signala ima vsak kasetofon dovolj široko in konstantno frekvenčno karakteristiko, ki je pri najboljših modelih od 20 Hz - 20 kHz, pri modelih komercialnega razreda pa najmanj od 30 Hz - 15 kHz.

Slika prikazuje frekvenčno karakteristiko kasetofona po ameriških standardih, medtem ko so DIN norme malce tolerantnejše in izgleda frekvenčna karakteristika, izražena v njih, vedno boljša.



Slika 71: frekvenčna karakteristika v odvisnosti od nivoja snemanja

Tako sijajen rezultat (20 - 17000 Hz) dosežemo pri nivoju snemanja -20 dB.

7.2.6.2 Popačenje

Do popačenja pride zaradi zasičenosti magnetnega traku oziroma zaradi nelinearnosti histerezne zanke traku.

Dolby

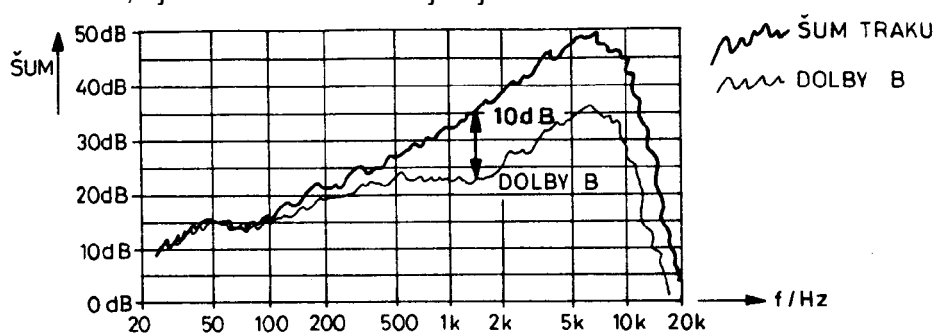
Dolby nam izboljšuje kvaliteto snemanja avdio signala na magnetni medij. V bistvu nam dolby zmanjša amplitudo šumne napetosti. To naredi na naslednji način:

- ob snemanju moramo imeti vklopljen dolby, če ga hočemo uporabljati ob predvajanju
- dejansko nam šumne napetosti ne more znižati, saj je šumna napetost po vsem frekvenčnem spektru konstantna
- dolby nam ojača napetosti uporabnih frekvenc, in nam takšne ojačane posname na magnetni medij- ob tem se amplituda šumne napetosti ohranja
- pri reprodukciji nam dolby zmanjša vse signale in s tem seveda tudi šum; za enak koeficient, kot je prej ojačal samo uporabni signal.

Dolby B

Dolby B je najkomercialnejši sistem, ki ga že več kot 20 let vgrajujejo v kasetofone po celem svetu.

Dolby B popravi razmerje S/N za okrog 10 dB, vendar samo na področju visokih frekvenc, kjer nas šum tudi najbolj moti.



Slika 72: Znižanje šuma traku po Dolby B postopku

V primerjavi z Dolby B sistemom je v Dolby A sistemu uporabljen zahtevnejši princip. Z Dolby A sistemom dosežemo izboljšanje razmerja signal/šum že od frekvence 30 Hz dalje.

Dolby-S

Razvit je bil na osnovi nadaljnjih raziskav in optimizacij sistemov za zmanjševanje šumov. Kot tudi dolby-C deluje dolby-S kot dvostopenjska naprava; ena visoka in ena nizka stopnja za izboljšavo. Prva vsebuje 3 signalne kompresorje, druga pa 2. Specialna kombinacija iz statičnih in dinamičnih filtrov skrbi v uporabi s specialno modulatorsko kontrolo za optimalno slabljenje motilnih signalov kompresorjev. Tako obdelan signal je potrebno še posneti. Pri reprodukciji bomo komprimirane tonske signale skalirali in s tem skaliramo tudi šumno napetost. Kot rezultat dolby-S dobimo izboljšano razmerje signal/šum. Pri profesionalnih napravah se izboljša dinamika v nizkotonskem področju za 10dB.

Dolby HX Pro

Dolby HX Pro nam avtomatsko prilagodi frekvenco predmagnetizacije in s tem izboljša amplitudo posnetih visokih frekvenc. Iz tega sledi: dušenje šumne napetosti in več dinamike! Kasete posnete z dolby HX-Pro se lahko predvajajo na kateremkoli kasetofonu in izboljšava kvalitete se ohranja.

Dolby FM

V nekaterih državah so pričeli emitirati UKV stereo signal, kompresiran po Dolby sistemu, da bi s tem izboljšali razmerje S/N in s tem dinamiko prenosnega kanala.

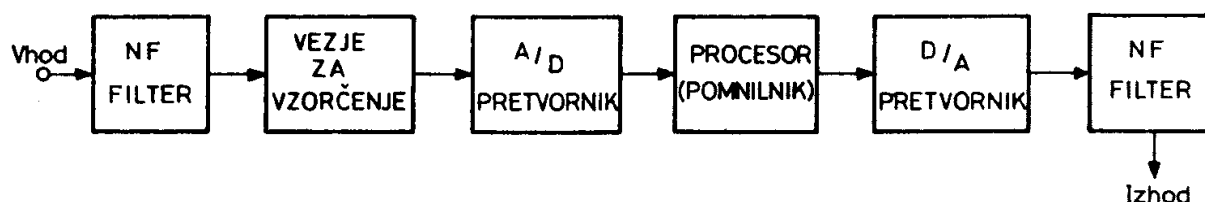
7.3 LASERSKI GRAMOFON (CD) IN DIGITALNI MAGNETOFON (DAT)

Za zapis, procesiranje in prenos avdio signalov so vse do sedemdesetih let tega stoletja uporabljali analogne sisteme. Zapis avdio signala je danes že zelo visoke kakovosti, toda medij (gramofonska plošča ali magnetofonski trak) s časom spremeni lastnost zapisa; zapis pa lahko uničimo tudi z nepazljivo uporabo in reprodukcijo.

Dober način, da se temu izognemo, je prav digitalen zapis zvoka. Osnova digitalnega zapisa je binarni kod, ki ima dve stanji.

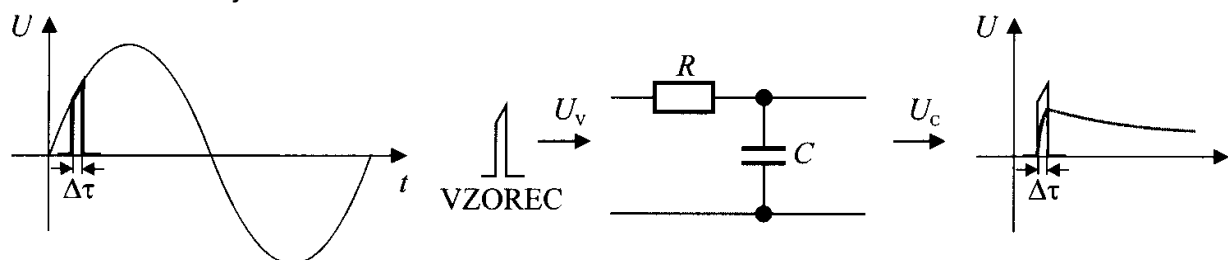
7.3.1 Digitalizacija zvoka

Digitalizacija zvoka temelji na principu pretvorbe analognega signala v digitalnega. Možnih je več načinov, vendar je najboljši način linearna PCM (Pulse Code Modulation - Impulzno kodna modulacija). Pri obliki PCM obstaja pet različnih delov: analogni vhod, analogno/digitalna pretvorba (konverzija - A/D), digitalno procesiranje ali pomnjenje, digitalno/analogna pretvorba (konverzija - D/A), analogni izhod. Postopek digitalizacije sestoji iz vzorčenja (diskretiziranja zveznega vhodnega signala po času), kvantizacije (diskretiziranje po amplitudi) in s predstavitvijo vsake nastale vrednosti po določenih postopkih (kodiranje).



Slika 73: Blokovna shema PCM sistema

7.3.1.1 Vzorčenje



Slika 74: Prikaz vzorčenja

Tipična vzorčna frekvenca pri tonskih napravah je 44,1 kHz. 44100 krat v sekundi (na vsakih $20 \mu\text{s}$) vzamemo vzorec analognega signala. Vrednost vzorca shranimo v spominski element - kondenzator.

7.3.1.2 A/D pretvornik

V A/D pretvorniku poteka postopek v naslednjih korakih:

- kvantizacija (vzorci analognega signala (44100 krat v sekundi) primerja z digitalno vrednostjo);
- kodiranje (kodiramo z 16 biti - vsakemu kvantu določimo digitalno vrednost).

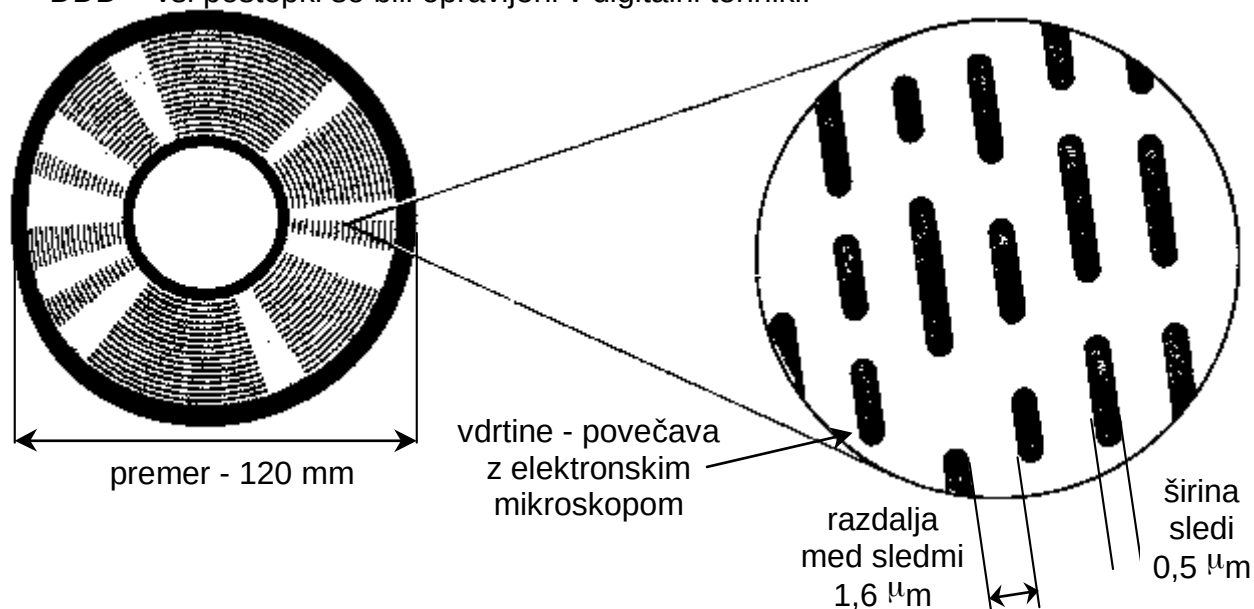
7.3.2 ZAPISOVANJE DIGITALNEGA ZVOKA

Z zapisovanjem spreminjamo stanje sredstva (medija), na katerega shranjujemo informacijo. Sprememba je optična. Z laserjem naredimo vdolbino v odbojno kovinsko plast (globoko $0,1\mu\text{m}$, široko $0,5\mu\text{m}$ in dolgo $0,8$ do $4,6\mu\text{m}$) - v odvisnosti od digitalno zakodiranega signala. Hitrost vrtenja plošče je 200 do 500 vrtljajev na minuto. Sled je zapisana v obliki spirale z začetkom v sredini in potuje navzven.

7.3.3 DIGITALNA (CD) PLOŠČA - ZGOŠČENKA

Podjetji Sony in Philips sta razvili optični sistem, s pomočjo katerega lahko digitalni tonski signal zapišemo na ustrezni disk in kasneje po želji preberemo (predvajamo). Tak sistem omogoča snemanje in reprodukcijo dvokanalnega (stereo) signala, kvantiziranega s 16 biti, na disk premera 12 cm. Konec 1982. leta je bila vpeljana standardizacija za optično snemanje in predvajanje digitalnega signala. Nosilec takšnega signala je dobil ime "Compact Disc Digital Audio" (CDDA ali CD). Poznamo tri vrste CD plošč:

- AAD = glasba je bila posneta na analogni magnetofon, analogno mešana in rezana ter shranjena v digitalni obliki
- ADD = analogni posnetek, digitalno mešanje in rezanje, digitalno shranjena
- DDD = vsi postopki so bili opravljeni v digitalni tehniki.

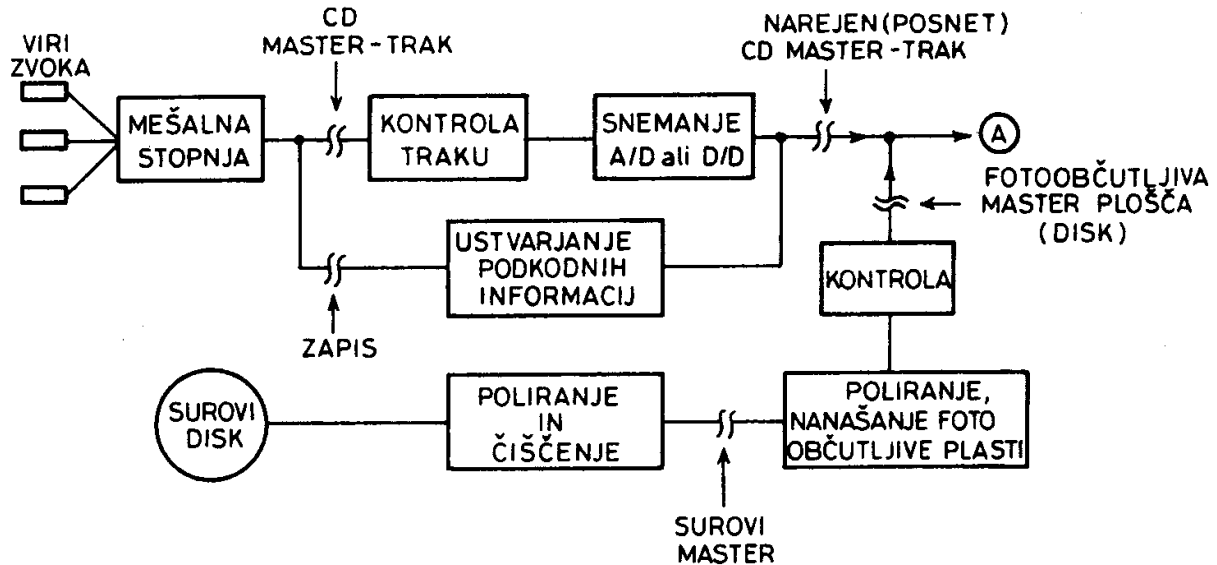


Slika 75: CD plošča

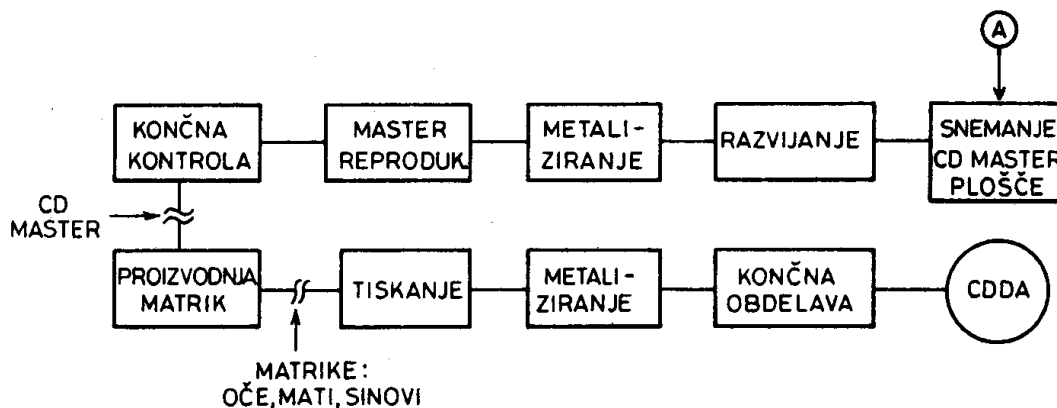
7.3.4 PRIPRAVA, SNEMANJE IN PROIZVODNJA

Proizvodno verigo za pridobitev CD plošče lahko razdelimo na naslednje stopnje:

- proizvodni program: originalni zvok se posname na master trak;
- CD-master trak;
- CD master plošča;
- izdelava matrik in kopiranje.



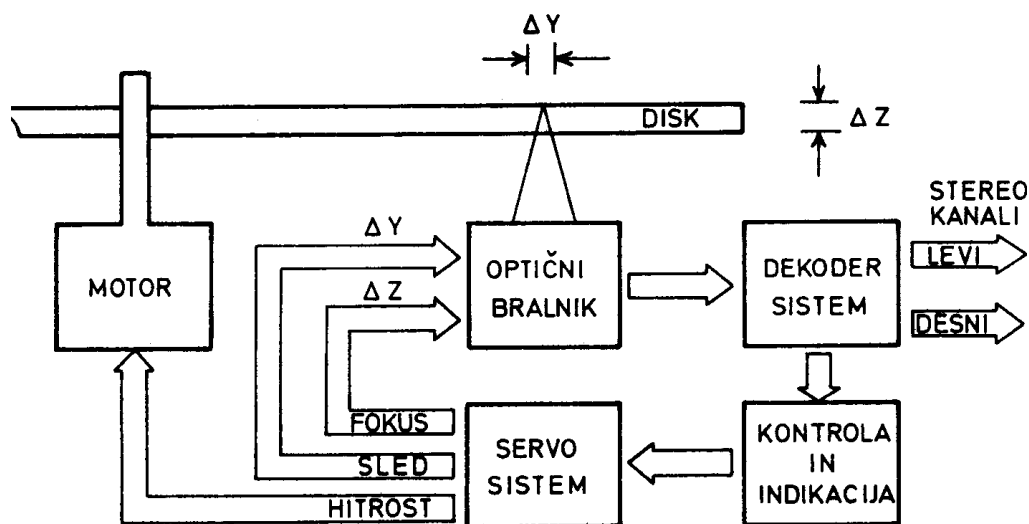
Slika 76: Proizvodni program - izdelava CD - master traka



Slika 77: Proizvodni program - izdelava matrik in kopiranje CD plošč

7.3.5 Optični sistem CDDA (compact disc digital audio)

Pri predvajanju postavimo disk na majhen krožnik z licem navzdol, od koder ga osvetljujemo z laserskim žarkom in beremo informacijo. Po branju (odčitaniu) digitalni signal vodimo na sistem za dekodiranje, kjer ga razdelimo na avdiosignal in kontrolni signal ali signal za indikacijo. Avdiosignal se v D/A pretvorniku pretvarja v analognega in vodi naprej na izhod. Signal servokontrole poskrbi za konstantno linearno hitrost odčitavanja, za optični bralnik, da bo laserski žarek vedno natančno usmerjen (fokusiran) na kovinsko površino diska.



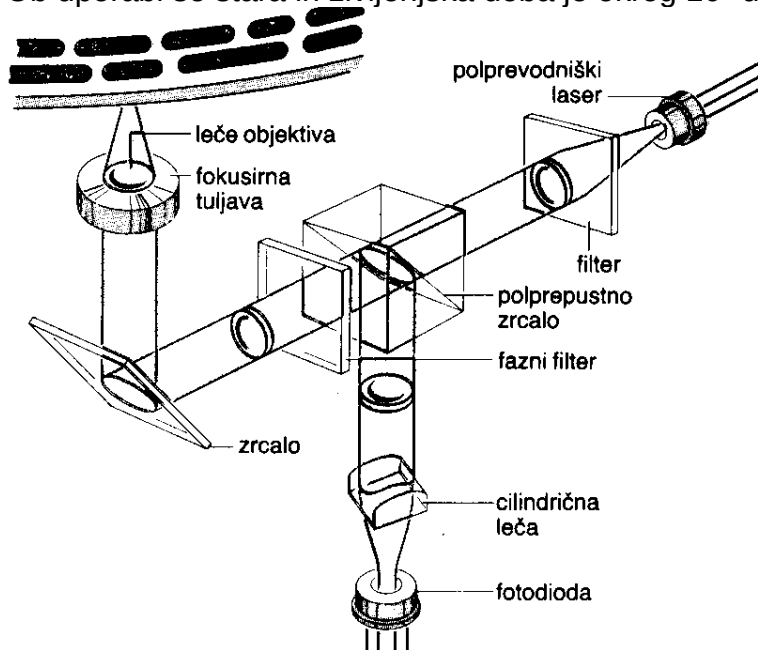
Slika 78: Blokovna shema CD gramofona

7.3.5.1 Optični bralnik

Optični bralnik je nameščen v cevki, ki jo servokontrolirana ročica pelje radialno po disku od znotraj navzven. Na dnu cevke se nahaja laser. Laserski žarek gre skozi polprepustno prizmo, kolimatsko lečo in servokrmiljeni objektiv, ki fokusira žarek na kovinsko površino diska. Če žarek vpade med dve vdolbini (pits) na disku, bo reflektiran (kar pomeni logično enko); če pa vpade v vdolbino, se razprši, bo reflektirana zaradi difrakcije svetlobe majhna energija svetlobe (to pomeni logično ničlo). Ob vrnitvi reflektirajoči žarek zadene na polprepustno prizmo, ki ga usmerja proti fotodetektorju. Sprejete variacije intenzitete svetlobe fotodetektor pretvarja v električni signal in pošilja naprej na obdelavo.

Laser zahteva majhno napajalno napetost (2 - 3V).

Ob uporabi se stara in življenjska doba je okrog 10^4 ur pri 30°C .



Slika 79: Optični bralnik

Kodirane informacije, vpisane na disk, so zaščitene s plastjo plastike, pri čemer so neobčutljive pred nepazljivo uporabo in prahom.

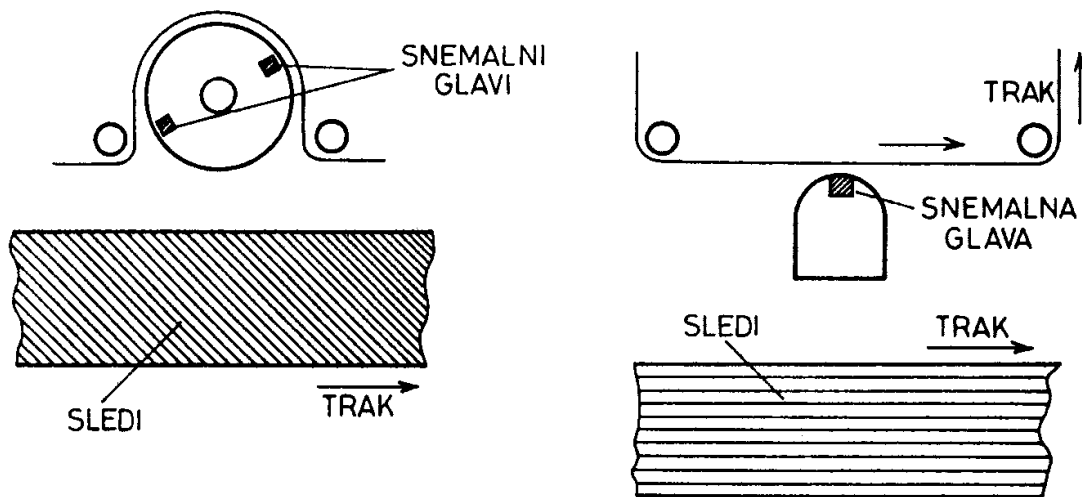
7.3.6 DIGITAL AUDIO TAPE (DAT)

DAT prav tako kot CD na osnovi digitalne tehnike shranjuje zvok, in sicer brez šumov, ki so sicer prisotni na standardnih ploščah in trakovih. Ima nekaj prednosti pred CD-jem. DAT kasete so glede na kapaciteto precej manjše od CDja, saj lahko shranimo na 60 m traku dve uri glasbe. Prav tako je informacija posneta na cenejšem traku.

Blokirano je direktno kopiranje iz CD-ja na ta način, da se pri obeh sistemih razlikujejo frekvence vzorčenja (DAT - 48 kHz, CD - 44,1 kHz).

Pri snemanju iz CD na DAT je potrebno signal najprej pretvoriti iz digitalnega v analognega in potem zopet nazaj v digitalnega. Pri tem kakovost nujno pade, ker bi pri teh pretvorbah nastali določeni šumi. Razvili so dva načina digitalnega shranjevanja glasbe na trak:

- R - DAT (digitalni zvočni trak z rotirajočo glavo);
- S - DAT (digitalni zvočni trak s stacionarno glavo).



Slika 80: Zgradbo R - DAT (levo) in S - DAT ter način zapisa digitalne informacije

Pri R-DAT sistemu snema glava podatke diagonalno z 2,46 Mb/s, medtem ko teče mimo glave magnetni trak. Relativna hitrost glave glede na trak znaša 3,13 m/s, medtem ko je absolutna hitrost traku samo 8,15 mm/s; to je manj kot 2% glede na običajne trakove. Iz tega sledi, da je za dve uri glasbe potrebno le 60 m traku, ki je širok samo 3,81 mm. Pri tem je sled signala široka samo 13,6 μ m, kar je približno desetina širine človeškega lasu. Dolžina ene sledi je 23,5 mm. Gostota zapisa je 17 Mb/cm². Obstajata sistema z dvema ali štirimi glavami, ki so nameščene na nosilcu s premerom 30 mm.

R-DAT sistem uporablja ATF-princip (automatic track finding). Pri tem sistemu je sled razdeljena na frekvenčne pakete, ki označujejo različne signale, kot so pilot signal, signal za sinhronizacijo, servo signal in ostale informacije, ki so potrebne.

Pri S-DAT sistemu pa glava miruje in se trak giblje mimo nje. Mirujoča glava bere podatke z 22-ih vzporednih sledi. Od tega je dvajset sledi za podatke, dve pa sta pomožni. Širina sledi je 65 μ m, razdalja med njima pa znaša 15 μ m. Hitrost traku znaša 4,76 cm/s, pri gostoti informacij 2500 bit/mm².

7.3.6.1 Snemanje:

Oba analogna signala prideta na A/D pretvornik. Tu se pretvorita v digitalna signala. V multiplexerju se združita in se razdelita na 20 kanalov. V koderju in EEC (Error Correction Code) se signali kodirajo in odpravijo se napake. Potem se shranijo na kasete.

7.3.6.2 Predvajanje:

Tu je treba signal analogno ojačiti, zato ga je treba najprej demodulirati, dekodirati in odpraviti napake. Če se pojavi nepopravljiva napaka, se vodi signal na stopnjo, ki ga popravi z interpolacijo prve stopnje. Potem pride signal na D/A pretvornik, ki spremeni digitalni signal v analognega. Tega vodimo skozi filter, ki odstrani vse neželene frekvence.

7.4 MINI DISC (MD)

MD je nosilec informacije, ki je na zunanji pogled podoben disketi. Kot disketa, ima tudi MD v varnostnem ohišju poseben disk oz. plošček, na katerega se zapisujejo informacije. Te so zapisane na enak način kot na CD plošči, se pravi digitalno. MD je torej optični disk, način zapisa pa je magneten. SONY je način zapisovanja poimenoval magnetno-optična modulacija (Magnetic Optical Modulation). Laser v MD-recorderju segreje optični disk (180° C) in s tem razmagnetni magnetno plast Mini Disca. Nato MD-recorder na razmagneteno plast deluje z magnetnim sevanjem. Le-to se odzove na avdio signale, ki prihajajo iz priključenega izvira zvočnega signala.

Posnamemo do 74 minut glasbe (na voljo 60 in 74 min). Dimenzije: 70 x 67,5 x 5 mm.

Ima poseben način shranjevanja glasbe na majhen optični disk (ATRAC). Ta sistem na ploščo zapiše le tiste zvoke oz. frekvence, ki so človeškemu ušesu slišne. Vsi ostali zvoki se nanj ne zapišejo. Prav tako bo MDrecorder zbrisal tudi vse tiste zvoke, ki sicer so v frekvenčnem območju naše slišnosti, vendar jih preglasijo drugi zvoki.

Snemamo lahko tudi v MONO tehniki - dolžina snemanja se podvoji (primerno za novinarje).

Vse informacije o posnetkih na MD-ju so zapisane na področju imenovanem User TOC Area (TOC- Table Of Contents). Zapišemo še lahko podatke o izvajalcu..., kateri pa se ob predvajanju izpišejo na zaslonu. Omogoča še nam obdelavo posnetkov (lahko režemo, povezujemo, označujemo, brišemo posamezne dele posnetka, poljubno lahko spreminjamo tudi zaporedje pesmi).

7.5 DIGITAL COMPACT CASSETTE (DCC)

DCC je medij, na katerega shranjujemo tonsko informacijo v digitalni obliki CD kvalitete.

- Zunanja oblika je standardizirana enake velikosti kot analogna kaset.
- DCC komponenta je zmožna predvajati analogne kasete - je kompatibilna z analognimi kasetami.
- DCC kasete ima vrata - podobno kot pri kaseti od videorekorderja.
- 'Autoreverz' - predvajanje v obe smeri je standardizirano.
- DCC komponenta omogoča hiter dostop.
- DCC kasete omogočajo večkratno presnemavanje in predvajanje.
- DCC omogoča vzorčenje naslednjih frekvenc: 32kHz, 44.1kHz ali 48kHz.
- Resolucija vzorčenja DCC je 18-bitna (CD ima 14 ali 16 bitno).
- DCC komponenta ima digitalni optični vhod in izhod.
- DCC uporablja PASC (Precision Adaptive Sub-band Coding) kodiranje.
- DCC komponenta ima vgrajena filtra Dolby B in Dolby C, ki ju lahko uporabljamo pri predvajanju analognih kaset.

7.6 Shranjevanje zvoka v računalnik

V računalniku lahko shranimo zvok v enaki obliki kot na CD ploščah; datoteke imajo obliko *.WAV (problem nastopi zaradi zasedanja velike količine prostora - okrog 10MB za 1 minuto glasbe).

Nekateri programi uporabljajo svojo obliko kodiranja zvoka (programi za oblikovanje slike, ki vsebujejo zvok). Pri vseh teh programih zasedemo bistveno manj prostora, vendar je zvok slabše kvalitete.

Danes je najbolj razširjena oblika shranjevanja zvoka v računalnikih kodiranje po postopku MPEG. Bistvo tega kodiranja je v vzorčenju, saj zapisujemo le spremembe od prejšnjega vzorca. Te datoteke so krajše od *.WAV za faktor 4 - 20 in imajo končnico *.MP3. Razširile so se predvsem zaradi prenosa glasbe preko internet omrežja, pri kvaliteti pa ne zaostajajo bistveno za CD-jem.

7.7 MP3 predvajalniki

Z razširitvijo formata MP3 je podjetje DIAMOND izdelalo predvajalnik RIO PMP300. Nima izmenljivega medija za shranjevanje zvoka, ampak posnamemo zvok preko računalnika na RAM pomnilnik.

7.8 PRIMERJAVA med analognimi in digitalnimi sistemi

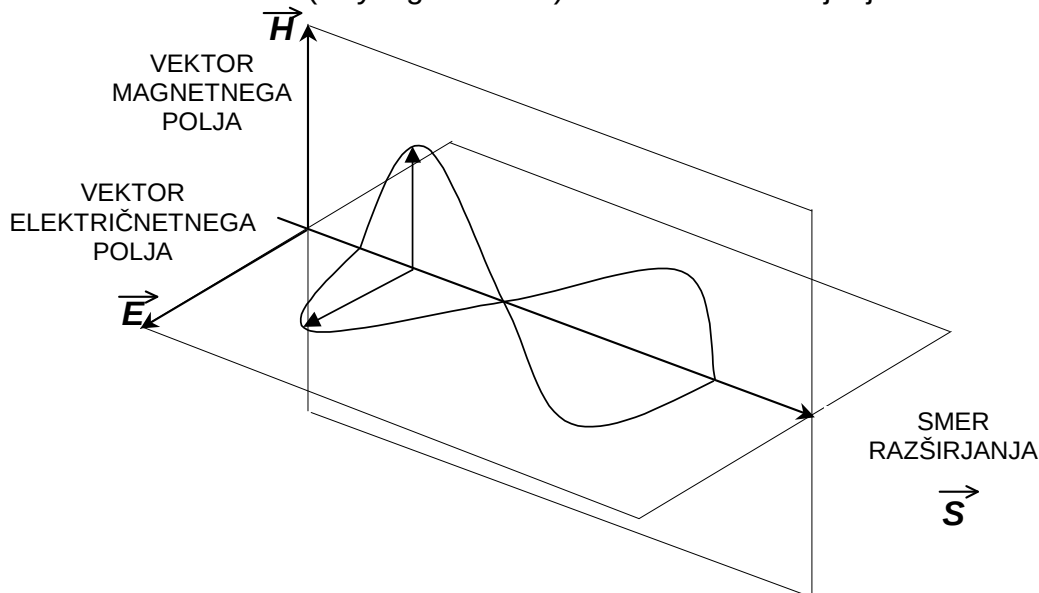
- Razmerje signal/šum - pri gramofonski plošči in magnetofonskem traku okrog 50 - 60 dB, medtem ko je pri digitalnih sistemih (16-bitni) okrog 96 dB. Dinamika reprodukcije je pri analognih sistemih veličina, na katero ne moremo vplivati, pri digitalnih sistemih pa nanjo lahko vplivamo.
- Trajnost - gramofonska plošča in tonski zapis na magnetofonskem traku omogoča predvajanje po določenem času (idealno po neskončnem času). Analogni tonski zapis, shranjen na plošči ali traku, je zelo občutljiv na zunanje mehanske in toplotne vplive, prah in podobno. S številom poslušanj upada kakovost predvajanja, in v primeru slabe kakovosti pride do efekta demagnetizacije in presluha. Digitalni zapisi so veliko manj občutljivi, predvsem zaradi zapisa enic in ničel (1 in 0). Zapise lahko neskončnokrat reproduciramo brez izgube tonske informacije; tudi pri presnemavanju je kakovost posnetka enaka.
- Kompatibilnost - dodatna prednost digitalnega sistema je v kompatibilnosti.
- Kakovost traku, plošče, napajalne napetosti v razumnih mejah ne bo vplivala na kakovost digitalnega zapisa. Analogni sistemi so glede tega bolj občutljivi (na primer sloj prahu).

8 RAZŠIRJANJE ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA

Izmenično elektromagnetno polje, ki se razširja v prostoru, imenujemo elektromagnetno valovanje.

Elektromagnetno polje je sestavljeno iz dveh med seboj povezanih polj: električnega in magnetnega.

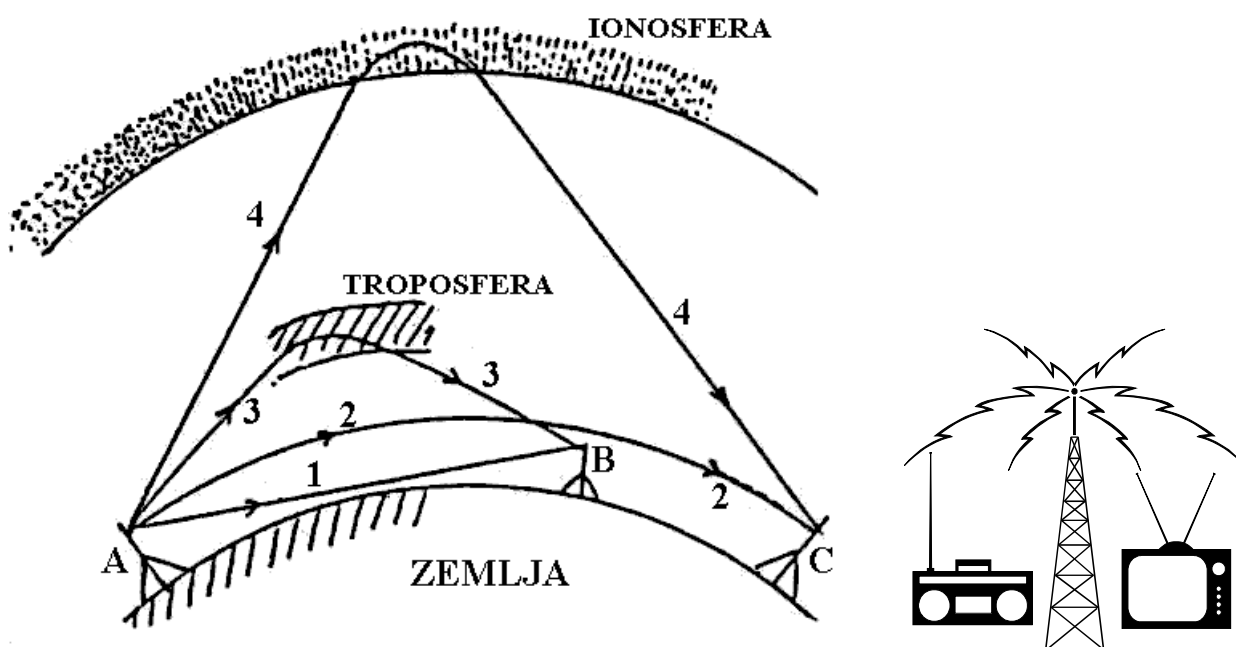
Vektorski produkt vektorjev električne poljske jakosti \vec{E} in magnetne poljske jakosti \vec{H} nam da nov vektor \vec{S} (Poytingov vektor) ki ima smer razširjanja.



Slika 81: Povezava električnega in magnetnega polja

Teoretično se elektromagnetno valovanje razširja s svetlobno hitrostjo (velja za prazen prostor).

Na razširjanje valovanja vpliva atmosfera okrog naše zemlje (jo obkrožuje do višine 1000 - 2000 km). Najnižjo plast imenujemo TROPOSFERA (10 - 12 km). STRATOSFERA je med 12 in 60 km. 60 do 1000 km pa imamo IONOSFERO.



Slika 82: Prikaz oblik valovanja

Glede na obliko razširjanja ločimo naslednja valovanja:

- direktno - valovanje se razširja premočrtno od oddajne k sprejemni anteni (1)
- površinsko - povija se okrog zemeljske površine (2)
- prostorsko, ki ga delimo na
 - troposfersko (za zelo visoke frekvence) (3)
 - ionosfersko (4).

Razširjanje elektromagnetnega valovanja glede na frekvenco:

- 0 kHz do 300 kHz se razširja s površinskim valom (ponoči je doomet večji kot podnevi - 4000 km)
- 300 kHz do 3 MHz (radijski valovi) se razširjajo s površinskim kot tudi s prostorskim valom (podnevi je doomet krajši - 1000 km - 1500 km)
- 3 MHz do 30 MHz (HF, kratki valovi) se razširjajo s površinskim valom (100 km) in s prostorskim valom (4000 km)
- nad 30 MHz (VHF, UHF in SHF) se prenaša z direktnim valovanjem (pomembna je višina oddajne (sprejemne) antene).

8.1 Antene

8.1.1 Lastnosti in vrste anten

Antene so naprave, ki pretvarjajo elektromagnetno nihanje oddajnika v prostorsko valovanje.

Delujejo lahko le na določenem frekvenčnem obsegu, delimo pa jih na

- ozkopasovne in
- širokopasovne.

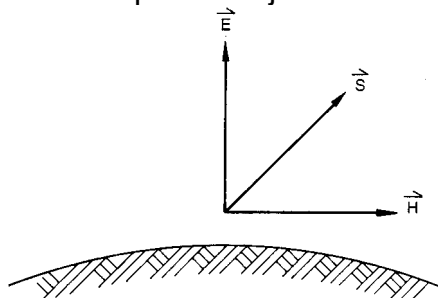
8.1.2

8.1.3 Parametri antene

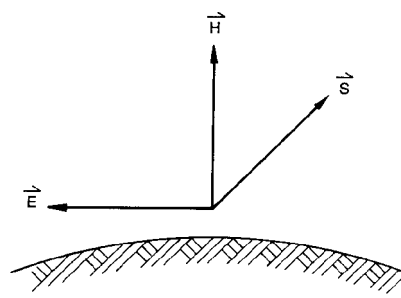
So njene karakteristične veličine, ki se ne spreminjajo, ne glede na to, če antena oddaja ali sprejema elektromagnetno valovanje.

1. Polarizacija antene

Poznamo vertikalno (vektor električnega polja \vec{E} je pravokoten na zemeljsko površino) in horizontalno polarizacijo.



Slika 83: Vertikalna polarizacija



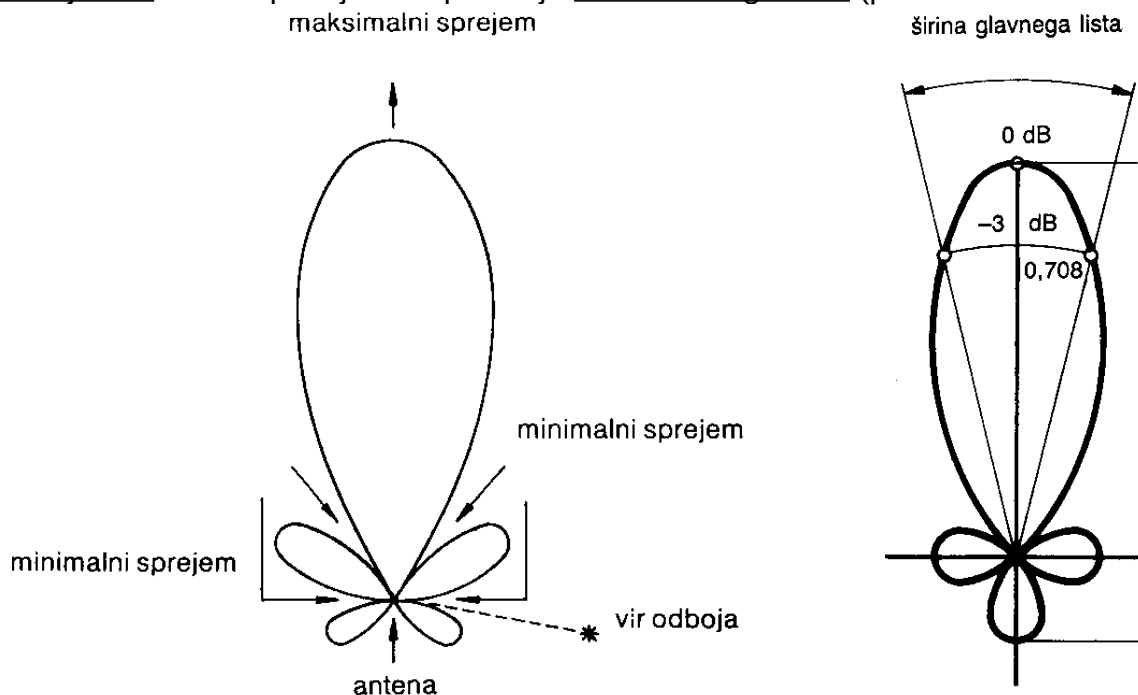
Slika 84: Horizontalna polarizacija

Uporabljata se še eliptična in krožna polarizacija.

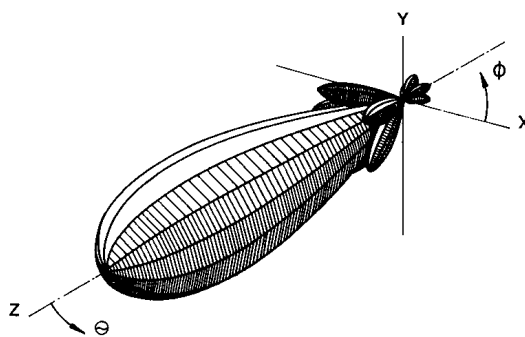
Če oddajna in sprejemna antena nista enako polarizirani, nastajajo med prenosom izgube.

2. Sevalni diagram (usmerjenost antene)

Če oddajajo antene večji del svoje energije v ožjem snopu, pravimo, da so usmerjene. Usmerjenost antene podajamo s pomočjo sevalnih diagramov (prostorski ali ravninski).



Slika 85: Ravninski sevalni diagram (usmerjena antena)



Slika 86: Prostorski sevalni diagram

3. Pridobitev (gain)

Je razmerje napetosti iz merjene antene in napetosti, dobljene iz referenčnega dipola.

4. Impedanca antene

Je razmerje med napetostjo in tokom na mestu, kjer napajamo anteno. Je kompleksna. Pomembna je zaradi prilagoditve oddajnika ali sprejemnika na anteno - prenos moči.

5. Sevalna upornost antene

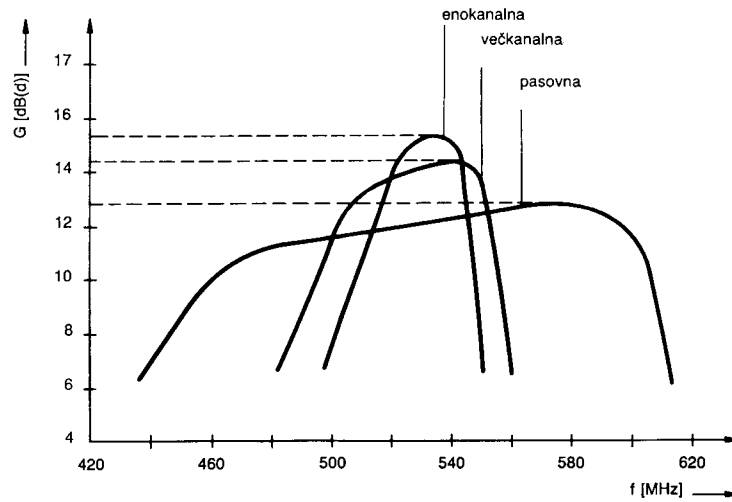
Je namišljena upornost, ki bi vključena na mestu, kjer je hrbet toka, trošila moč, ki bi bila enaka sevalni moči.

Izkoristek antene je velik (pri dipolu skoraj 100 %).

6. Frekvenčno območje

Antena je optimalno izkoriščena le pri eni frekvenci (odvisna od dolžine elementov v anteni). V odvisnosti od frekvenčnega področja ločimo:

- enokanalne;
- večkanalne;
- pasovne.

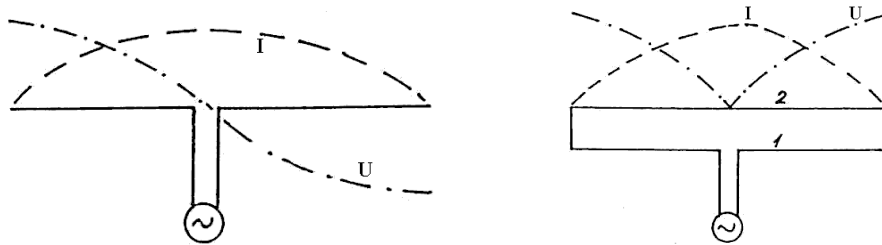


Slika 87: Frekvenčne karakteristike anten

8.1.4 Vrste anten

1. Dipol

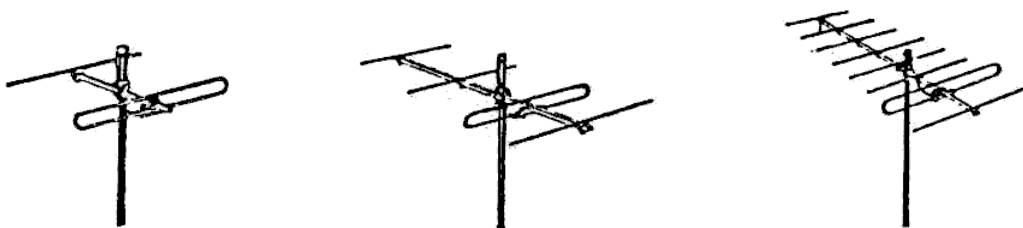
Dipol nastane, če za 180° razpremo krake linije z dolžino $\lambda/4$. Je najenostavnejša antena.



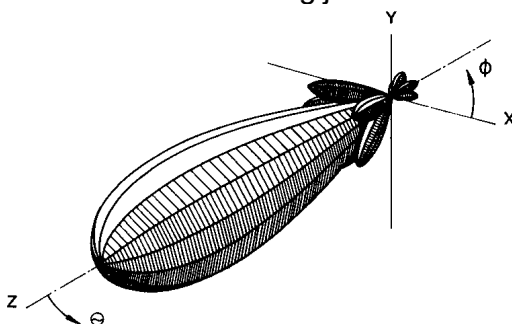
Slika 88: a) Razporeditev U in I na dipol b) Dipol v zanki

2. Yagi antena

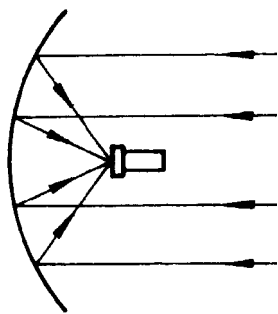
Sestavimo jo iz več dipolov. Dipol, ki ga napajamo, imenujemo aktivni dipol. Pred njim so pasivni dipoli ali direktorji, za njim so reflektorji. Yagi antene večino energije izsevajo v smeri direktorjev.



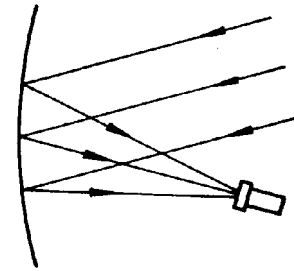
Slika 89: Primeri Yagijevih anten z različnim številom elementov (2, 4 in 8 elementov)



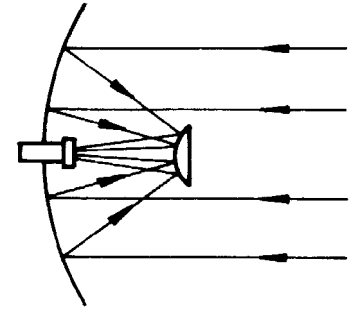
Slika 90: Prostorski sevalni diagram Yagijeve antene z več elementi
 3. Parabolična antena



Parabola s konverterjem v središču



Offset antena;
 dober izkoristek,
 prednost v času snežnih padavin
 zaradi večjega naklonskega kota

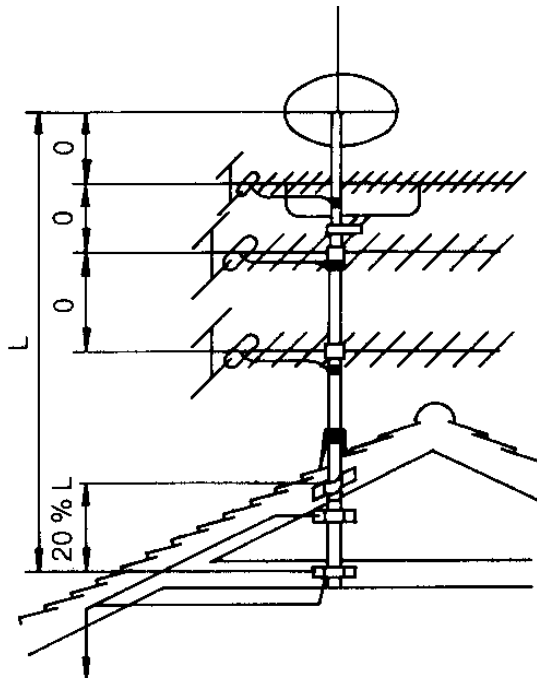


Cassegrain antena;
 v žarišču je hiperbola,
 konverter je na zadnji strani antene

Slika 91: Parabolična antena

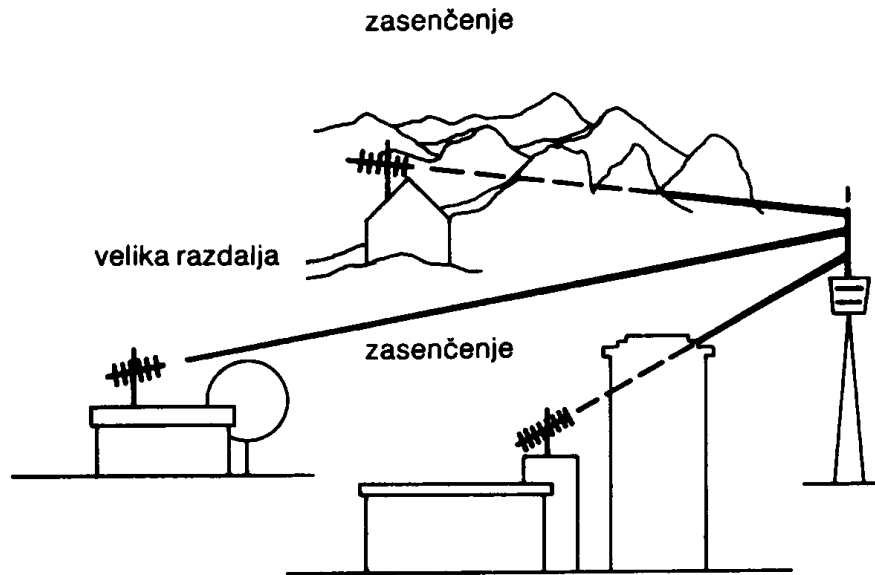
8.2 Sprejem zemeljskih TV programov

Zemeljske TV programe sprejemamo s pomočjo zemeljskih TV anten. V večini primerov so to ozkopasovne antene (kanalske - za določen kanal), na področjih z dobro pokritostjo signala pa se uporabljajo logaritemske antene.



Slika 92: Antene na drogu nad streho

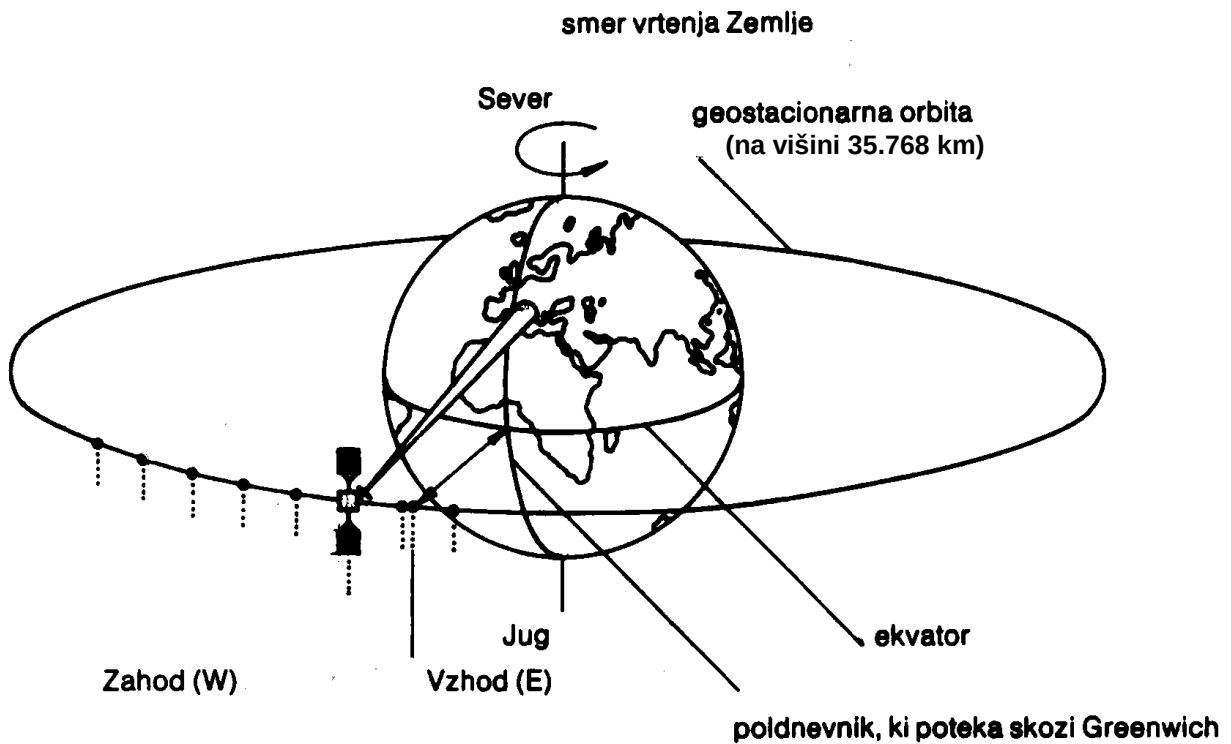
Sprejem signala bo dober, če se ne bomo nahajali v področju zasenčenja (če smo v vidnem polju oddajnika) in ne bo motenj ter odbojev.



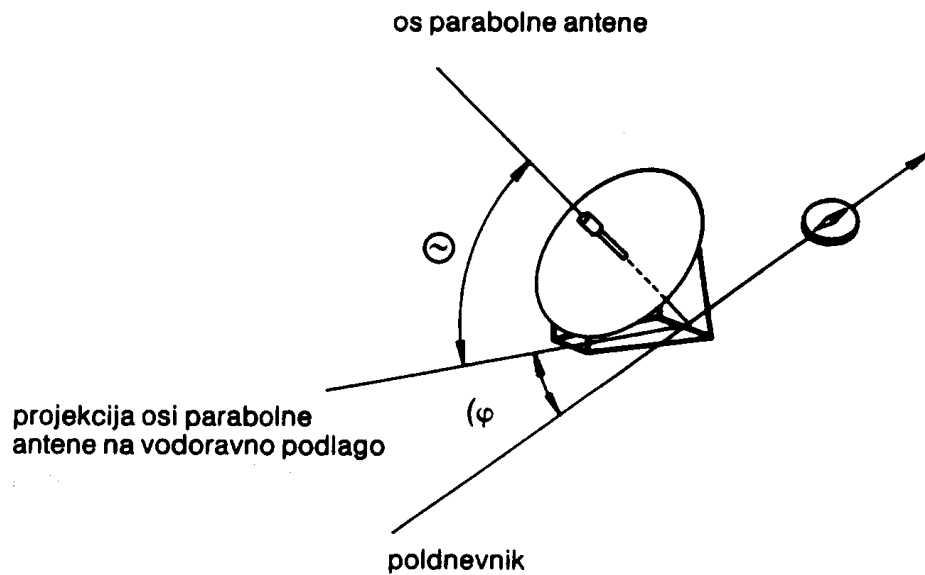
Slika 93: Področje zasenčenja

8.3 Sprejem televizijskih programov prek satelitov

Sateliti se nahajajo na geostacionarni orbiti. Imajo konstantno lego glede na zemljo.



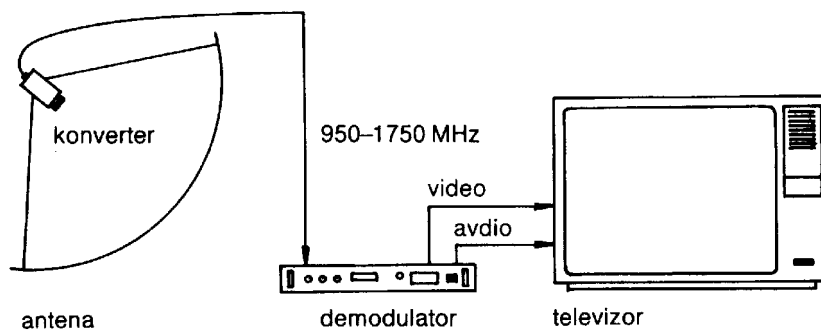
Slika 94: Položaj satelita na geostacionarni orbiti



Slika 95: Za katerokoli točko na zemlji lahko določimo azimut in naklonski kot glede na želeni satelit

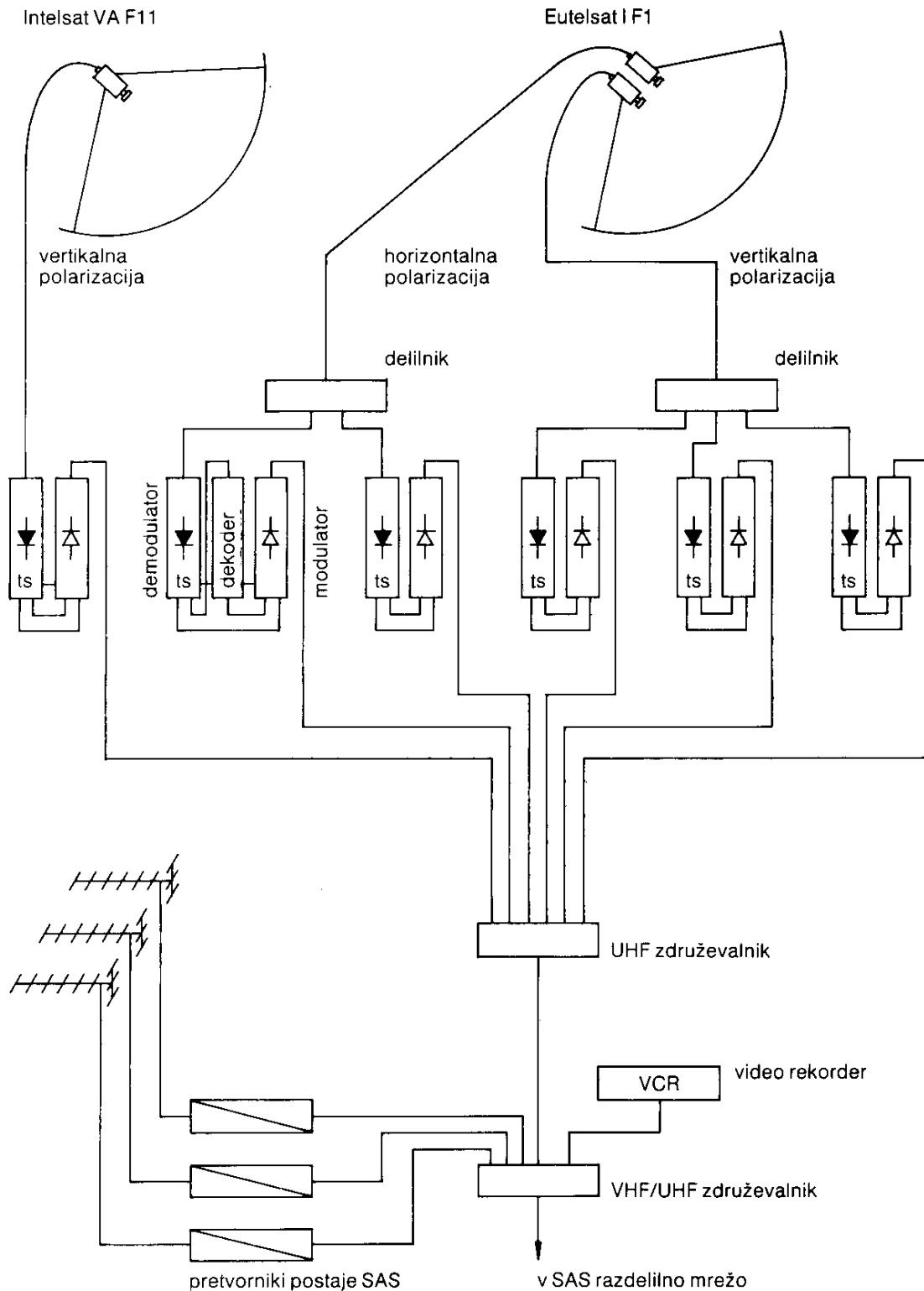
8.4 Individualni sprejem satelitskih programov

Za individualni sprejem satelitskih programov potrebujemo satelitsko anteno z konverterjem in demodulatorjem (nam znan kot receiver).



Slika 96: Individualni sprejem

8.5 Skupinski sprejem zemeljskih in satelitskih signalov



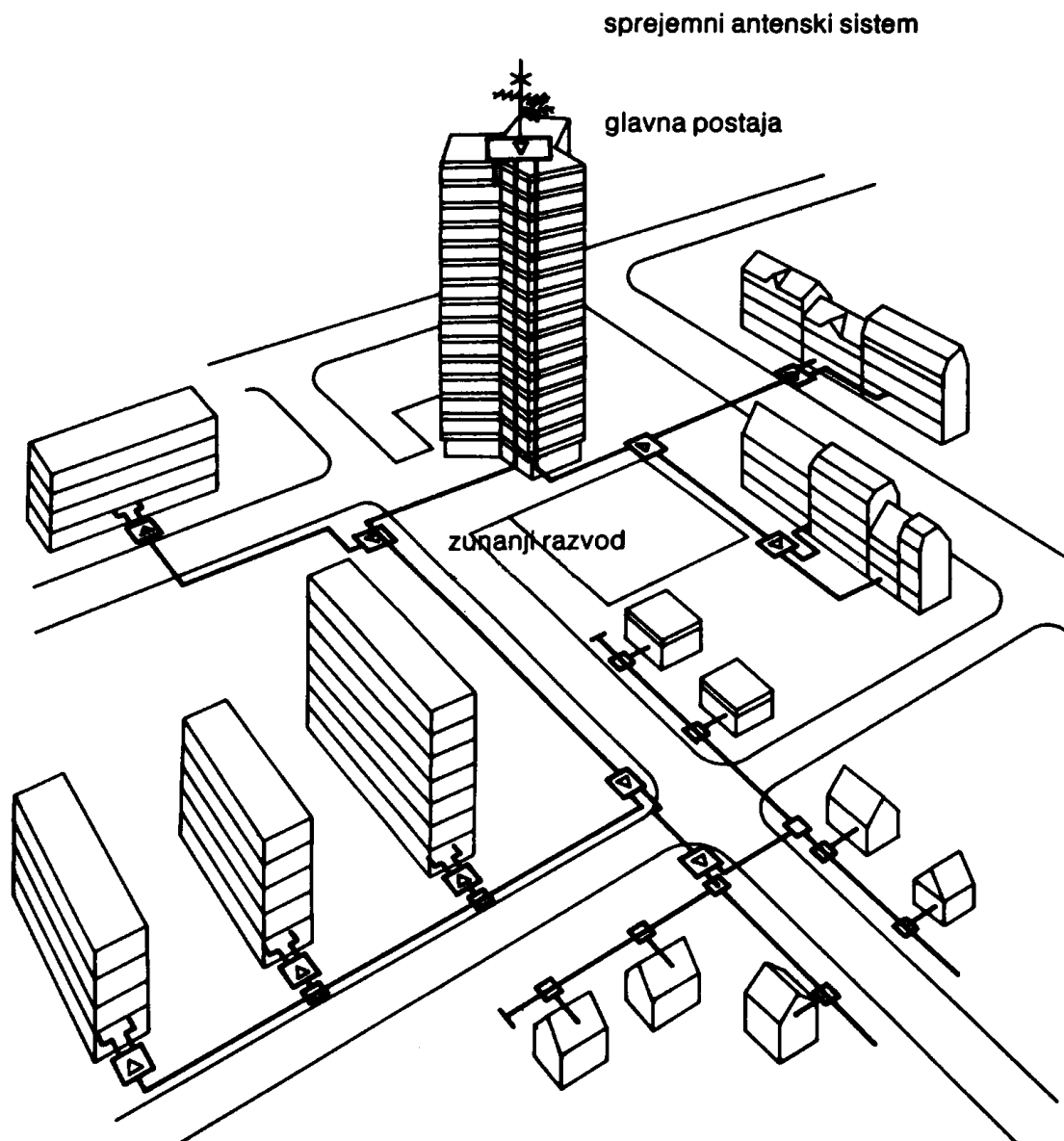
Slika 97: Skupinski sprejem

Za vsak satelit na različnih pozicijah je potrebna posebna antena, za sprejem vertikalne in horizontalne polarizacije je treba montirati dva konverterja in vsak kanal mora imeti svoj demodulator ter modulator.

8.6 Kabelski razdelilni sistemi - KRS

KRS lahko razdelimo na štiri podsisteme:

- sprejemni antenski sistem;
- glavna postaja;
- zunanji razvod;
- notranji razvod.



Slika 98: Kabelski razdelilni sistem

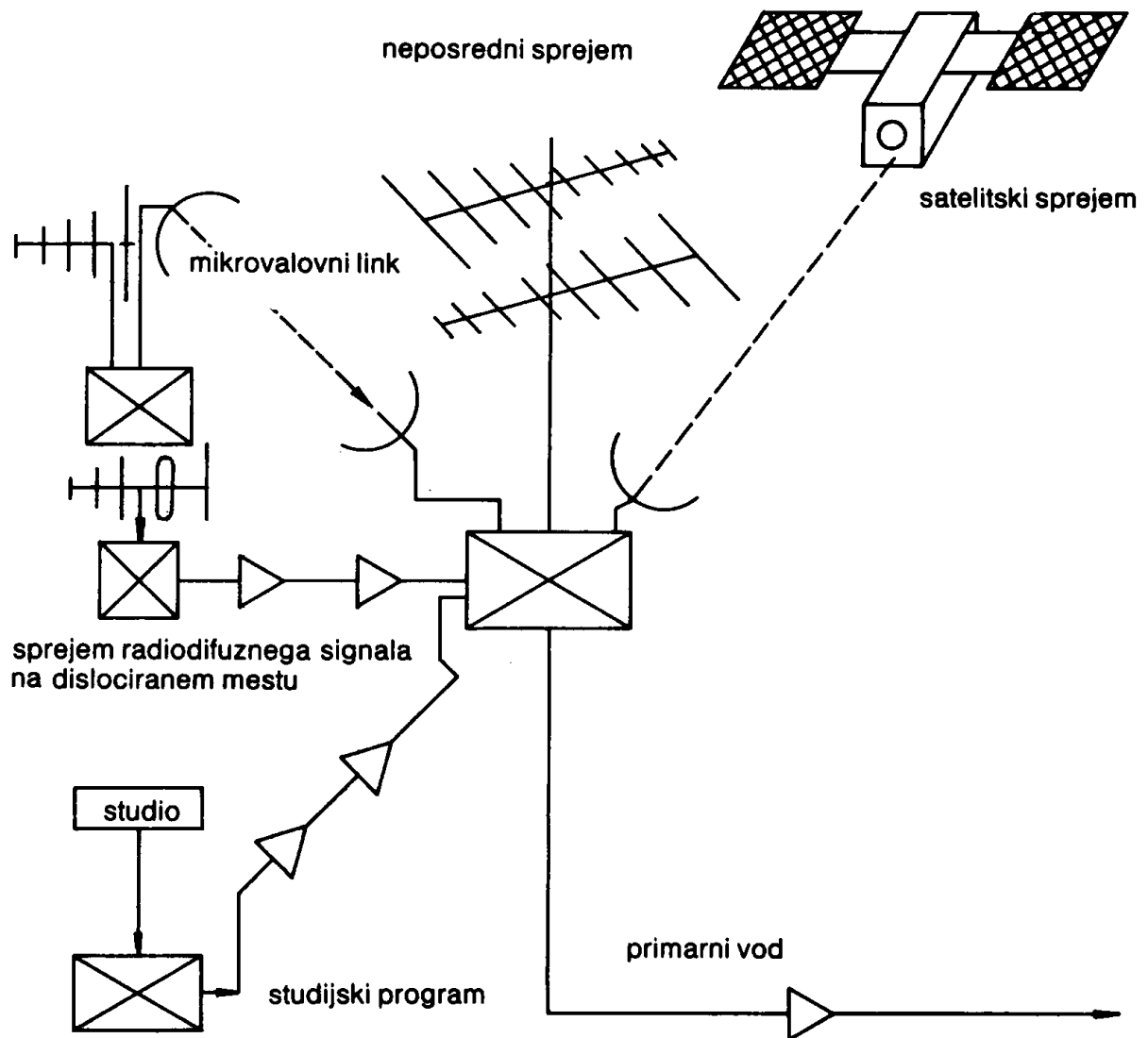
8.6.1 Sprejemni antenski sistem

Glede na skupinski antenski sistem (SAS) imamo več prednosti:

- nanj je priključenih veliko priključkov (odjemalcev) (omogoča vgradnjo profesionalnih komponent);
- za sprejem FM signalov iz več smeri uporabimo več FM sprejemnih anten;
- sprejemni antenski sistem je lahko porazdeljen na več lokacijah (kjer je boljši sprejem) in sprejeti signal prenesemo do glavne postaje (po vodu ali preko mikrovalovne radijske zveze na frekvencah 22 ali 23 GHz);

- vključimo lahko sprejem satelitskih TV signalov (parabolična antena sprejema signale 11,7-12,5 GHz, SHF blok konverter jih pretvori v satelitsko medfrekvenco 950-1750 MHz in jih po koaksialnem kablu vodimo do postaje).

8.6.2 Glavna postaja



Slika 99: Možni načini sprejema signalov v glavni postaji KRS

Danes se vse bolj uveljavlja povezovanje glavnih postaj lokalnih KRS preko optičnega voda, saj je ceneje zakupiti optični vod kot vzdrževati antene v sprejemnem antenskem sistemu.

9 ODDAJNIKI

Oddajniki so naprave, ki pretvarjajo enosmerno električno moč v visokofrekvenčno in jo preko antene sevajo v prostor ali pa pošiljajo v telekomunikacijske vode.

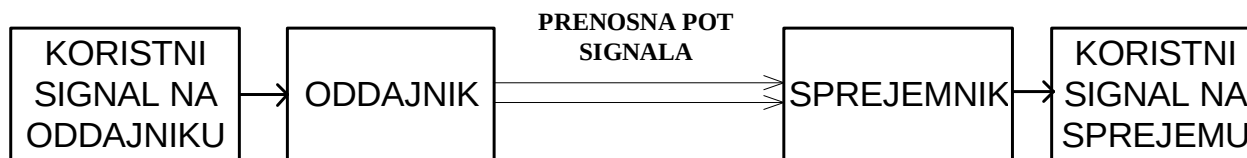
Koristni signal moramo vtisniti v visokofrekvenčni signal oddajnika, ta postopek pa imenujemo modulacija (v primeru da ne moduliramo, moramo imeti nenormalne dimenzije anten in tudi medsebojnih motenj med oddajniki ne moremo preprečiti, ker bi oddajali na isti frekvenci).

Oddajnike delimo po namenu uporabe:

- za radiodifuzijo (televizijo);
- radiokomunikacije (radijski oddajniki);
- navigacijo;
- industrijo;
- oddajniki za nemonulirano in modulirano telegrafijo;
- znanost (npr. medicino).

Nam zanimive oddajnike (RA, TV) lahko ločimo še po:

- načinu modulacije
- širini prenašanega frekvenčnega pasu
- vrsti informacije (ton, slika).



Slika 100: Shematski prikaz poti signala

Prenosno pot predstavlja sredstvo, skozi katerega se prenaša signal, od oddajnika k sprejemniku (prostor, koaksialni vod, valovod).

Oddajnik sestavljajo naslednje enote:

- oscilator;
- modulator;
- nizkofrekvenčni (NF) ojačevalnik;
- visokofrekvenčni (VF) ojačevalnik.

Posamezne enote so med seboj povezane z nihajnimi krogi ali filtri.

OSCILATOR

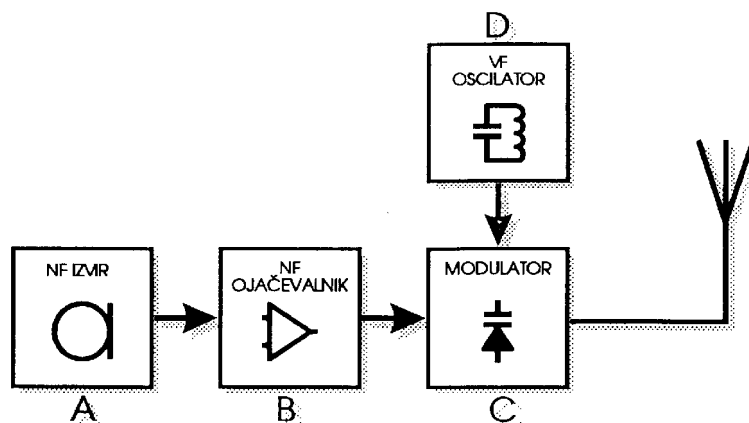
Je visokofrekvenčni generator, njegova frekvenca določa nosilno frekvenco oddajnika. Nosilni signal se modulira, močnostno ojačuje in vodi na anteno, ki emitira energijo v prostor.

VF OJAČEVALNIKI MOČI

Od nekaj 10 W do nekaj 100 W uporabljamo tranzistorje, pri moči nekaj 100 kW pa uporabljamo elektronke v ojačevalnikih.

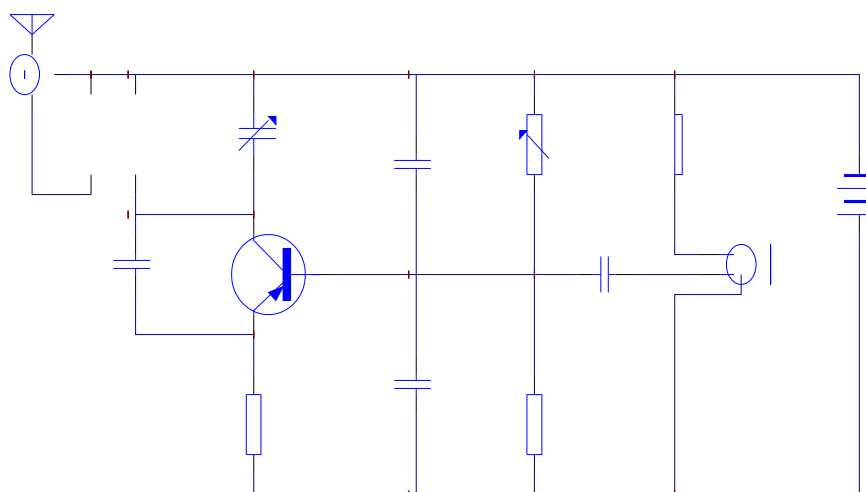
MODULATOR

V modulatorjih uporabljamo kapacitivne diode (FM) in diode s hitro praznitvijo (AM).



Slika 101: Blokovna shema oddajnika (brez VF ojačevalnika)

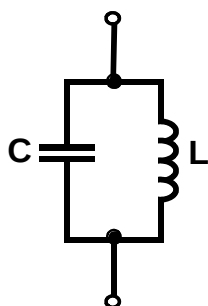
Na spodnji sliki imamo primer najenostavnejšega oddajnika, ki ima vse stopnje združene na enem tranzistorju.



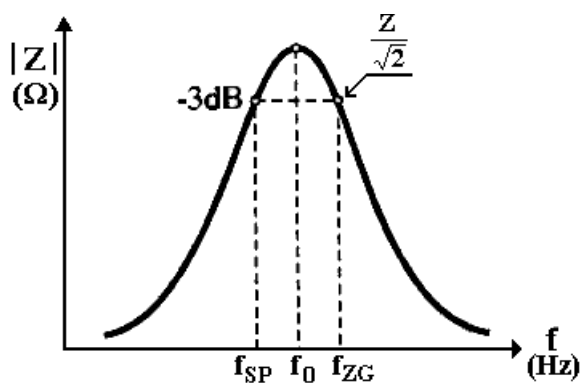
Slika 102: Radijski UKV oddajnik

9.1 Oscilator

Uporabljajo se LC oscilatorji. Osnova LC oscilatorja je vzporedna vezava tuljave in kondenzatorja - vzporedni nihajni krog. Nihajni krog ima pri resonančni frekvenci zelo veliko upornost - le ohmsko komponento upornosti.



Slika 103: LC oscilator



Slika 104: Resonančna karakteristika oscilatorja

Izračun resonančne frekvence: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$ ali $f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$.

Širina prepustnega pasu je določena s spodnjo in zgornjo frekvenčno mejo (pade amplituda za 3 dB).

$\Delta f = f_{ZG} - f_{SP}$ širina prepustnega pasu;
 f_{ZG} zgornja frekvenčna meja, ojačenje pade za 3dB;
 f_{SP} spodnja frekvenčna meja, ojačenje pade za 3dB.

Širina prepustnega pasu je odvisna od kvalitete nihajnega kroga. Kvaliteto označujemo z veliko črko Q . Oscilatorji najbolj ojačujejo le ozek pas okrog resonančne frekvence.

$Q = \omega_0 \cdot R \cdot C$, kjer je R upornost nihajnega kroga pri resonančni frekvenci.

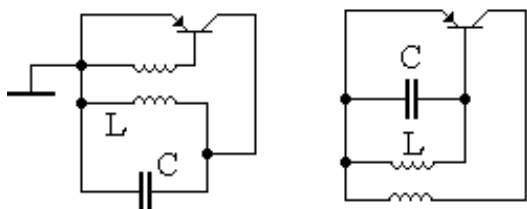
Velja: $f_{SP} = f_0 \left(1 - \frac{1}{2 \cdot Q}\right)$ in $f_{ZG} = f_0 \left(1 + \frac{1}{2 \cdot Q}\right)$ (spodnja in zgornja mejna f).

LC oscilatorje delimo v naslednje skupine:

- Meissnerjev oscilator s transformatorskim sklopom;
- oscilator s π četveropolom: - **Colpittsov** oscilator in
- **Hartleyev** oscilator.

9.1.1 Meissnerjev oscilator - oscilator s transformatorskim sklopom:

Za fazni zasuk 180° poskrbi transformator. Da dosežemo ta zasuk le pri eni frekvenci, mora biti eno od navitij transformatorja vezano v resonančni krog. Glede na lego LC resonančnega nihajnega kroga poznamo dve izvedbi: oscilator z resonančnim krogom v kolektorski veji in oscilator z resonančnim krogom v bazni veji tranzistorja. Frekvenco nihanja določajo elementi L , C in parametri tranzistorja (parazitske kapacitivnosti).



Slika 105: Izvedbi Meissnerjevega oscilatorja

Thomsonova enačba

$$f_{osc} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

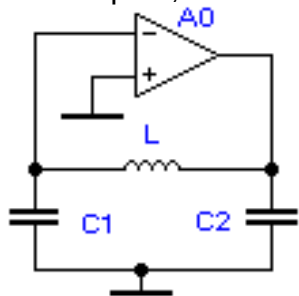
frekvenco osciliranja Meissnerjevega oscilatorja

9.1.2 Oscilator s π četveropolom

Najpogosteje se uporabljajo za področje kratkih in ultrakratkih valov. Poznamo dve izvedbi:

- **Colpittsov** oscilator in
- **Hartleyev** oscilator.

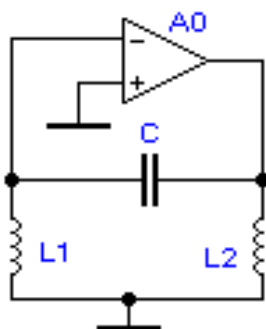
Obe izvedbi vsebujeta aktivno in pasivno komponento. Aktivna komponenta ojačuje in obrača fazo za 180° . Pasivna komponenta predstavlja LC elementi vezani v obliki π četverpola, ki obrača fazo za 180° .



Slika 106: Colpittsov oscilator

$$f_{osc} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L \cdot C_1 \cdot C_2}}$$

$$\text{Pogoj osciliranja} \quad A_0 \geq \frac{C_2}{C_1}$$



Slika 107: Hartleyev oscilator

M - sklopna induktivnost (medsebojni vpliv induktivnosti L_1 in L_2)

$$f_{osc} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(L_1 + L_2 + 2 \cdot M) \cdot C}}$$

$$\text{Pogoj osciliranja} \quad A_0 \geq \frac{L_1 + L_2 + 2 \cdot M}{L_2}$$

9.2 Modulacija

Je postopek transformacije električnega signala, ki predstavlja informacijo v obliki toka ali napetosti, da realiziramo kvalitetnejši in mnogo bolj ekonomičen prenos.

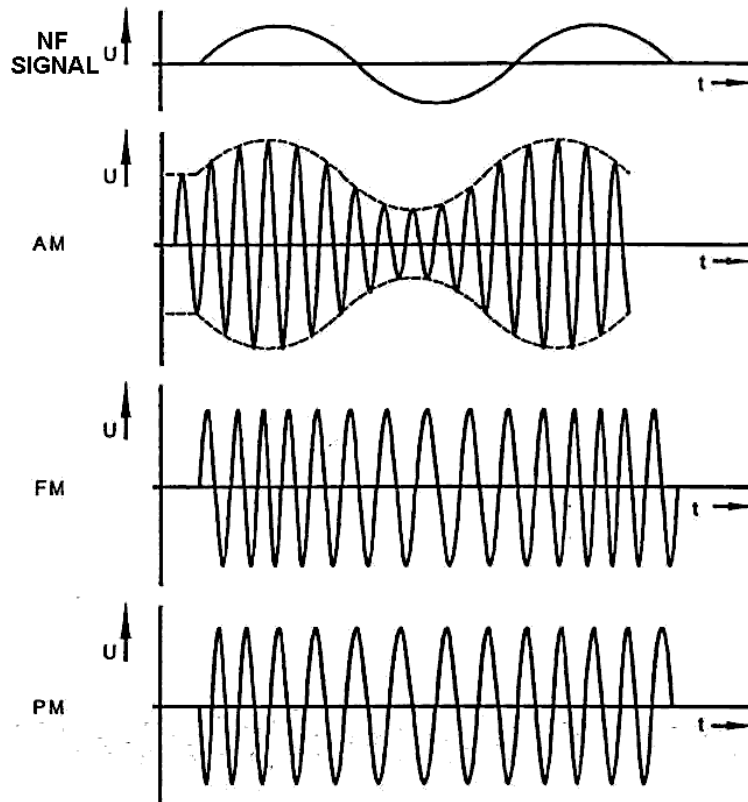
Za modulacijo potrebujemo:

- nosilni ali pomožni signal - NOSILEC in
- signal z informacijo - MODULACIJSKI SIGNAL.

Pri modulaciji spreminjamo NOSILEC pod vplivom MODULACIJSKEGA SIGNALA.

Obravnavali bomo le modulacije sinusnega signala:

- AMPLITUDNA MODULACIJA - AM;
- FREKVENČNA MODULACIJA - FM;
- FAZNA MODULACIJA - PM.



Slika 108: Prikaz AM, FM in PM modulacij

9.2.1 Amplitudna modulacija - AM

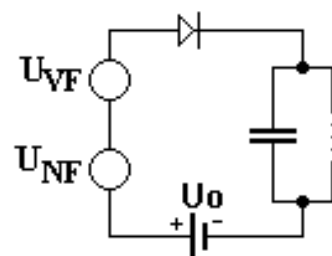
Z modulatorskim signalom spreminjamo amplitudo nosilca.

Potreben pogoj za delovanje amplitudnega modulatorja je **NELINEARNOST** njegove prenosne karakteristike (uporabimo nelinearne elemente, kot so diode, tranzistorji in elektronke).

Pomen oznak:

U_{VF} - napetost nosilca (visoka frekvenca)

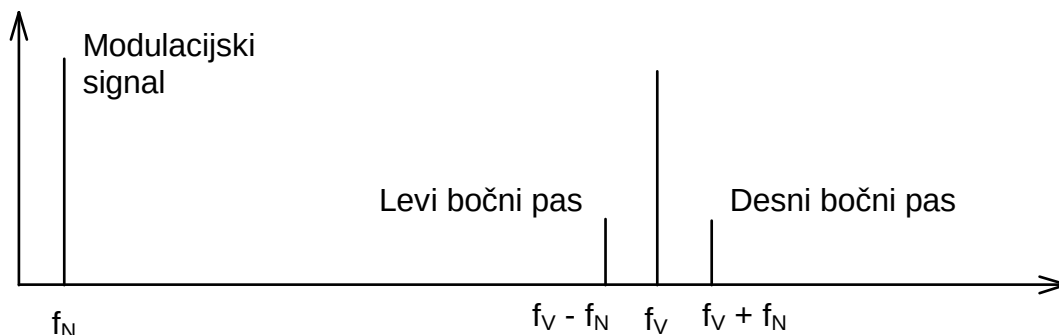
U_{NF} - napetost modulatorskega signala
(nizka frekvenca)



Slika 109: Amplitudni modulator z diodo.

Amplitudno modulirano nihanje sestavljajo tri komponente:

- leva bočna komponenta;
- desna bočna komponenta;
- visokofrekvenčni nosilec.



Slika 110: Signali, prisotni pri AM

Na gornji sliki imamo prikazan frekvenčni spekter signalov, ki so prisotni pri oddajniku (brez višjiharmonskih komponent).

Amplitudna modulacija je tem bolj učinkovita, čim večja je amplituda modulacijskega signala proti amplitudi nosilnega signala (idealno enaka). Dobimo razmerje, ki ga imenujemo stopnja modulacije:

$$m = \frac{B}{A}$$

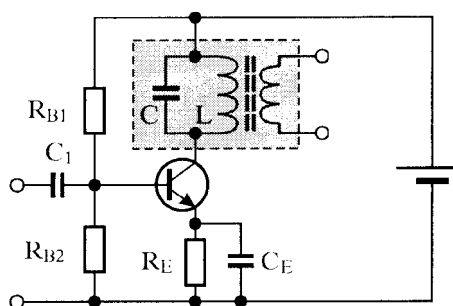
B - amplituda modulacijskega signala

A - amplituda nosilca

Stopnja modulacije je manjša od 1!

Načini prenosa:

- NEOKRNJEN - prenašamo vse tri komponente s frekvencami f_V , $f_V - f_N$, $f_V + f_N$, uporabljamo v radiodifuziji, ker je demodulacija enostavnejša in sprejemnik cenejši
- DVOBOČNI PRENOS - DSB (Double Side Band Suppressed Carrier) - prenos brez nosilnega signala (prihranek moči $\rightarrow P_V = 4$ krat $P_{BOČNA}$)
- ENOBOČNI PRENOS - SSB (Single Side Band, ki se deli na LSB (Lower Side Band) in USB (Upper Side Band)); NF informacijo vsebuje že vsak posamezen bočni pas (v telefoniji).



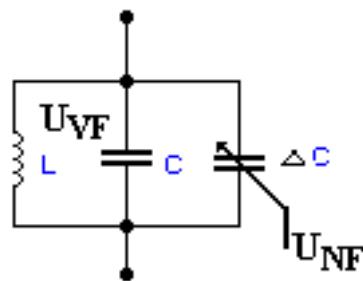
Slika 111: Vezje emitorskega amplitudnega modulatorja

Vezja z diodo uporabljamo pri visokih frekvencah.

9.2.2 Frekvenčna modulacija - FM

Pri frekvenčni modulaciji se v ritmu modulacijske napetosti spreminja FREKVENCA nosilnega signala - NOSILCA.

Stopnja modulacije frekvenčno moduliranega nihanja je določena z razmerjem $\frac{\Delta\omega_V}{\omega_N}$.



$$f_{VF} = \frac{1}{2 \cdot p \cdot \sqrt{LC'}}$$

$$C' = C + DC$$

Slika 112: Primer vezja za frekvenčno modulacijo

Imamo vzporedni nihajni krog, kateremu spreminjamo frekvenco. Z napetostjo U_{NF} spreminjamo kapacitivnost spremenljivega kondenzatorja - to lahko izvedemo:

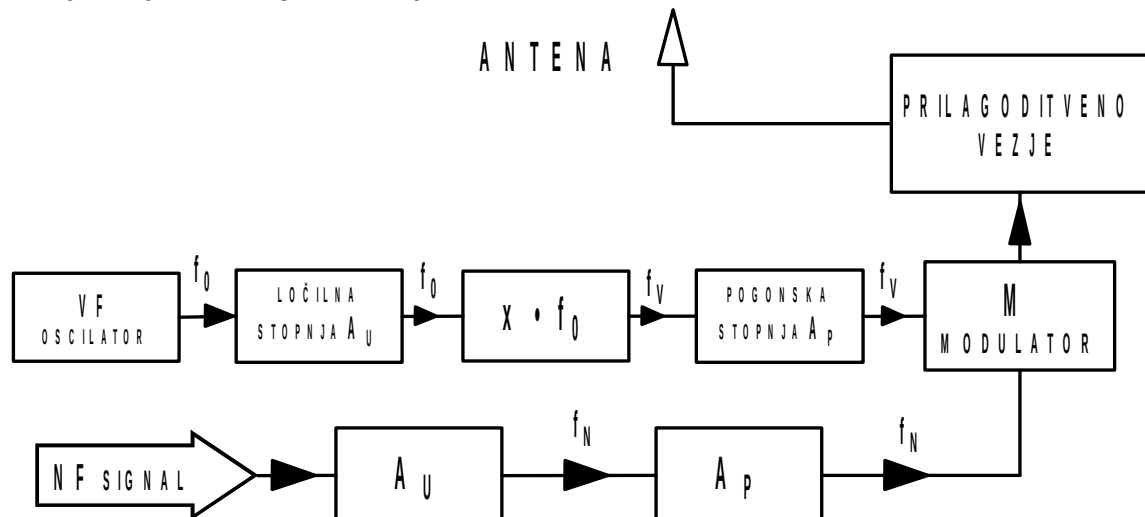
- s kondenzatorskim mikrofonom;
- s kapacitivno diodo.

9.2.3 Fazna modulacija - PM

Pri fazni modulaciji je fazni odklon $\Delta\varphi$ (običajno ne preseže 25°) odvisen od modulacijske napetosti U_N .

9.3 Oddajniki z amplitudno modulacijo

Uporabljamo jih na dolgih, srednjih in kratkih valovih.



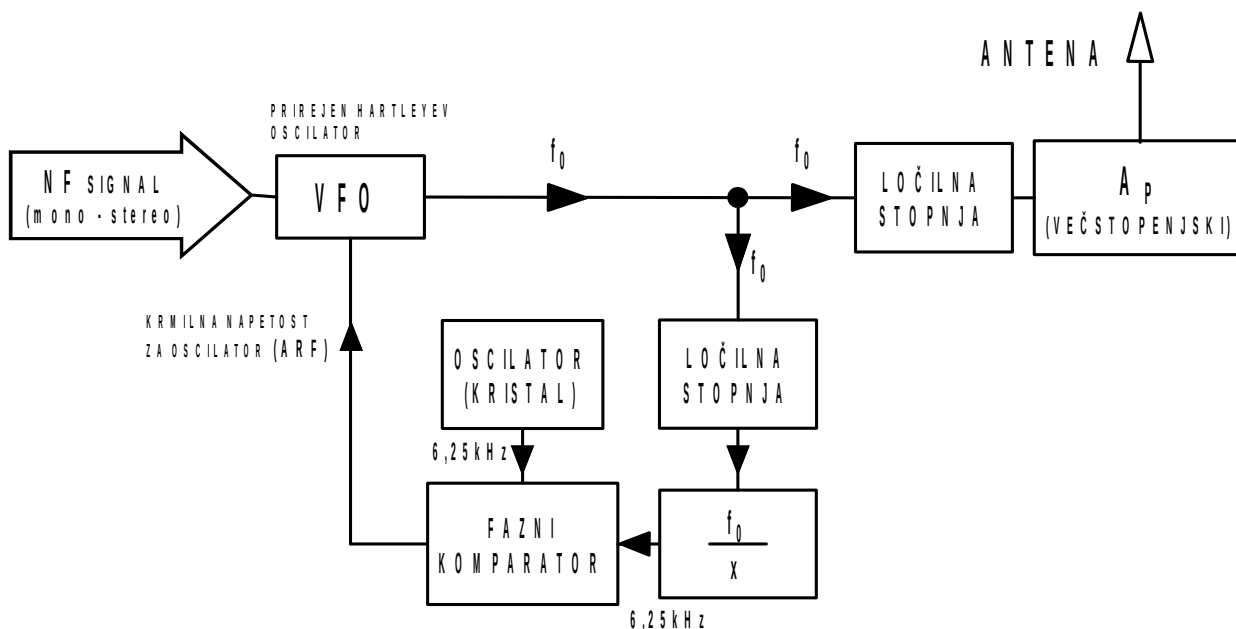
Slika 113: BLOKOVNA SHEMA AM ODDAJNIKA

9.4 Oddajniki z frekvenčno modulacijo

V radiodifuziji jih uporabljamo na frekvencah VHF (87,5 MHz - 108 MHz).

Z modulacijsko napetostjo NF vplivamo na frekvenco oscilatorja VFO.

Oscilator je napetostno krmiljen (ARF). Krmilno napetost za ARF dobimo iz komparatorja. Na komparator imamo pripeljano frekvenco referenčnega signala 6,25 kHz in izhodni signal f_0 deljen z 800, da dobimo frekvenco 6,25 kHz, ki ju primerjamo. V stacionarnem stanju je napetost ARF 2,5V, ob spremembi f_0 pa se ustrezno spremeni.



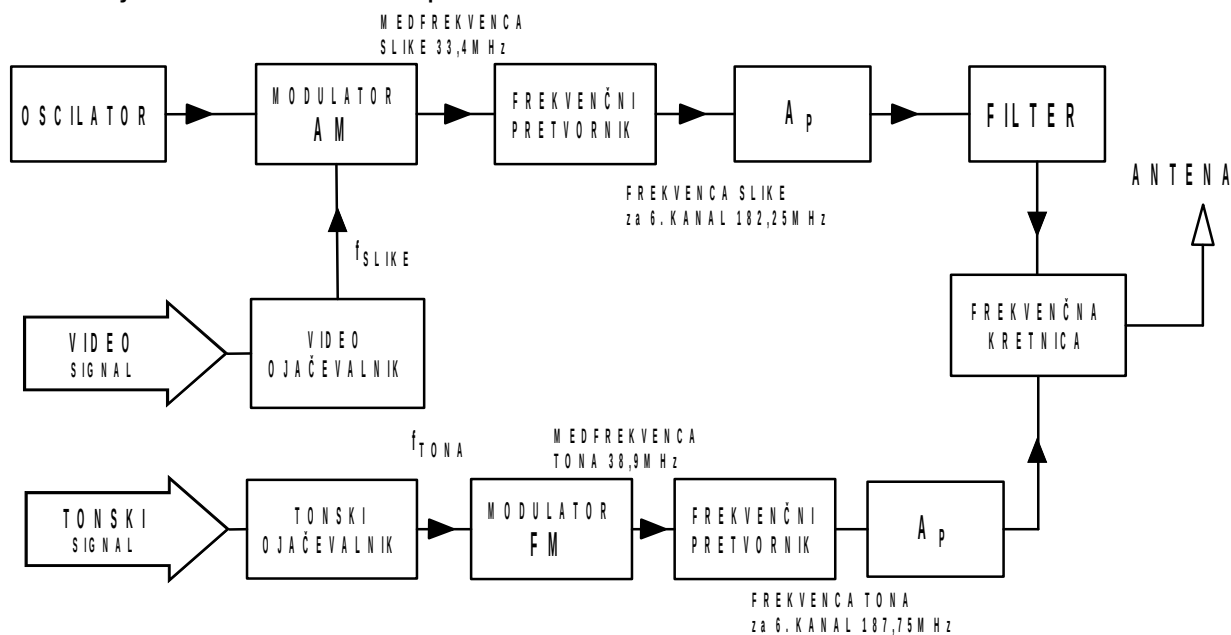
Slika 114: BLOKOVNA SHEMA FM ODDAJNIKA

9.5 Oddajniki za televizijo

Pri televiziji prenašamo istočasno sliko in ton, zato vsebuje vsaka oddajna postaja po dva oddajnika.

Iz blokovne sheme lahko razberemo naslednje:

- zgornja veriga predstavlja slikovni, spodnja pa tonski oddajnik
- oba oddajnika sta preko frekvenčne kretnice, ki preprečuje medsebojne vplive obeh oddajnikov, vezana na skupno anteno.



Slika 114: BLOKOVNA SHEMA TV ODDAJNIKA

10 SPREJEMNIKI

Sprejemnik je naprava, ki ojači zelo majhne napetosti iz antene ($0,5\mu\text{V}$ - 50mV). Iz ojačenih signalov izloči koristno informacijo v obliki zvoka ali slike.

10.1 Vrste in lastnosti sprejemnikov

10.1.1 Delitev sprejemnikov:

- Široka potrošnja (radio, televizija);
- profesionalni sprejemniki (telekom, časopisne agencije, policija, vojska, pomorstvo, letalski promet).

Sprejemnike delimo še glede na:

- frekvenčno območje (DV, SV, KV, UKV, itd (priloga));
- vrsto modulacije (AM, FM, PM, itd);
- mesto uporabe (sobni, prenosni, avtomobilski, ladijski, letalski, satelitski, itd);
- način napajanja (baterijski, akumulatorski, omrežni, kombinirani);
- način delovanja (direktni sprejemnik in superheterodinski sprejemnik).

10.1.2 Lastnosti sprejemnika:

1. Občutljivost sprejemnika je definirana kot najmanjša napetost na vhodu sprejemnika, ki daje na njegovem izhodu normirano moč (50mW). Občutljivost sprejemnika podajamo običajno v μV . (za AM $5 - 50 \mu\text{V}$, za FM $1 - 5 \mu\text{V}$)
2. Selektivnost sprejemnika je njegova lastnost, da lahko loči signale, ki jih želimo sprejemati in jih primerno ojači, medtem ko neželene primerno duši. Selektivnost določajo nihajni krogi ali kristalni oziroma keramični filtri v medfrekvenčnem ojačevalniku.
3. Kvaliteta reprodukcije je odvisna od popačenj sprejemnika. Linearna popačenja vplivajo na frekvenčno karakteristiko NF signala ($30\text{Hz} - 15\text{kHz}$). Nelinearna popačenja vplivajo na količino harmonskih komponent, ki jih naj bo manj kot 1%.
4. Vsa frekvenčna območja sprejemnika morajo zagotavljati vse dobre lastnosti sprejemnika.
5. Frekvenčna stabilnost običajnih sprejemnikov ni kritična, pri profesionalnih pa si pomagamo s kristali.

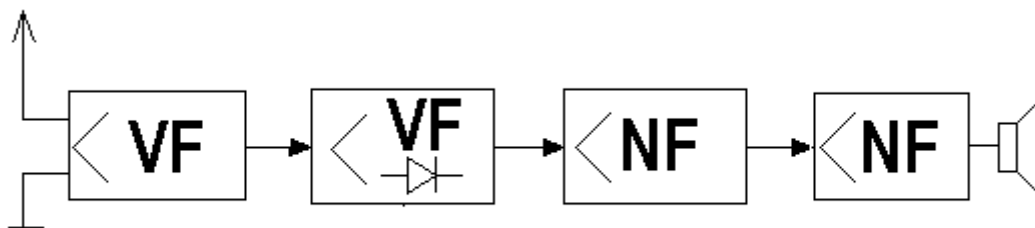
10.2 Direktni sprejemnik

Vsi nihajni krogi so uglaseni na sprejeto frekvenco. Vrsta takšnih direktnih sprejemnikov je:

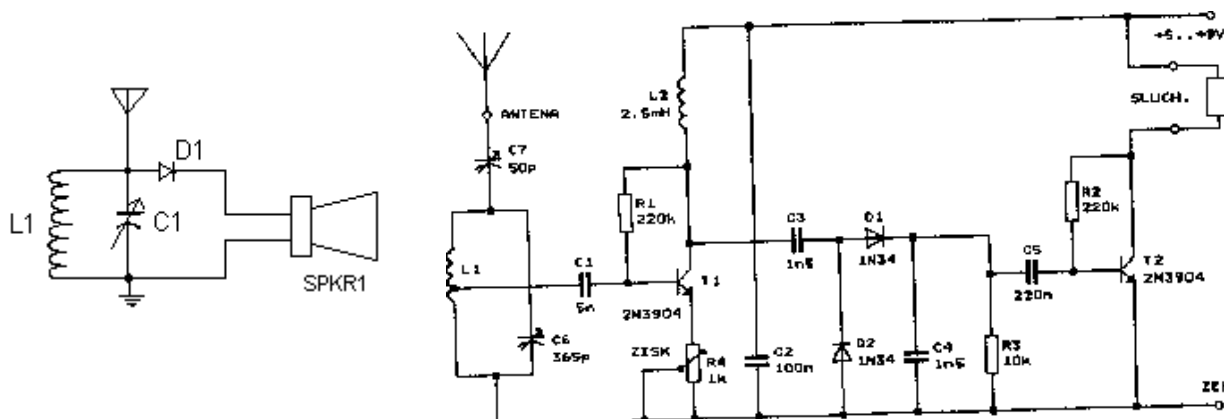
- detektor (nihajni krog, dioda in slušalke)
- audion z reakcijo (tranzistor deluje kot detektor (demodulator) in ojačevalnik s pozitivno povratno vezavo, ki poveča selektivnost sprejemnika).

Selektivnost in občutljivost še lahko povečamo z VF ojačevalci, ki jih moramo uglasiti na vsako sprejeto postajo.

ANTENA



Slika 115: Blokovna shema direktnega sprejemnika



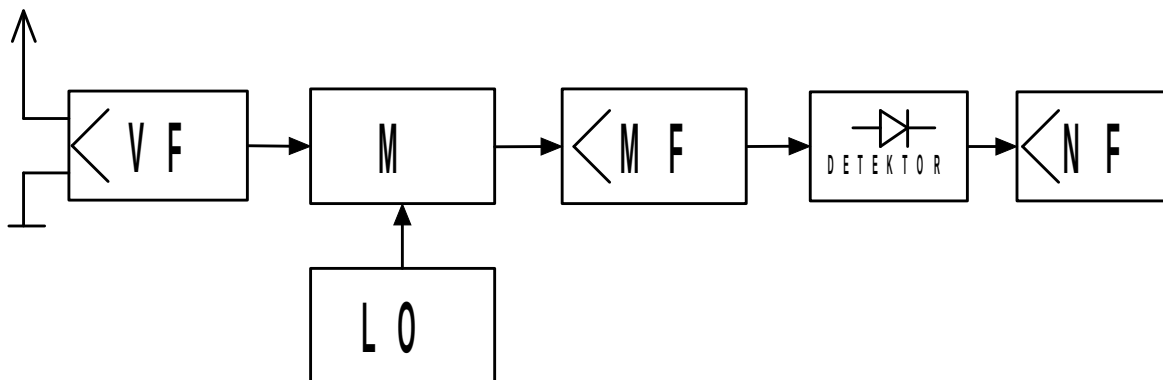
Slika 116: Primera direktnega sprejemnika

Prva slika prikazuje detektorski sprejemnik, ki ga sestavljajo: nihajni krog (tuljava in kondenzator), dioda, antena in visokoohmska slušalka. Izbrana frekvenca signala se na diodi demodulira (AM kvadratični demodulator) in tonki signal slišimo na slušalki. Druga slika prikazuje izboljšani detektorski sprejemnik, kjer najprej signal iz nihajnega kroga ojačimo s tranzistorjem. Nato demoduliramo z diodo in tonki signal zopet ojačimo in ga predvajamo na slušalkah.

10.3 Superheterodinski sprejemnik

Sprejeto frekvenco radijske ali TV postaje, mešamo s frekvenco lokalnega oscilatorja in tako transponiramo na nižjo frekvenco, ki jo lažje ojačujemo in tudi za vse sprejete postaje je konstantna oziroma standardizirana. Po ojačitvi demoduliramo in ojačimo v NF delu (mešanje je podobno kot kvadratična modulacija, le da uporabimo drugačne frekvence).

ANTENA



Slika 117: Blokovna shema superheterodinskega sprejemnika

10.3.1 Stopnje superheterodinskega sprejemnika:

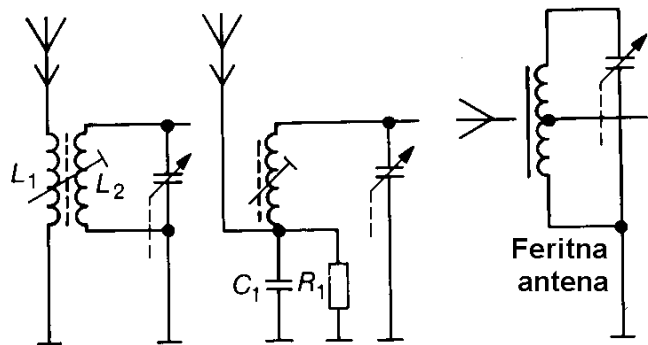
10.3.1.1 VF vhodna stopnja sprejemnika

Naloga VF ojačevalnika je :

- selektivna izločitev vhodnega signala;
- prilagoditev antene;
- ojačanje šibkih signalov (>10 dB).

Uporablja se predvsem v profesionalnih sprejemnikih. Takšne stopnje so lahko:

- **selektivne** (z vhodnim ugašenim nihajnim krogom, ki poveča selektivnost in zmanjša šum, križno modulacijo, zrcalne frekvence);
- **aperiodične** (ojačuje vse antenske signale ter s tem poveča občutljivost in zmanjša vpliv antene na vhodni nihajni krog).



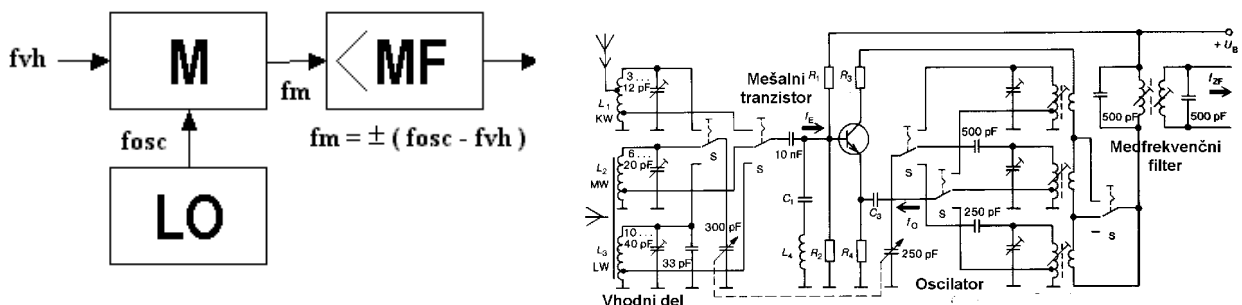
Slika 118: Vhodni deli sprejemnika

Prva slika prikazuje vhodni del sprejemnika. Signale, ki prihajajo iz antene ojačujemo s tranzistorjem ter nato peljemo v mešalno stopnjo. Ojačevalnik nima selektivnih elementov in ojačuje vse frekvence. Zato ga imenujemo aperiodični ojačevalnik.

Druga slika prikazuje nekaj primerov vhodnih selektivnih nihajnih krogov s priključki na anteno. Posebnost je feritna antena, ki je nekaj centimetrov (4 – 10cm) dolga feritna palica premera 10mm ali manj. Feritna antena ne potrebuje zunanje antene.

10.3.1.2 Mešalna stopnja

Mešalna stopnja v sprejemniku meša (multiplicira) vhodni antenski signal s signalom iz lokalnega oscilatorja. Na izhodu dobimo frekvenco razlike oscilatorja in vhodnega signala. To frekvenco imenujemo medfrekvenca in mora biti konstantna.



Slika 119: Medfrekvenca

f_{vh} – vhodna frekvenca iz antene ali VF vhodnega ojačevalnika

f_{osc} - frekvenca lokalnega oscilatorja

f_m - frekvenca signala iz mešalne stopnje, ki jo imenujemo medfrekvenčna frekvenca

in je enaka: $f_m = \pm (f_{osc} - f_{vh})$

Višina medfrekvenca:

- 50kHz - 140kHz (nizka medfrekvenca)
- 450 kHz - 490 kHz (za SV)
- 1,65 MHz - 9 MHz (visoka MF)
- 10,7 MHz (za UKV - FM)
- 33,4 MHz in 38,9 MHz (za TV)

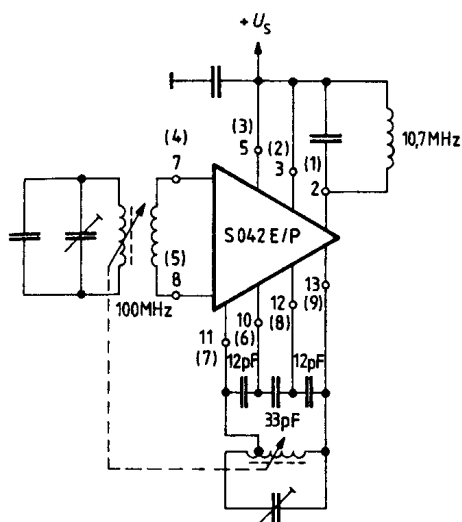
Prednosti nizke medfrekvenca:

- lažje dosežemo veliko ojačanje
- boljša selektivnost
- stalna vrednost medfrekvenca
- večja stabilnost sprejemnika (stopnje v sprejemniku imajo različne frekvence - dvojno mešanje)

Mešalna stopnja z ločenim oscilatorjem

Prednosti:

- zaradi ločitve oscilatorja in mešalne stopnje ni vpliva na stabilnost oscilatorja;
- uporabljamo lahko avtomatsko regulacijo ojačenja;
- velike izhodne napetosti niso popačene;
- antena ne vpliva na oscilator.



Slika 120: Mešalna stopnja – shema z integriranim vezjem

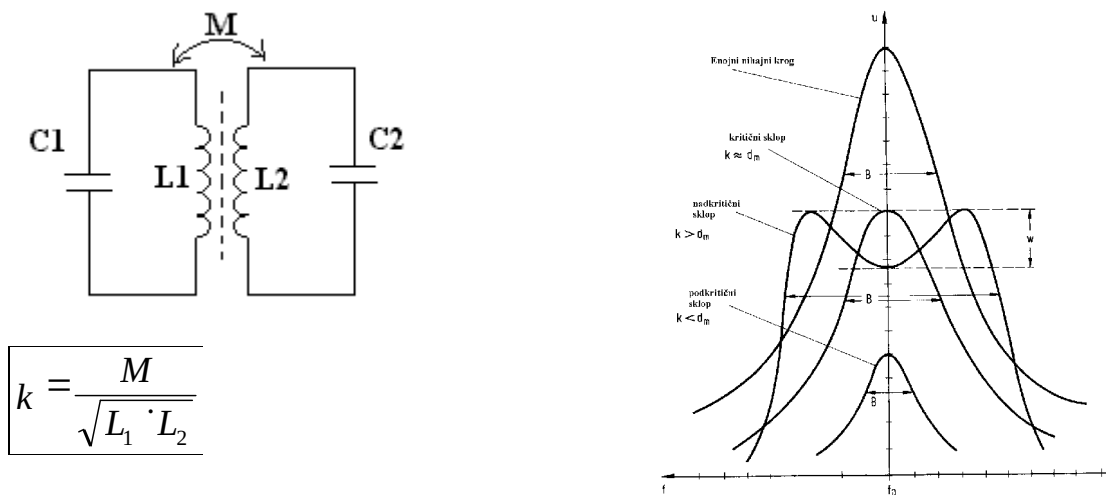
10.3.1.3 Medfrekvenčni ojačevalnik

Naloga medfrekvenčnega ojačevalnika:

- duši motilne signale (tiste, ki nastanejo ob mešanju in tiste, ki pridejo iz vhoda - antene ali okolice);
- ojači le medfrekvenčni signal - zagotavlja potrebno selektivnost in pasovno širino $2\Delta f$;
- zagotavlja ojačanje okrog 80dB.

Medfrekvenčni ojačevalnik je ojačevalnik, ki uporablja nihajne kroge ali selektivne transformatorje, kristalne ali keramične filtre in ojačevalne elemente kot so tranzistorji ali integrirana vezja.

Sklopljeni nihajni krog

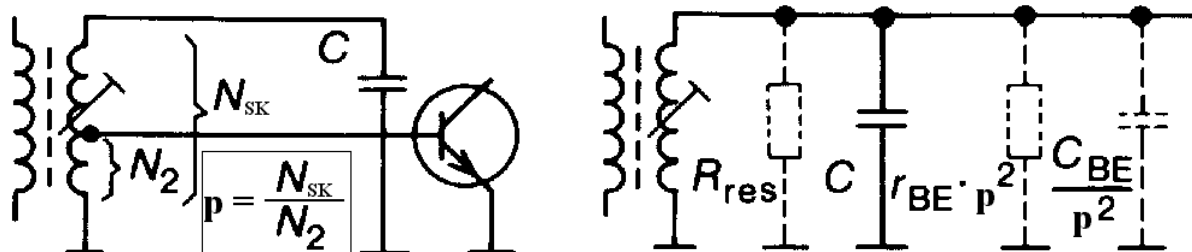


$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

Slika 121: Mešalna stopnja – shema z integriranim vezjem

S spreminjanjem razdalje med tuljavama L_1 in L_2 , se spreminja sklopni faktor k , ki vpliva na obliko resonančne ali prenosne karakteristike (krivulje). S spremembo k , se spremeni tudi pasovna širina. Z večanjem selektivnosti transformatorja dosežemo bolj strme boke karakteristik in s tem večjo selektivnost.

Tranzistor, ki ima majhno vhodno upornost, moramo pravilno prilagoditi na selektivni transformator. To dosežemo z odcepom na tuljavi.

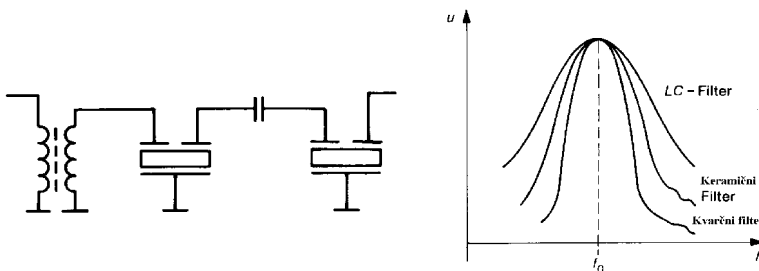
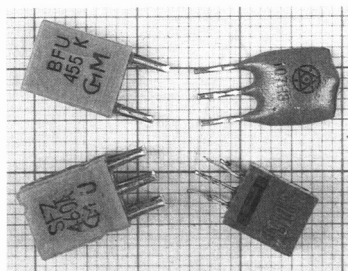


Slika 122: Prilagoditev na vhod tranzistorja in nadomestna vezava

Vidimo, kako se vhodna kapacitivnost in upornost tranzistorja prišteva k nihajnemu krogu.

Selektivni transformator lahko nadomestimo s kristalnim (dražji) ali keramičnim (cenejši) filtrom.

Filter deluje na principu piezo efekta, ki mu frekvenco določa mehanska resonanca ploščice. Uporabljamo lahko serijsko ali paralelno resonanco.



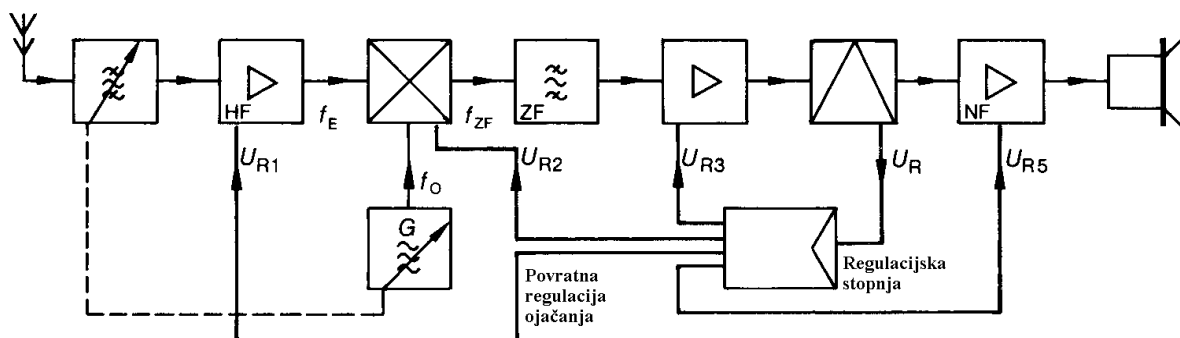
Slika 123: Keramični filtri

Vezava keramičnega filtra v medfrekvenčnem ojačevalniku

Resonančne krivulje za LC-filtr, keramični in kristalni filter

10.3.1.4 Avtomatska regulacija ojačenja (ARO)

Antenski signal na vhodu sprejemnika ni konstanten, ampak se spreminja v odvisnosti od potovanja elektromagnetnih valov skozi prostor. Nastajajo interference med valovi (feding), ki povzročajo spreminjanje jakosti signala na izhodu sprejemnika. Da to odpravimo uvedemo avtomatsko regulacijo ojačenja pred demodulacijo MF signala. Ker se s kolektorskim tokom spreminja tudi ojačenje ($A_u = -40 \cdot I_c \cdot R_c$), lahko s spreminjanjem delovne točke spreminjamo ojačenje tranzistorne stopnje. Napetost, ki jo potrebujemo za spreminjanje delovne točke, vzamemo iz demodulatorja, kjer je stranski proizvod enosmerna komponenta, ki jo sedaj uporabimo v ta namen. Napetost iz demodulatorja peljemo na bazo tranzistorja prve ojačevalne stopnje medfrekvenčnega ojačevalnika in tako v odvisnosti od velikosti vhodnega signala spreminjamo ojačenje. S tem zagotovimo konstantno izhodno napetost NF signala.



Slika 124: ARO

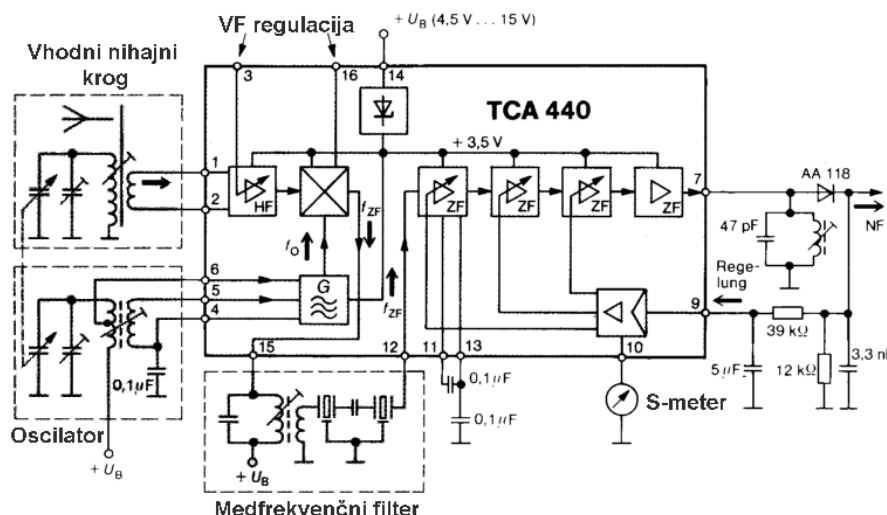
10.3.1.5 Avtomatska regulacija frekvence (ARF, angl.: AFC)

Uporablja se v glavnem pri sprejemnikih za FM.

Če tak sprejemnik ni točno uglasen na frekvenco določenega oddajnika, je signal na izhodu demodulatorja popačen.

Regulacija je izvedena s kapacitivno diodo, ki je vezana vzporedno k nihajnemu krogu in v odvisnosti od izhodnega signala iz ratio detektorja spremeni frekvenco sprejema toliko, da je optimalni izhodni signal.

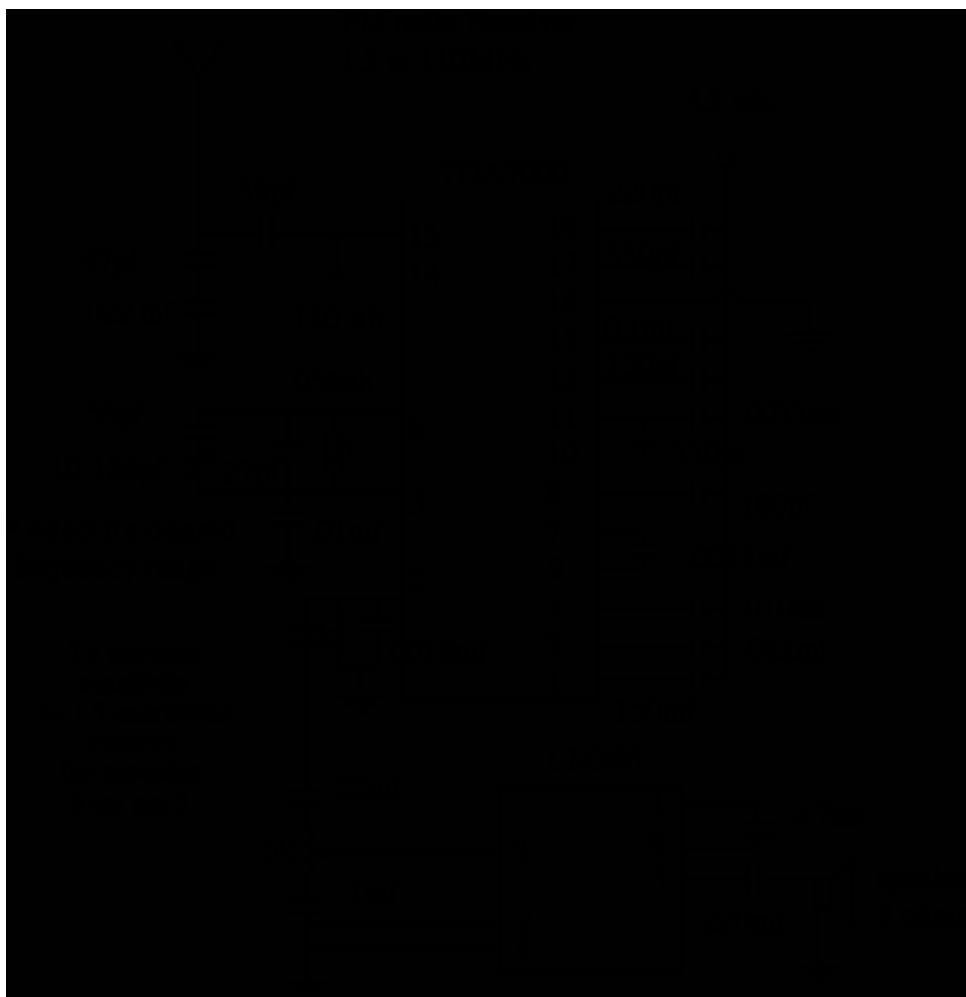
10.3.1.6 Sprejemnik v integrirani izvedbi



Slika 124: Sprejemnik

Opis:

Vhodni nihajni krog je narejen na feritni anteni (feritna palica). Vrtljivi kondenzator vhodnega in oscilatornega kroga je na isti osi tako, da se kapacitivnost spreminja na obeh krogih in s tem frekvenca. Razlika teh dveh frekvenc je ravno medfrekvenčni signal. V integriranem vezju vhodni signal ojačimo in nato mešamo z oscilatornim signalom. Izhod iz mešalne stopnje peljemo skozi keramični medfrekvenčni filter, ki nam določa selektivnost sprejemnika. Štiri stopenjskemu medfrekvenčnemu ojačevalniku lahko spreminjamo ojačenje s povratnim signalom iz demodulatorja (ARO). Velikost enosmernega signala iz demodulatorja nam prikazuje S-meter, s katerim lahko določamo pravilno uglasitev sprejetega signala (maksimum). Demodulator je izveden izven integriranega vezja (Dioda – AA118).

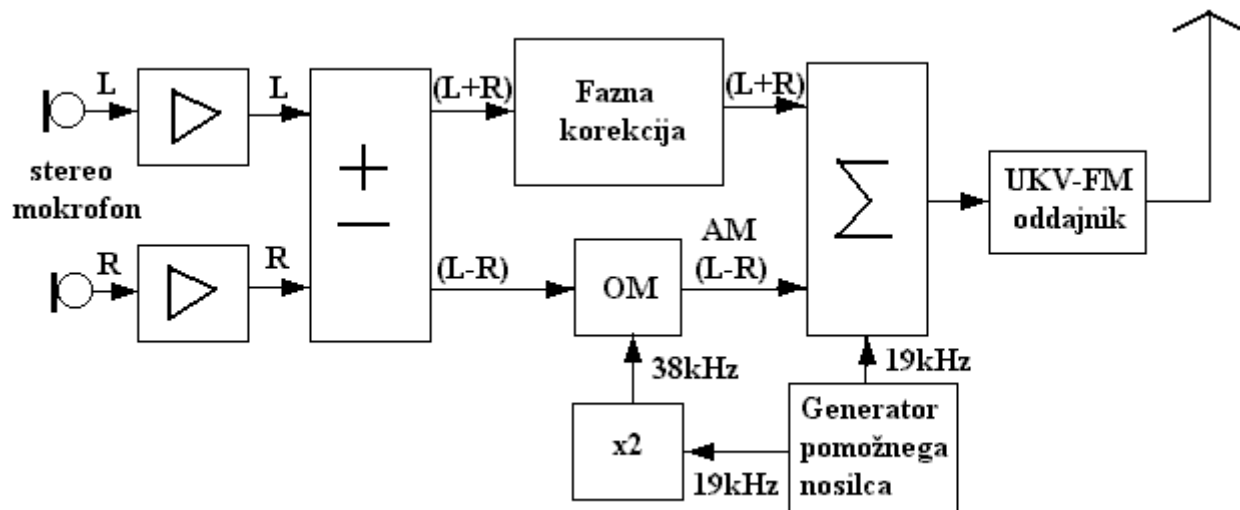


Slika 124: UKV sprejemnik v integrirani izvedbi

10.4 Stereo sprejemnik

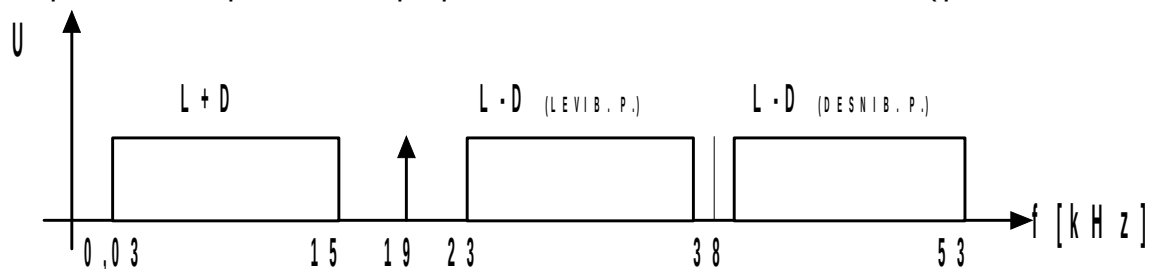
10.4.1 Stereo - oddaja

Stereofonski prenos zvoka mora biti kompatibilen z monofonskim prenosom. Stereofonija ustvari občutek prostorskega zvoka. Snemamo z dvema mikrofonom. Pri snemanju dobimo dva ločena signala, ki predstavljata vsoto in razliko levega in desnega signala (L+D in L-D).



Slika 125: Blokovna shema stereofonskega oddajanja

Vsota signalov L+D ostane v območju 30Hz - 15kHz, razliko L-D pa amplitudno moduliramo z nosilcem $f=38\text{kHz}$ in prestavimo v ultrazvočno področje. Nosilec 38kHz ne prenašamo, prenašamo pa pomožni nosilec frekvence 19kHz ('pilotska frekvenca').



Slika 126: Osnovni frekvenčni položaj multipleksnega signala

10.4.2 Sprejem stereo signala

Za sprejem stereofonske oddaje potrebujemo stereo dekoder in dva ločena NF ojačevalnika. Z dekoderjem, ki ga vezemo za ratio detektorjem, izločimo naslednje signale:

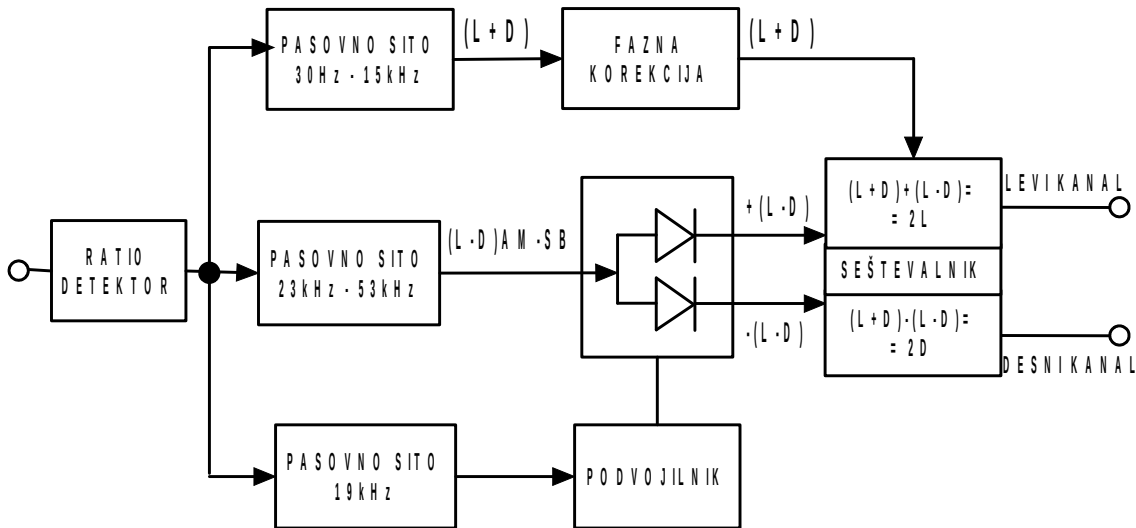
- pilotsko frekvenco 19kHz;
- NF signal 30Hz - 15kHz, ki ga izločimo s filtrom;
- s filtrom izločimo področje 23kHz do 53kHz, ki vsebuje razliko signalov L-D.

Z demultipleksnim vezjem in pomožnim nosilcem izločimo razliko NF signalov iz moduliranega področja. Po seštevanju dobimo:

$$(L + D) + (L - D) = 2L$$

$$(L + D) - (L - D) = 2D$$

Dobljena signala ločeno ojačimo in reproduciramo.

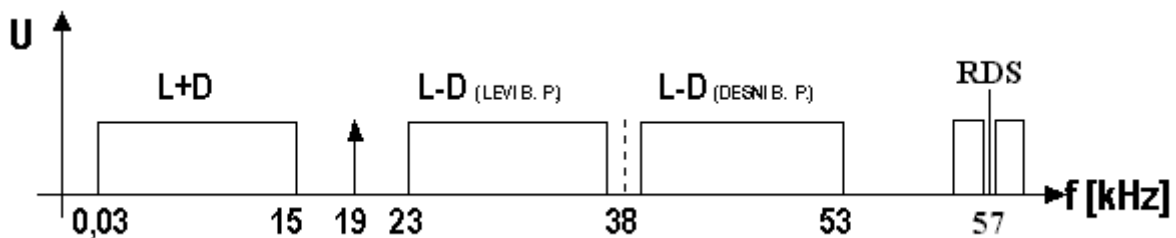


Slika 127: Blokova vezava matričnega stereo dekodeja

10.5 RDS (Radio Data System)

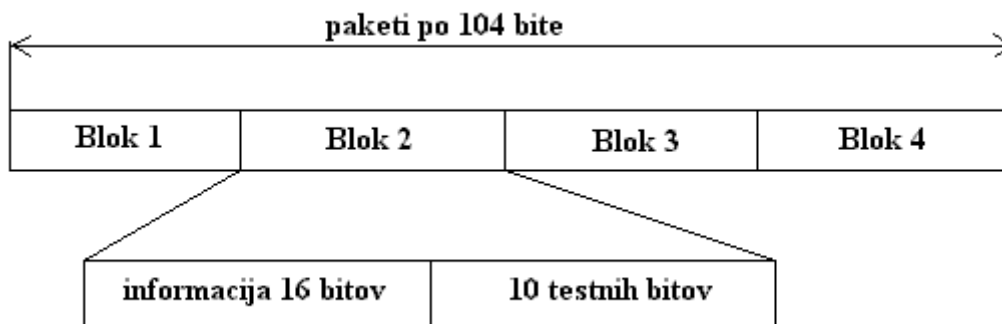
RDS je dodatna ponudba informacij poslušalcem radijskih sprejemnikov v vizualni oziroma pisni obliki. Sistem je bil osvojen leta 1984 in se je do danes zelo razširil. Uporablja se pri UKV - FM radijskem prenosu, v področju nad stereo signalom - 57kHz. RDS prenašamo z digitalno modulacijo in pasovno širino 2,4kHz.

Na istem nosilcu 57kHz se prenaša še signal **ARI (Auto Radio Informacija)**, ki avtomatsko poudari oddajo o cestnih razmerah in vremenu. Uporablja se za avtomobilске sprejemnike, uporablja amplitudno modulacijo in pasovno širino 1,2kHz. Če oddajnik nima teh informacij nas sprejemnik opozori.



Slika 128: Prikaz RDS signala v frekvenčnem spektru

Podatki RDS sistema se prenašajo v paketih. Vsak paket vsebuje štiri samostojne bloke po 26 bitov, cel paket pa 104 bite. Vsak blok je razdeljen na prvih 16 bitov, ki vsebujejo podatke in drugi del 10 bitov, ki so kot testni (korekcijski) in sinhronizacijski biti.



Slika 129: RDS signal

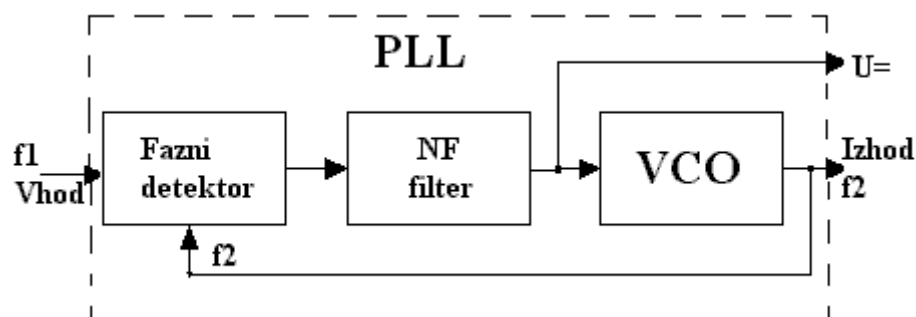
Usluge, ki ji ponuja RDS so:

- ime programa in frekvenca oddajnika;
- ura in datum;
- alternativne frekvence oddajne postaje;
- tekstovno obvestilo;
- Radio Paging - osebni klic preko radijskih valov (telefonska številka na katero se naj javimo) itd.

RDS ponuja veliko možnosti uporabe in se vedno bolj razširja. Za sprejem potrebujemo posebni dekoder in LCD prikazovalnik.

11 FAZNO UJETA ZANKA PLL (Phase Locked Loop)

Fazno ujeta zanka (PLL) je krmiljeno vezje s povratno zanko. Z njeno pomočjo krmilimo fazo in s tem frekvenco oscilatorja (VCO) tako, da se doseže sinhronizacija s frekvenco vhodnega signala ($f_{vh} = f_{izh}$). Fazna zanka je lahko analogna ali digitalna, mi si bomo ogledali le analogna sklenjeno zanko.



Slika 130: Analogna PLL zanka

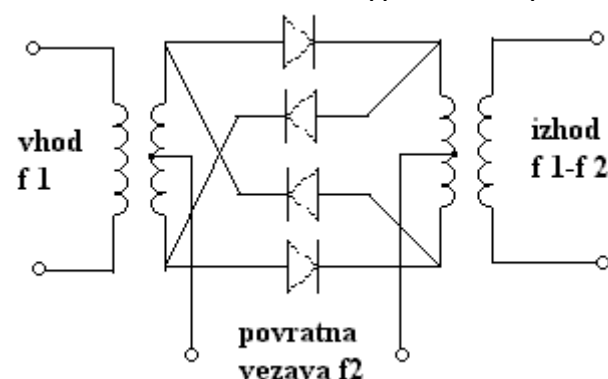
Enote fazne zanke:

Fazni detektor

Za fazni detektor uporabimo balansni ali obročni modulator. Vhodna signala sta sinusne oblike.

$$U_{vh}(t) = U_1(t) = U_1 \cdot \cos(\omega_1 t + \varphi_1)$$

$$U_2(t) = U_2 \cdot \cos(\omega_2 t + \varphi_2)$$



Slika 131: Fazni detektor

V faznem detektorju se ustvari produkt obeh signalov. Iz množice signalov na izhodu modulatorja izločimo le signal, ki vsebuje razliko frekvenc.

$$U_{izh}(t) = k \cos(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Nizko frekvenčni filter

Z nizkofrekvenčnim filtrom izločimo le signal razlike. Prenosna karakteristika filtra je:

$$F[j(\omega_1 - \omega_2)] - \text{prenosna funkcija filtra}$$

Meja filtra je f_{1min} do f_{1max} . V tem frekvenčnem območju lahko PLL deluje.

Delovanje:

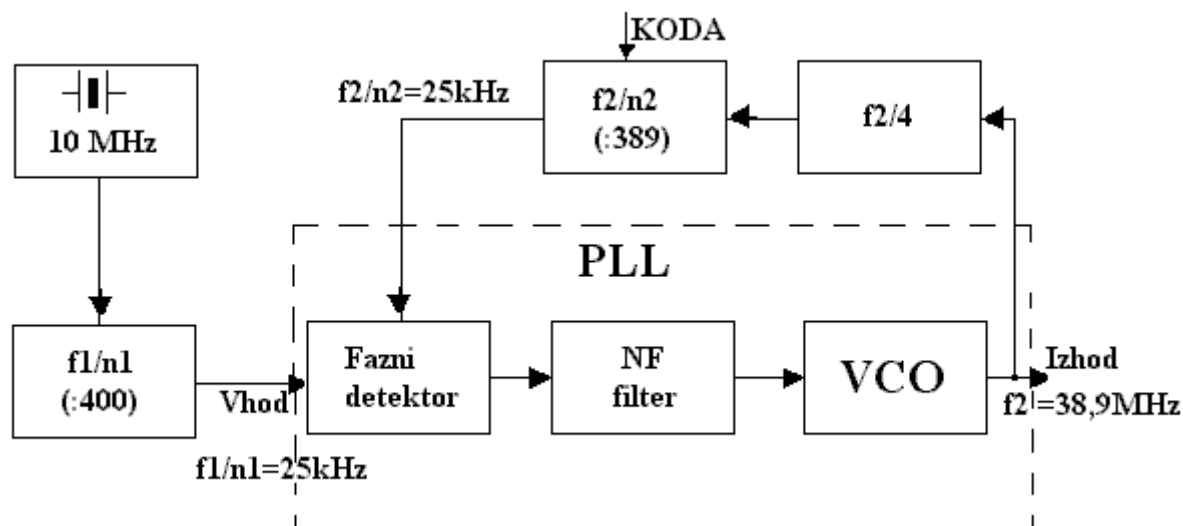
Če vhodnega signala ni, bo VCO nihal s frekvenco f_0 . To frekvenco bi lahko spreminjali z zunanjo napetostjo U , ki jo privedemo na vhod VCO-ja. Sedaj pripeljemo na vhod PLL frekvenco f_1 , ki je toliko različna od f_0 , da je razlika frekvenc še vedno v mejah NF filtra. Razlika frekvenc iz filtra vpliva na frekvenco VCO-ja tako, da ga poskuša spremeniti toliko, da bo frekvenca VCO-ja enaka vhodni frekvenci. Ko sta enaki pride do sinhronizacije.

Če spreminjamo frekvenco vhodnega signala bo VCO s svojo frekvenco preko zanke sledil vhodni frekvenci. VCO vedno strmi za tem, da je njegova frekvenca enaka vhodni frekvenci. Območje v katerem se to dogaja imenujemo »sledilno območje«.

Uporaba PLL

- Modulacija;
- Demodulacija;
- množenje frekvenc;
- frekvenčna sinteza;
- avtomatska regulacija frekvence (AFC);
- frekvenčna sinhronizacija.

11.1 Frekvenčna sinteza (indirektna)

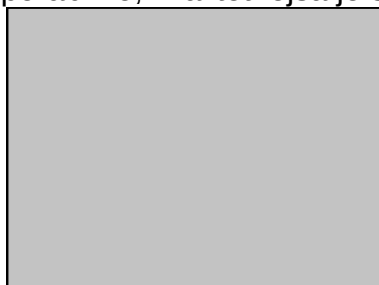


Slika 132: Indirektna frekvenčna sinteza

V vod povratne vezave vstavimo frekvenčni delilnik. Uporabimo digitalni števec, ki mu lahko od zunaj spreminjamo delilno razmerje. Frekvenca VCO-ja se deli s poljubnim številom n_2 . Na izhodu digitalnega števnika je signal občutno nižje frekvence f_2/n_2 , ki se vodi na en vhod faznega detektorja. Frekvenčno normalo 10 MHz delimo z delilnikom n_1 na občutno nižjo frekvenco. V faznem detektorju se primerjata fazi obeh signalov s frekvencama f_1/n_1 in f_2/n_2 . Ko se doseže sinhronizem, sta frekvenci obeh vhodnih signalov faznega detektorja enaki. Frekvenca izhodnega signala f_2 je torej: $f_2 = (n_2/n_1) \cdot f_1$.

12 OSNOVE TELEVIZIJSKE TEHNIKE

Za prenos slikovne informacije je potrebno najprej pretvoriti sliko v električni signal, ga prenesti in nato pretvoriti iz električnega signala nazaj v slikovno informacijo. To lahko izvedemo s pomočjo slikovnega rastra - sliko razstavimo na številne elemente ali točke. Večje število točk uporabimo, kvalitetnejša je slika.



Slika 133: Slikovni raster (točke v presečiščih črt)

12.1 Razstavljanje slike

Poznamo dva načina razstavljanja slike:

- mehanski in
- električni.

12.1.1 Mehanski način razstavljanja slike

Leta 1886 ga je patentiral Paul Nipkow. Temelji na kolutu s 30 odprtinami na sprejemni in na oddajni strani, katera sta se morala vrteti sinhrono.

Dobra stran je uporaba samo ene fotocelice na oddajni strani in ene tlivke na sprejemni strani.

Lastnosti:

- 30 odprtín → 30 vrstic;
- ena vrstica ima $4/3 * 30 = 40$ odprtín;
- vsaka slika je sestavljena iz $40 * 30 = 1.200$ elementov;
- vsako sekundo so prenašali 12,5 slik;
- dobimo $1200 * 12,5 = 15.000$ znakov na sekundo.

Kvaliteta slike je bila dokaj slaba in je s tem postopkom ni bilo mogoče izboljšati zaradi fizičnih omejitev.

12.1.2 Elektronsko razstavljanje slike

Omogoča nam, da razstavimo sliko na toliko vrstic, koliko jih potrebujemo za kvaliteten prenos. V našem TV sistemu se slika razstavlja na 625 vrstic. Prenaša se 25 slik (50 polslik, da se ognemo utripanju slike, saj je nanj oko občutljivo). Slike elektronsko razstavljamo s pomočjo snemalne elektronke. Dobljeni signal ojačimo, moduliramo in oddajamo, ali pa ga shranimo (analogno ali po A/D pretvorbi na digitalni način). Sliko ponovno sestavimo s pomočjo slikovne elektronke (Braunova elektronka - 1897 F. Braun).

Lastnosti (po normah CCIR):

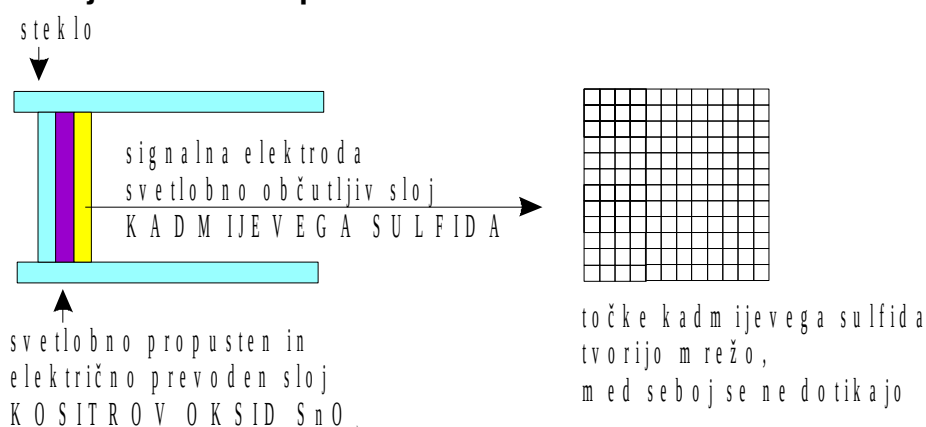
- 625 vrstic;
- ena vrstica ima $4/3 * 625 = (833) 830$ točk;
- vsaka slika je sestavljena iz $625 * 830 = 518.750$ točk;
- vsako sekundo prenašamo 25 slik;
- dobimo $518.750 * 25 = 12.968.750$ znakov na sekundo.

12.2 Pretvorniki svetlobnih signalov v električne (snemalne elektronke)

Pretvorbo slikovne informacije v električno izvedemo z optoelektričnimi pretvorniki. Pri snemalnih elektronkah lahko uporabimo:

- fotoupore (1873 – najprej odkrili – selenski fotoelement);
- fotocelice (uporabljeni pri prvih prenosih slike na daljavo – okrog 1930 s pomočjo mehanskega razstavljanja slike, 1939 v ortikonu (ikonoskopu) – 10^5 fotocelic);
- princip fotoprevodnosti polprevodnika – vidikon – praznjenje elementarnih kondenzatorjev (izboljšana verzija je plumbikon);
- polvodniški snemalni elementi (senzorji - CCD) (uporablja dva para diod → fotodiodo in stikalno diodo – s stikalno vključimo in odčitamo vrednost na fotodiodi).

12.2.1 Delovanje vidikona in plumbikona



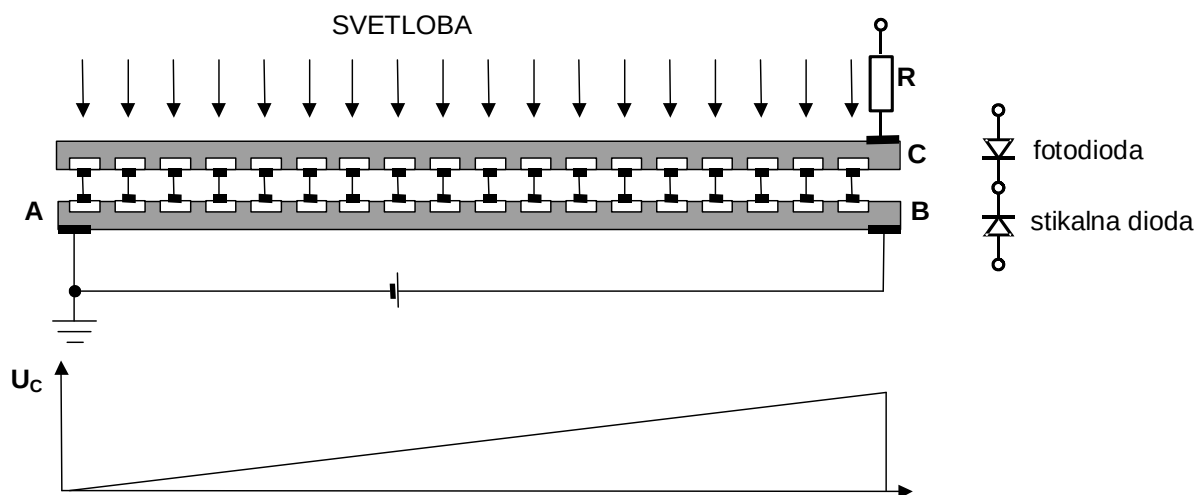
Slika 134: Prednja stran snemalne elektronke

Prednja stran snemalne elektronke je precizno brušena steklena plošča na katero je z notranje strani neparjen tanek sloj svetlobno propustnega in električno prevodnega materiala iz kositrovega oksida - SnO_2 .

Na ta sloj je nanešena polprevodna snov - svetlobno občutljiva plast iz kadmijevega sulfida, ki ima zelo visoko specifično upornost, ki pri osvetlitvi postane električno prevodna. Večja je osvetlitev, večja je prevodnost. Svetlobno občutljiv sloj imenujemo tudi signalna elektroda. Svetlobno občutljiv sloj v snemalni elektronki ni enakomerno nanešen, ampak je sestavljen iz velikega števila točk (300.000 - 520.000 točk) - fotouporov, ki tvorijo mrežo, katero snemalni žarek otipava po vrsticah.

12.2.2 Delovanje polvodniških snemalnih elementov – CCD

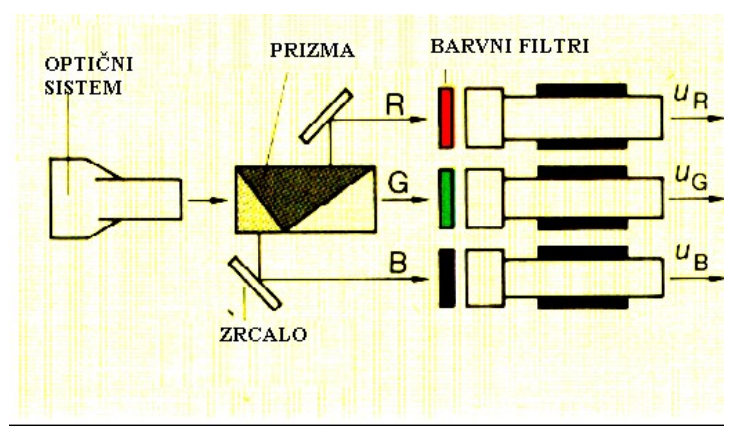
Osnova sta dve nasproti si stoječi silicijevi palici (iz palic sestavimo mozaik), v kateri so difundirani diodni pari. Diodne na strani osvetlitve so fotodiodi, diode na nasprotni strani pa stikalne. Vzdolž palice, ki nosi stikalne diode, se porazdeli napajalna napetost. Če je sponka C na potencialu 0, so vse stikalne diode zaprte. Če pa priključimo na sponko C žagasto napetost, se stikalne diode zaporedoma odpirajo in prepuščajo tok fotodiod, ki je odvisen od osvetljenosti. Na upor R dobimo stopničasto naraščajoč tok. Višina stopnic je odvisna od osvetljenosti posameznih diod.



Slika 135: Polvodniški mozaik

12.2.3 Snemalne kamere za barvno televizijo

Imajo vgrajene tri snemalne elektronke (publikone ali vidikone).

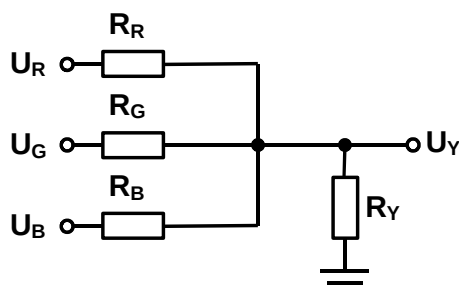


Slika 136: Shematski prikaz delovanja kamere za barvno TV

Snemamo le tri barve rdečo, zeleno in modro. Svetloba predmeta katerega snemamo pade na prizmo. Prizma razdeli svetlobo na tri področja (rdečo, zeleno in modro). Valovi svetlobe gredo preko srebrnih zrcal do barvnih filtrov za katerimi se nahajajo snemalni topovi (snemalne elektronke).

Poleg signalov U_R , U_G in U_B dajo barvne TV kamere še svetlostni signal (U_Y signal). Pomemben je za združljivost s črno – belo TV, hkrati pa ga uporabljamo za zagotavljanje ostrine slike. U_Y signal dobimo s pomočjo seštevalnega vezja, ali pa s četrto snemalno elektronko v kameri.

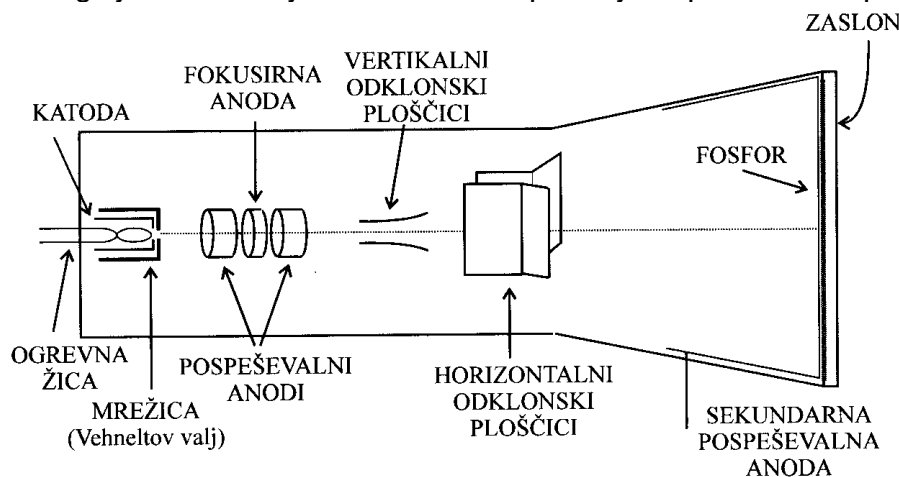
$$U_Y = 0,3 \cdot U_R + 0,59 \cdot U_G + 0,11 \cdot U_B$$



Slika 137: Vezje za seštevanje barvnih komponent slikovnega signala

12.3 Pretvorniki električnih signalov v svetlobne (slikovne elektronke)

Pretvornik električnih signalov v svetlobne, ki ga uporabljamo v TV imenujemo katodna cev. Poglejmo delovanje katodne cevi uporabljene pri osciloskopu.



Slika 138: Shema katodne cevi

12.3.1 Delovanje katodne cevi

Katoda, ki jo ogrevamo z žarilno nitko, generira oblak elektronov v okolici katode (termoemisija). Na elektrone okoli katode deluje sila električnega polja, ki je med (negativno) katodo in (pozitivno) anodo. Elektroni so pospešeni (letijo) proti anodi (pospeševalna anoda). Velikost toka (število elektronov) je odvisna od jakosti električnega polja.

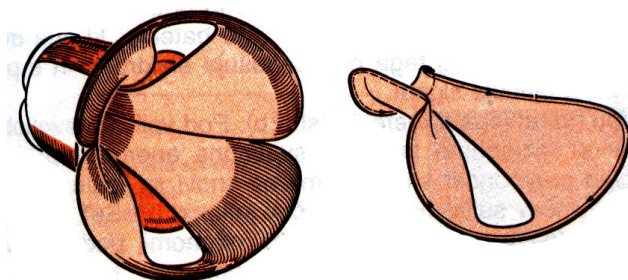
Mrežica je izvedena v obliki pokrova, ki ima le v sredini majhno luknjico, skozi katero gredo elektroni proti anodi. Ker bi se elektroni na poti proti anodi razpršili, je med anodama še fokusirna anoda. Za fokusirno anodo dobimo snop elektronov v osi katodne cevi. Tak snop elektronov pade ravno v sredino zaslona. Če za anodo ni nobenih elektrod, ki bi povzročale električno polje, elektroni letijo z nespremenjeno hitrostjo proti zaslonu.

12.3.2 Odklanjanje elektronskega snopa

Elektronski snop odklanjamo tako, da na njegovi poti proti ekranu ustvarimo električno (ali magnetno) polje, ki deluje na elektrone tako, da spremenijo smer gibanja. Odklanjanje žarka je pri tem odvisno od jakosti polja in od časa, v katerem polje deluje na elektrone.

Poznamo:

- **elektrostatično** odklanjanje (z "odklonskima" ploščicama ustvarimo električno polje, ki odklanja elektrone; odklon je sorazmeren napetosti med ploščicama; odklonske sile so (relativno) majhne, tako je tudi odklonski kot $\alpha < 30^\circ$; ne potrebuje energije in je primernejše za višje frekvence; pretežno ga uporabljajo osciloskopi) in
- **elektromagnetno** odklanjanje (uporabimo "odklonske tuljave", ki ustvarjajo magnetno polje, ki odklanja elektronski snop; odklon (α) je odvisen od toka; primerno za nizke frekvence in velike kote odklona $\alpha > 30^\circ$; se uporablja pretežno v TV).



Slika 139: Tuljave za magnetno odklanjanje

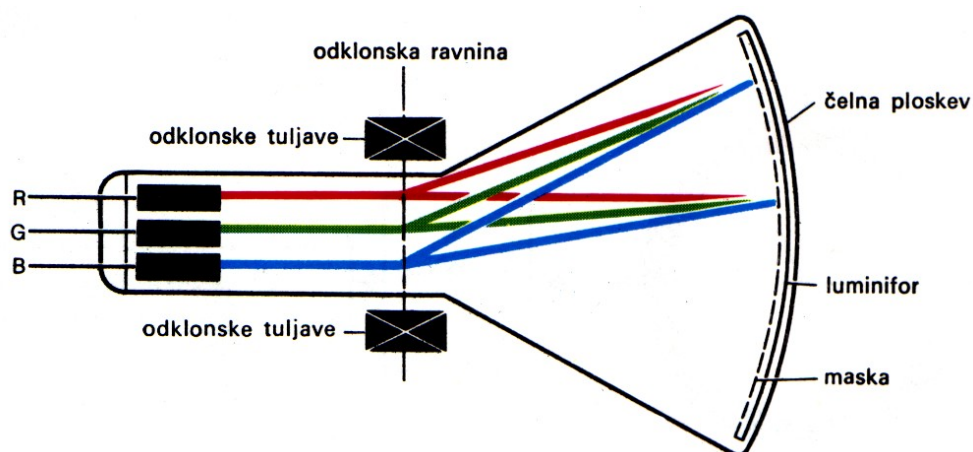
12.4 Barvne slikovne elektronke

Barvna TV se je začela uveljavljati po letu 1950 v ZDA. Pojavili so se različni koncepti sinteze barvne slike in različne barvne slikovne elektronke (Braunove elektronke):

- chromatron;
- colortron;
- kineskop z zasenčevalno masko (shadow – mask kinescope, RCA), ki se uporablja še danes.

12.4.1 Barvni kineskop z masko

V vratu elektronke so trije elektronski topovi. Krmilimo jih z napetostmi U_R , U_G in U_B . Elektronski snopi potujejo skozi magnetno polje proti zaslonu. S pomočjo magnetnega polja usmerjamo elektronske snope v vertikalni in horizontalni smeri. Zaslon je z notranje strani premazan z luminiforjem, ki se zasveti, ko vanj udarijo elektroni. Barvo in perzistenco svetlobe določa snov luminifora.

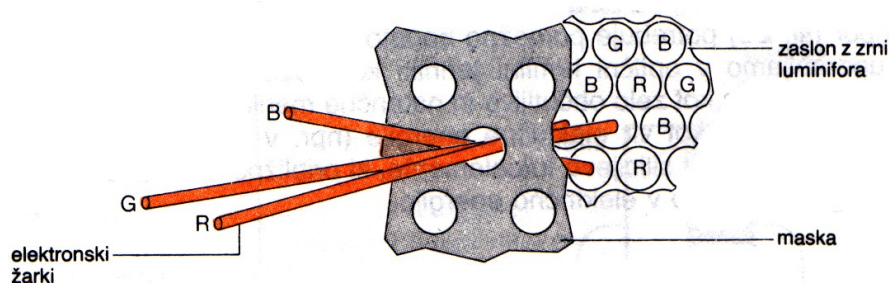


Slika 140: Barvni kineskop z masko

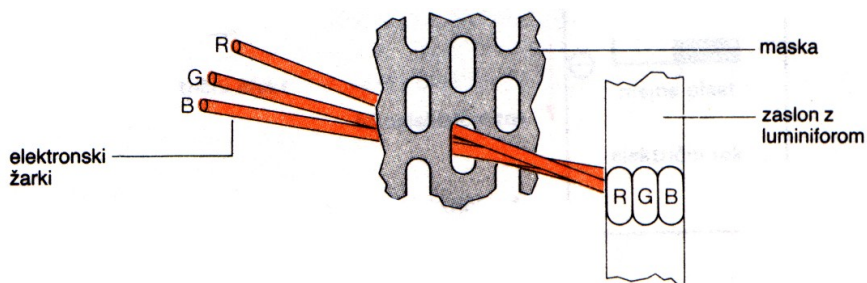
Poznamo dva tipa braunovih elektronk:

- delta – luminifor v obliki satovja (starejši tip) – topovi razporejeni v vogale enakostraničnega trikotnika;
- in line - luminifor v obliki vzporedno razmeščenih zrnih treh barv (ali v obliki trakov) – topovi razporejeni v isti ravnini eden ob drugem - TRINITRON.

Pred zaslonom je perforirana maska, tako da vsakemu trojčku pripada samo ena odprtina v maski.

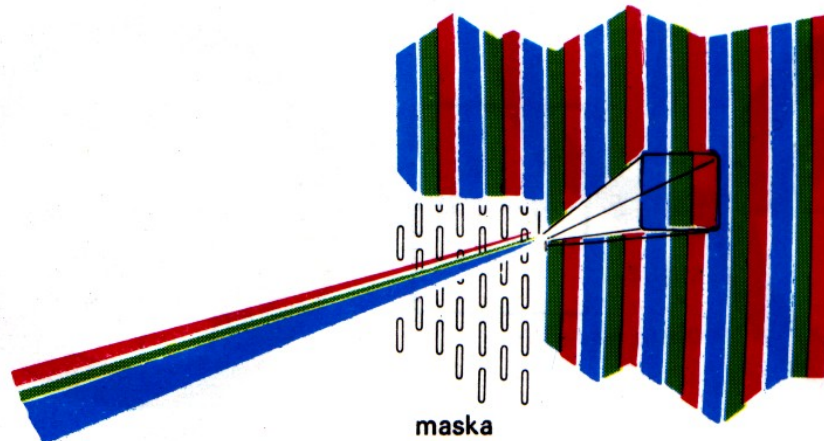


Slika 141: Izrez iz maske in luminifora pri elektroniki 'delta'



Slika 142: Izrez iz maske in luminifora pri elektroniki 'in line' - TRINITRON

Pri trinitronu je širina snopa tolikšna, da prekrije vsaj dve reži v rešetki. Svetlobo tako oddaja vsaj šest elementarnih luminiforjev hkrati – veliko lažje se doseže dinamična konvergenca. Poleg tega so dimenzije elektronke manjše, doseže se velika globinska ostrina, pa tudi svetlost in ločljivost sta nekoliko večji.

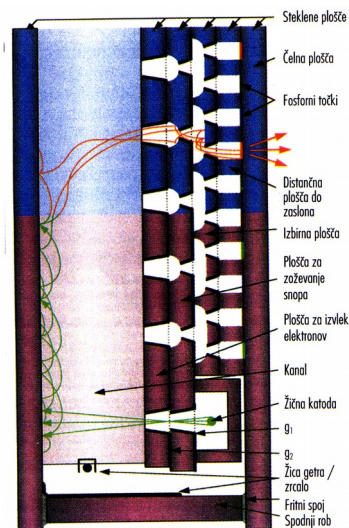


Slika 143: Maska in tribarvni luminifor v obliki trakov na zaslonu

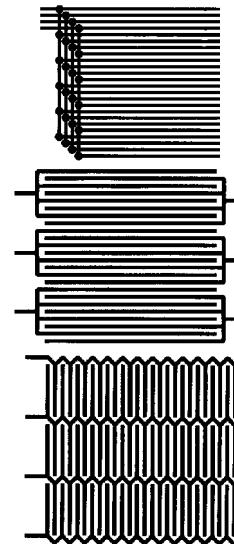
12.4.2 Philipsova ploščata slikovna elektronka – Zeus (1996) [ŽT 12/98]

Lastnosti:

- elektronka je popolnoma ravna in debela le 1 cm;
- barvni prikaz je matrični – ni težav z robno linearnostjo in barvno konvergenco;
- razdalje od katode do zaslona majhne – potrebne majhne napetosti – posledično majhno sevanje;
- za format 16:9 ima 1100 stolpcev in 625 vrstic;
- matrika je multipleksirana (zmanjšamo število priključkov na vsaki strani zaslona).



Slika 144: Navpični prerez ploščate barvne slikovne elektronke 'Zeus'



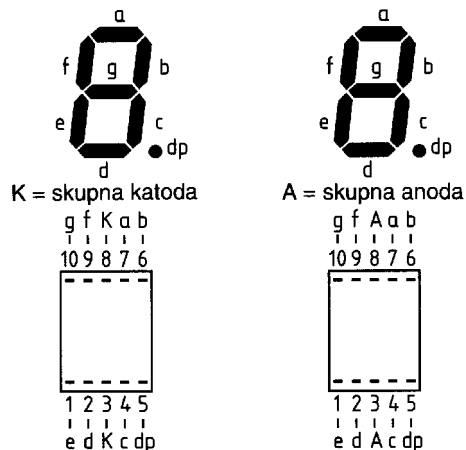
Slika 145: Načini medsebojnega povezovanja luknjic, ki omogočajo multipleksiranje

Delovanje:

Temelji na virtualni katodi, ki je sposobna enakomerno oddajati elektrone po vsej višini kanala. Zaslona ima točke iz fosforja, ki zasvetijo rdeče, modro ali zeleno. Zasveti (pritegne elektrone) tista točka, ki jo določimo z matriko.

12.4.3 LED prikazovalniki

LED diodo uporabimo za sestavo prikaza števil in črk. Številko sestavimo iz segmentov ter v vsak segment postavimo LED diodo. Minimalni število segmentov za sestavo številke je sedem in zato jih imenujemo sedem segmentni prikazovalniki. Lahko pa imamo sestavljene znake iz matrike (veliko število LED diod; srečamo na velikih uličnih prikazovalnikih za prikaz reklam).



Slika 146: LED prikazovalnik

12.4.4 Prikazovalniki s tekočimi kristali ali LCD (liquid crystal display)

Tekoči kristali so organske snovi z zelo dolgimi molekulami, ki imajo v električnem polju posebne lastnosti, vendar kristalne strukture.

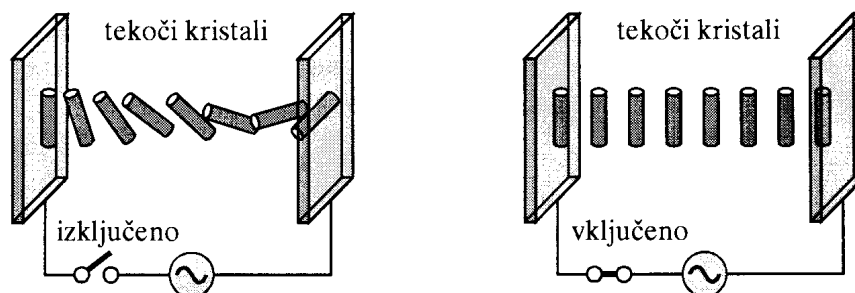
12.4.4.1 Polarizacija svetlobe

Svetloba je elektromagnetno valovanje. Komponenta električnega polja se lahko vrti po krožnici pri razširjanju skozi prostor. Takšno valovanje se imenuje krožno polarizirano, ki ga oddajajo izvori (sonce, svetilo). Pri odboju svetlobe je smer električnega polja v ravnini in zato je ta svetloba linearno ali ravninsko polarizirana. Prehod svetlobe skozi določene snovi se tudi linearno polarizira, zato te snovi imenujemo polarizatorji.

Tekoči kristali prepuščajo le svetlobo, ki je enako polarizirana kot so usmerjene molekule tekočih kristalov.

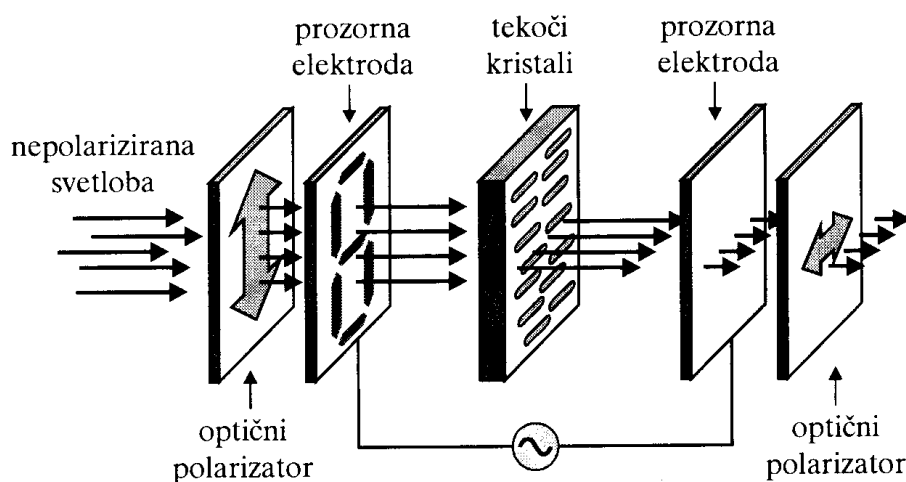
Če so molekule tekočih kristalov orientirane navpično, bodo prepuščale le navpično polarizirano svetlobo, ki pa jo kristali z globino zasučejo za 90° in tako dobimo na izhodu vodoravno polarizirano svetlobo.

Ko pa med elektrode priključimo električno napetost, se vse molekule tekočega kristala razporedijo v eno smer in spremembe polarizacije za 90° ni in prepuščajo navpično polarizirano svetlobo.



Slika 147: Sprememba orientacije tekočih kristalov

Prikazovalnik s tekočimi kristali je zgrajen iz dveh optičnih polarizatorjev, prevodnih elektrod ter vmesne celice, kjer so zaprti tekoči kristali (debeline do nekaj $10\mu\text{m}$).



Slika 148: Sestava tekočih kristalov

Tekoče kristale postavimo med dva optična polarizatorja – s prvim prepuščamo le navpično polarizirano svetlobo, drugi pa prepušča le vodoravno polarizirano svetlobo. Če na kristalih ni napetosti, bo izhodna svetloba polarizirana vodoravno in jo bo zato vodoravno optični polarizator prepuščal. Če pa na kristale pritismo napetost (zasuka na kristalih ne bo), zato navpično polarizirana svetloba ne bo mogla skozi vodoravni optični polarizator – površina bo postala črna.

Poznamo:

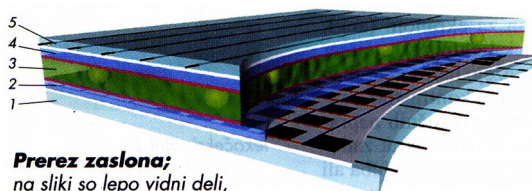
- transmisijske – vir svetlobe je postavljen za prikazovalnikom in;
- refleksijske – svetloba se na zadnji strani odbije v ogledalu.

Ločimo še:

- zaslon s pasivno matriko;
- zaslon z aktivno matriko, imenovan tudi TFT (thin film transistor) – uporabljajo jo vsi zaslani.

Lastnosti prikazovalnikov s tekočimi kristali:

- imajo zelo majhno porabo električne moči;
- slika je svetlejša in kontrastnejša, ostrejša, bolj mirna in brez geometrijskih popačenj;
- slabost pa je dolgi odzivni čas in napake v matriki;
- slabost je tudi kot, pod katerim še vidimo prikaz.



Prez zaslona;

na sliki so lepo vidni deli, ki nadzorujejo prikaz slike.

- 1 – Svetloba vstopi skozi spodnji polarizator.
- 2 – Polarizirana svetloba nadaljuje pot skozi transparentni TFT-film z baznimi in kolektorskimi nitkami.
- 3 – Tekoči kristal (s primešanimi »spacerji« – žogicami, ki določajo debelino plasti) je zaprt med stekleni plošči s poravnavnima filmoma in ne vpliva na polarizacijo svetlobe, če je tranzistor v delovanju.
- 4 – Nad zgornjo stekleno ploščo je nalepljena ozemljena elektroda.
- 5 – Zgornji polarizator (analizator) prepusti svetlobo, če tranzistor ne deluje.

Slika 149: Sestava zaslona na tekoče kristale [ŽT - 3/2001]

12.4.5 Plazma prikazovalniki

Plazma prikazovalniki delujejo na principu prevajanja električnega toka v plinih. Posamezno točko prikazovalnika prižgemo s pomočjo križno nameščenih elektrod. Elektrode so nameščene vodoravno in navpično (mreža). Ko priključimo napetost na eno navpično in eno vodoravno elektrodo, pride na mestu, kjer se obe dve križata, do tlenja plina in prikaže se svetla točka plazme. Uporablja se pojav fluorescence. Zasloni delujejo pri nizkih napetostih, slabost pa je neučinkovito pretvarjanje elektrike v svetlobo [ŽT - 8/2001].

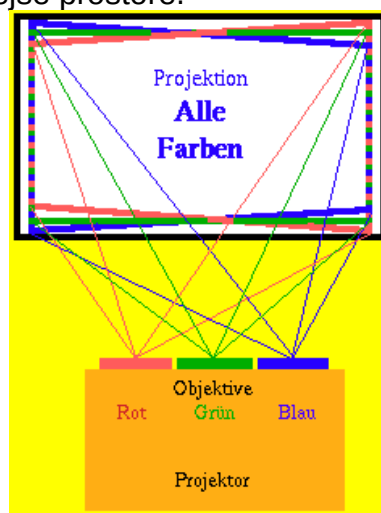
12.4.6 Videoprojektorji

Po načinu delovanja ločimo [PC&mediji 10/00]:

- ANALOGNI – CRT (Cathode Ray Tube);
- DIGITALNI.

12.4.6.1 Analogni videoprojektorji

Analogni videoprojektorji so podobno kot TV opremljeni s katodnimi cevmi. Prepoznamo jih po treh objektivih (R, G, B). Kakovost slike je boljša kot pri digitalnih, vendar primernejša za temnejše prostore.



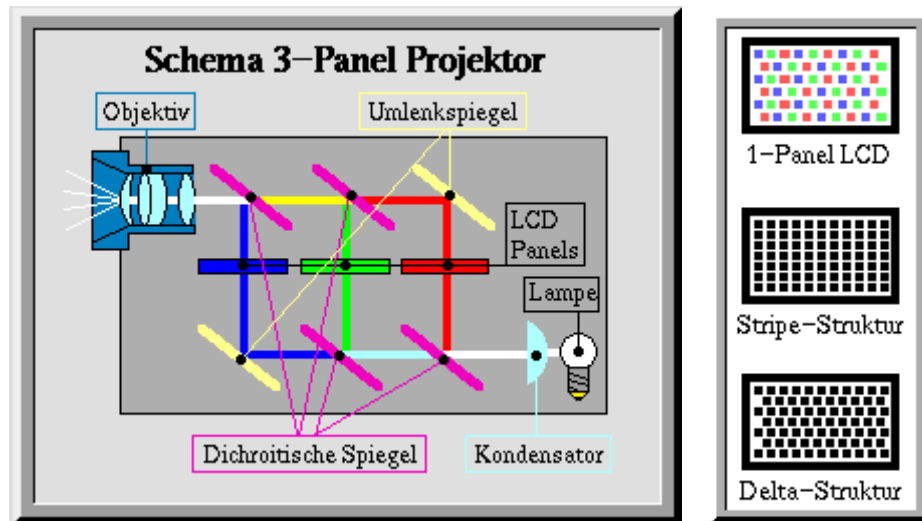
Slika 150: CRT projektor

12.4.6.2 Digitalni videoprojektorji

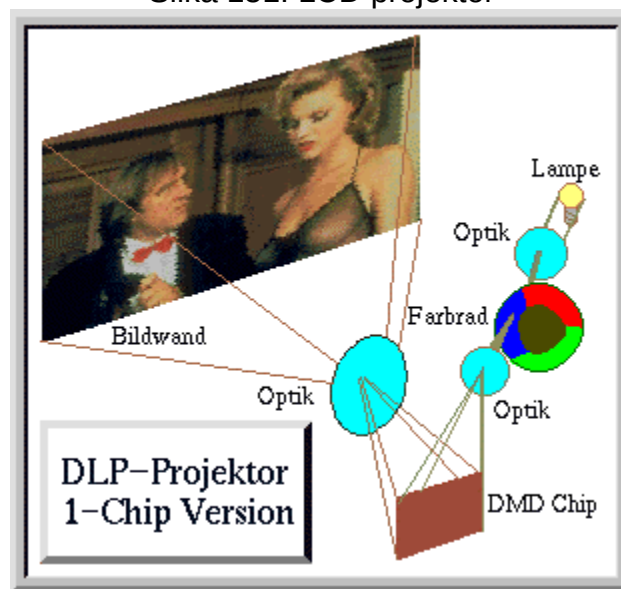
Digitalne videoprojektorje po načinu delovanja ločimo na:

- LCD (Liquid Crystal Display) – slika nastane na majhnem prozornem zaslonu LCD, ki deluje kot nekakšen diapozitiv. Skozenj sveti močna žarnica in slika, ki nastane na zaslonu LCD, skozi objektiv projicira na platno;
- DLP (Digital Light Processing) – slika nastane po zaslugi posebnega čipa, prekritega z mikroskopsko majhnimi premičnimi zrcali. Vsako zrcalo predstavlja eno piko na zaslonu in usmerja svetlobo žarnice skozi objektiv na platno.

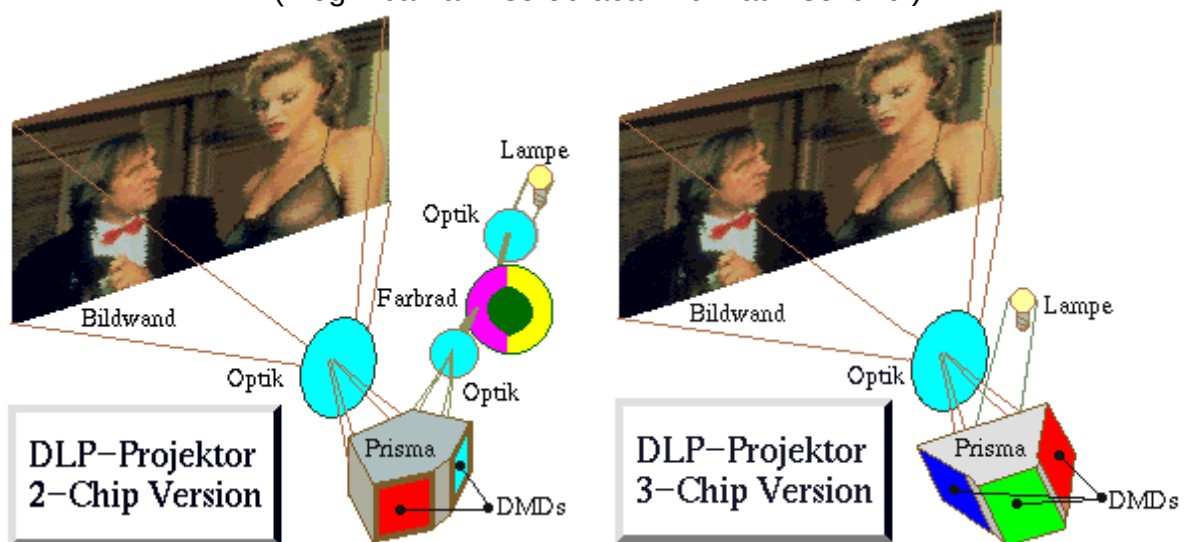
Projektorji DLP imajo svetlejšo sliko od projektorjev LCD in kakovost barv je boljša. Trenutno zmorejo projektorji ločljivost UXGA – 1600 x 1200 pik. Za prikaz TV slike moramo ločljivost prikaza prilagoditi TV (zadostuje 600 x 800 pik). Velikost slike je odvisna od oddaljenosti od platna.



Slika 151: LCD projektor



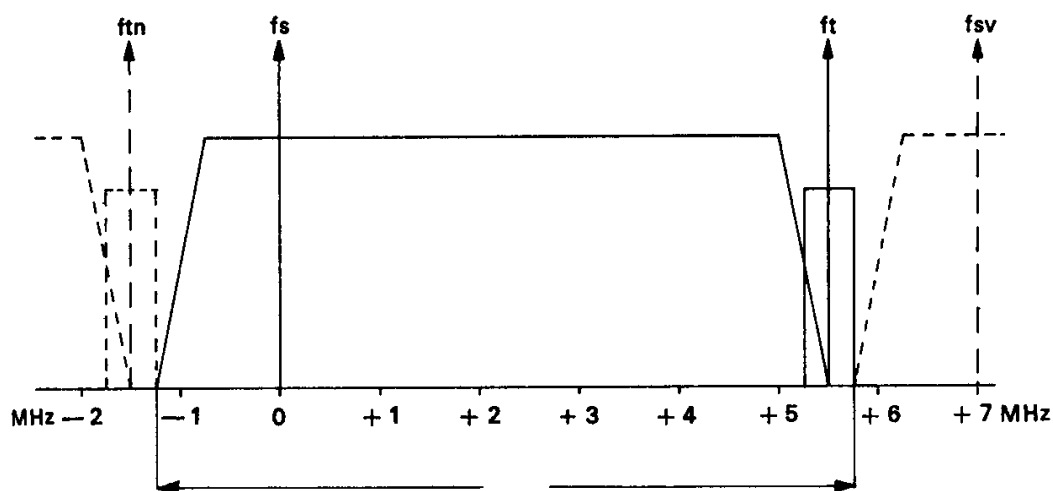
Slika 152: DLP projektor z enim integriranim vezjem (krog z barvami se obrača 120 krat v sekundi)



Slika 153: DLP projektor z dvema in tremi integriranimi vezji

12.5 Sestavljeni video signal

Širino TV kanala določimo iz števila točk, ki jih moramo prenašati v eni sekundi – po normi CCIR je to 6,5 MHz. Iz praktičnih razlogov so širino skrčili na 5 MHz. S standardom je določeno, da se prenaša le zgornji bočni pas, spodnji pa le delno (750kHz).



Slika 154: Frekvenčni spekter televizijskega signala

Zvokovni nosilec, ki je frekvenčno moduliran, je od slikovnega nosilca (amplitudno moduliranega) oddaljen za 5,5 MHz.

Video signal mora vsebovati vse signale za verno reprodukcijo slike, zato moramo slikovnemu signalu še dodati sinhronizirne impulze in zatemnilne impulze.

Imamo dva sinhronizacijska impulza; vrstičnega in polslikovnega.

Za izločitev teh signalov od video signala imamo v TV vezje, ki ga imenujemo amplitudni separator.

12.6 Sistemi barvnega prenosa in sistem PAL

Pri barvni TV se uporabljajo trije sistemi;

- NTSC;
- SECAM in
- PAL.

12.6.1 NTSC sistem

Nastal je v ZDA leta 1953. Pomanjkljivost so znatna popačenja slike, ki se pojavijo, kadar pride na poti od oddajnika do sprejemnika do faznih in amplitudnih popačenj signala. Za prenos barve se prenašata signala I (In phase – sofazen) in Q (Quadrature – fazno premaknjen za 90°), ki jih dobimo iz R, G in B. Prenašamo 525 vrstic in 60 polslik v sekundi.

12.6.2 SECAM sistem

Nastal je v Franciji. Razvil se je z namenom zmanjšanja popačenj slike pri popačenju signala na prenosni poti. Za prenos barve se prenašata signala D_R in D_B (hkrati le eden).

12.6.3 PAL sistem

Nastal je v Nemčiji leta 1963. Ima boljše lastnosti, kot NTSC in SECAM. Barvna informacija se prenaša s pomočjo signalov U in V. Informacijo o barvi fazno

moduliramo na nosilec, ki je 4,43 MHz premaknjen od video nosilca. Prenašamo 625 vrstic in 50 polslik v sekundi.

Povzetek:

Vsaka vrstica ima različen nivo signala v odvisnosti od svetlobe (delovanje snemalne elektronke).

Dodamo sinhronizacijske impulze, ki omogočajo vračanje žarka:

- na začetek vrstice,
- na začetek slike.

Sihronizacijske impulze dodamo pri snemanju in jih prenašamo z videosignalom, da je zagotovljena sinhronizacija.

Sihronizacija: prva vrstica v snemalni elektronki je prva vrstica v slikovni elektronki.

Dobimo video signal = svetlobni + sinhronizacijski signali.

Video signal AM moduliramo na nosilno frekvenco slike, ki je različna za vsak TV kanal.

Tonski signal FM moduliramo na nosilec, ki je premaknjen za 5.5 MHz, glede na nosilec slike.

Informacije o sliki ne prenašamo v celoti, ampak levi bočni pas le do 0.75 MHz, desnega pa v celoti (5MHz).

BARVNI PRENOS

Svetlobo lahko razstavimo na posamezne barve.

Dovolj so tri barve: R-rdeča, G-zelena, B-modra.

Prenašati moramo tudi signal za ČB sliko: $Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$.

Koliko katere barve dodamo Y signalu je odvisno od občutljivosti očesa na posamezno barvo. Ugotovili so razmerje 0.3R:0.59G:0.11B.

Dovolj je, če prenašamo tri signale od štirih: $R - Y = U$, $G - Y = V$, Y.

Signale U, V in Y prenašamo v istem frekvenčnem pasu kot ČB sliko (Y), zato moramo zagotoviti, da se med sabo ne pomešajo.

U in V signala fazno premaknemo za 4.43 MHz, ker s tem preprečimo, da bi se pomešala signala z Y signalom. U signal nima zamaknjene nosilca barve, V signal ima za 90° premaknjen nosilec barve = kvadratna modulacija. Dobimo signala F_V in F_U . Oba signala seštejemo in dobimo barvni signal F. Barvo določa kot in velikost barvnega signala.

12.7 HDTV – High Definition Television

O HDTV so pričeli razmišljati leta 1971 z željo postavitve enotnega sistema TV prenosa v svetu. Leta 1981 so predstavili sistem z 1125 vrsticami, 60 polslikami na sekundo in formatom slike 5:3. Za to bi potrebovali 24 MHz pasovne širine za luminantni signal (svetlost) in 7 MHz za barve. Končni predlog v tej fazi je bil:

- 1125 vrstic;
- 60 polslik na sekundo;
- 20 MHz pasovne širine za luminantni signal in
- 7 MHz za barve.

V osnovi je bil namen prenašati HDTV preko satelitov in kabelskih omrežij. Kvaliteta je ekvivalentna 35 mm filmu.

Leta 1984 ameriška postaja CBS predlaga:

- 1050 vrstic (dvakrat več kot 525 (NTSC) – poceni pretvorba);
- 60 polslik na sekundo;
- format slike 5:3;
- prenos po dveh obstoječih TV kanalih in sestavljanje slike v sprejemniku (izmenično jemanje vrstic).

HDTV je postala ponovno aktualna v začetku devetdesetih, ko se je začelo govoriti o kristalno čisti sliki (ločljivost 1920 x 1080), širokem zaslonu (16:9) in prostorskem zvoku (Dolby Digital).

Izkazalo se je, da gledalci in TV postaje še niso pripravljeni na zamenjavo sprejemnikov in nove digitalne opreme v studijih.

Razvoj in standardizacija sta se nato preusmerili v Digitalno TV (DTV).

12.8 Digitalna TV – DTV

DTV vključuje tudi HDTV, vendar v osnovi pomeni le prehod iz analognega na digitalno oddajanje in sprejemanje. Po raziskavah bi naj večina evropskih držav prešla na digitalno oddajanje do leta 2002.

Prednosti DTV:

- pasovna širina prenosa TV signala se ne spremeni (stiskanje po MPEG2 formatu);
- sistem je združljiv z obstoječimi TV aparati in je dovolj že nakup digitalnega sprejemnega vmesnika STB (Set Top Box);
- kvaliteta slike se z oddaljenostjo ne slabša (ali sprejemaš, ali ne – digitalni signal);
- možnost sočasnega oddajanja do 6 različnih programov v enem TV kanalu s sedanjo kakovostjo slike;
- brezžična tipkovnica in možnost deskanja po spletu (internet);
- možnostčasne zaustavitve programa v živo (lahko shraniš in pozneje pogledaš del filma).

12.8.1 Spletna TV

Spletna TV pomeni spremljanje gibljive slike preko računalnika s posebno kartico (omogoča tehnologija ADSL – hiter prenos podatkov po telefonski liniji).

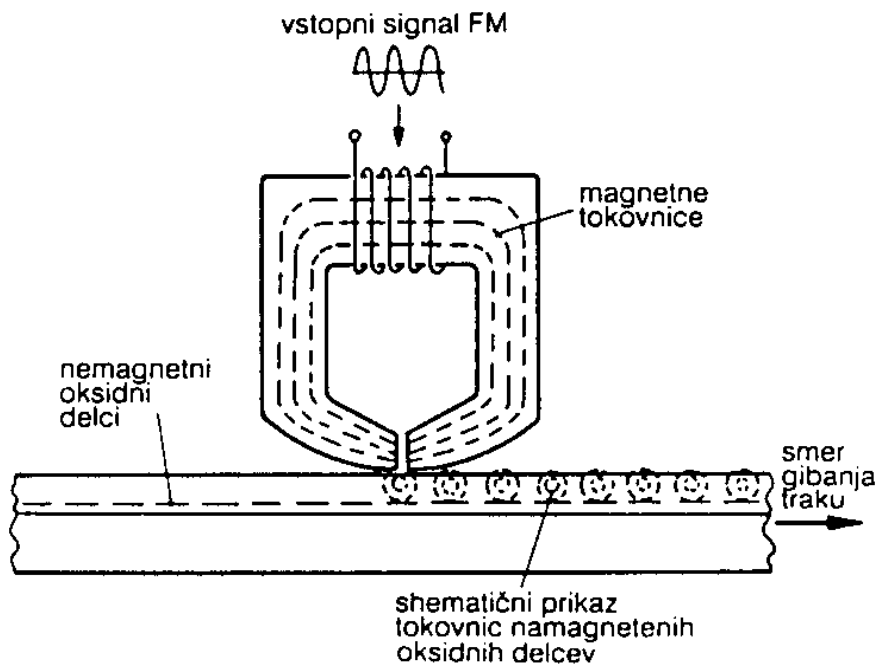
S prihajajočimi tehnologijami postaja komunikacija dvosmerna – izbirali si bomo lahko kaj in kdaj bomo gledali!

13 SHRANJEVANJE SLIKOVNE INFORMACIJE [10]

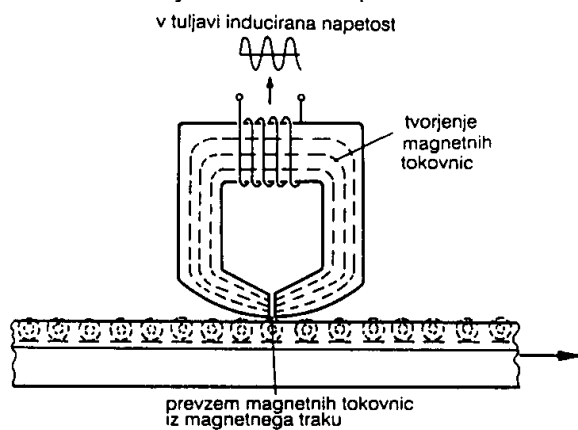
S kamerami smo slikovni in tonski signal pretvorili v električno obliko. Električno obliko smo nato lahko predvajali na elektro – optičnih pretvornikih (TV, projektorji,...) ali pa jo prenašali na daljavo. V tem poglavju bomo pogledali možnosti shranjevanja slikovne in tonske informacije na obstojne medije za kasnejšo predvajanje.

13.1 Videorekorder – magnetno snemanje na trak

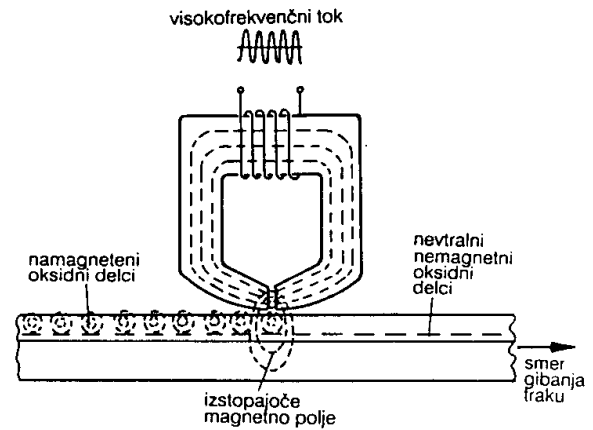
Magnetno snemanje signalov na magnetni trak je zasnovano na elektromagnetnih principih (podrobnosti glej v poglavju magnetno snemanje tonških signalov) – zapis je analogen. Tonski signal so prvič posneli na magnetni trak leta 1935, videosignal pa šele leta 1956.



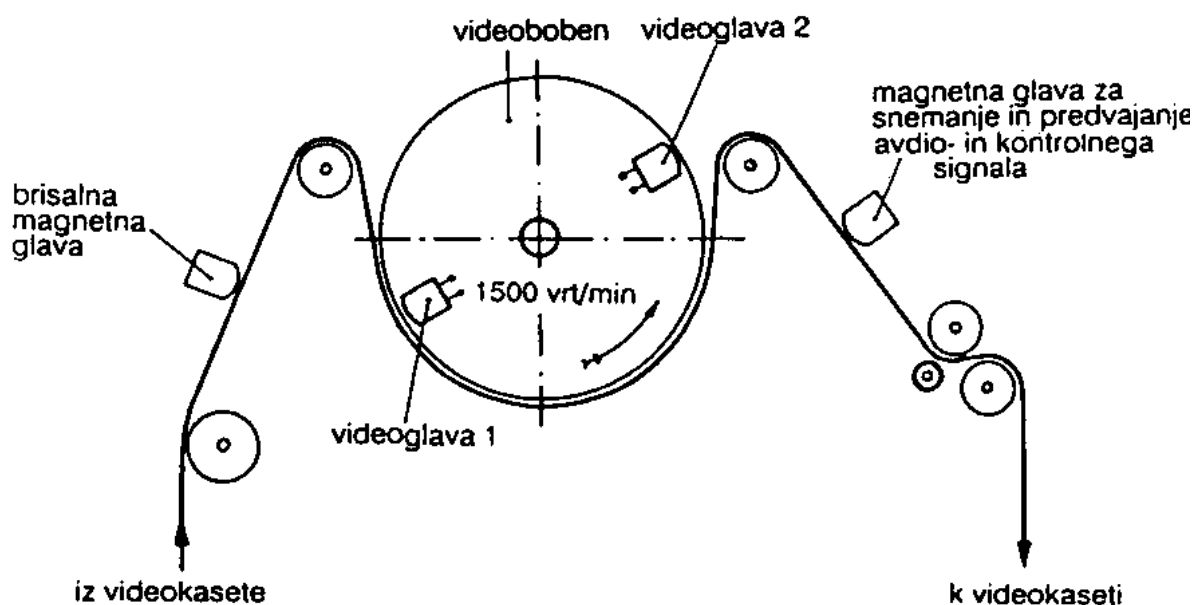
Slika 155: Snemanje video ali avdiosignala na magnetni trak
Zračna reža je široka 0,3 μm.



Slika 156: Predvajanje video ali avdiosignala iz magnetnega traku



Slika 157: Brisanje video ali avdiosignala iz magnetnega traku



Slika 158: VIDEOREKORDER – osnovna shema vodenja in transporta magnetnega traku ter položaja magnetnih glav

Zaradi velike frekvenčne širine video signala (6 MHz) so uporabili naslednje principe:

- vrtljive videoglave (relativna hitrost med glavami in trakom se poveča) – pri snemanju video signala je potrebna 200 krat večja hitrost (okoli 9,5 m/s) kot pri snemanju tonskega signala (4,75 cm/s);
- frekvenčno modulacijo videosignala (FM);
- kolor na spodnjem delu (sestavljene video signal razdeli na dva dela – luminentni in krominentni; krominentni signal premaknemo v področje od 500 do 900 kHz).

13.1.1 Kriteriji kvalitete

- Najvažnejši podatek pri videorekorderju je ločljivost slike (podana s številom linij ali s frekvenco snemanja videosignala). Za amaterske videonaprave je ta vrednost 3 MHz, studijske več kot 5 MHz.
- Drugi kriterij je razmerje signal/šum – je merilo za čistost slike ("sneg"). Za amaterske videonaprave je ta vrednost 40 dB, studijske 50 dB.

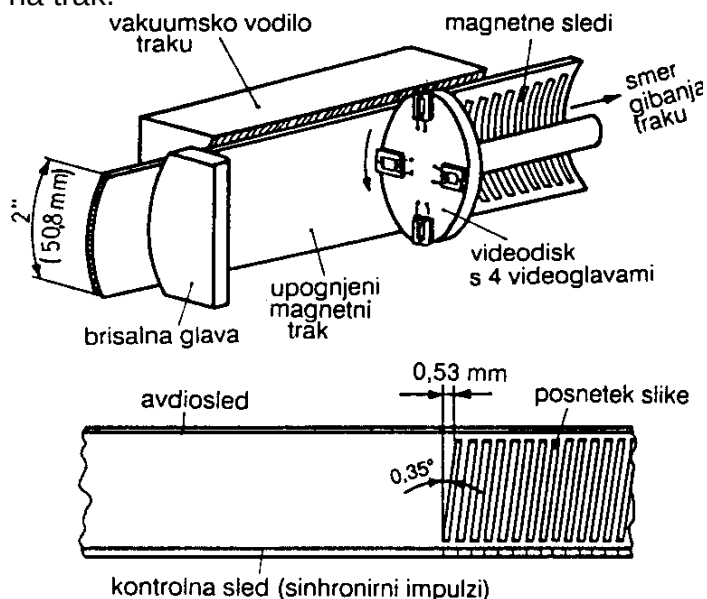
13.1.2 Lege magnetnih sledi

Pri tonskem snemanju imamo vzdolžno snemanje signalov, video signal pa snemamo na dva načina:

- prečno snemanje (kvadropleksni, transverzalni);
- poševno snemanje (Helikoidalni – angl. helical scan).

13.1.2.1 Prečno snemanje signalov

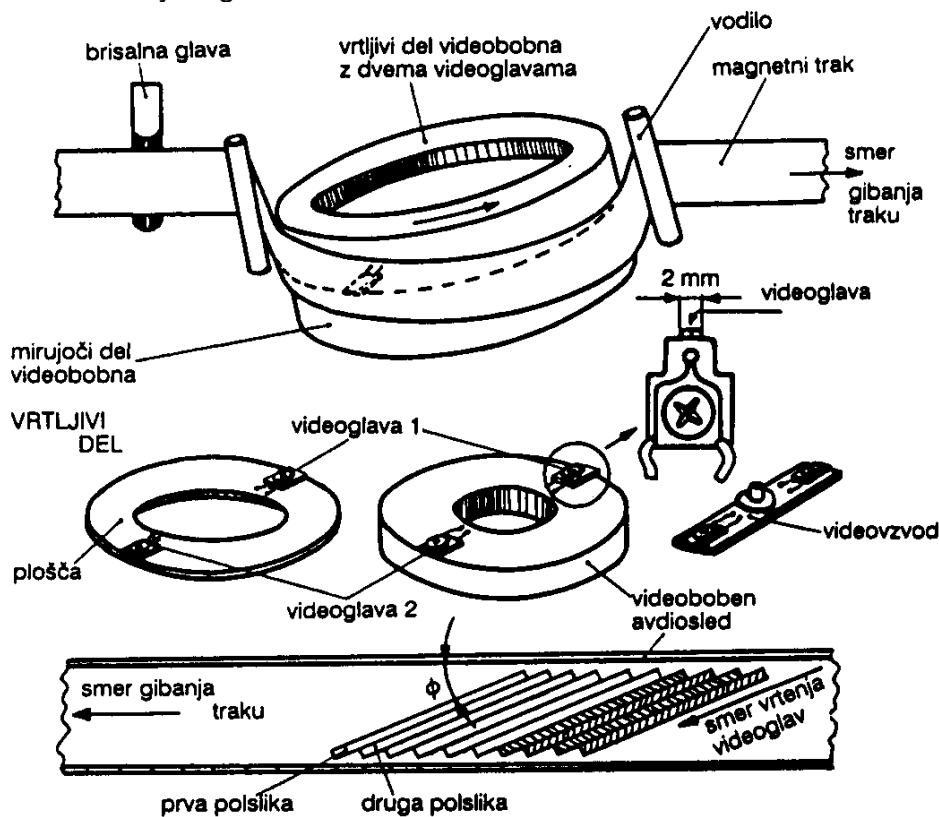
Ta način uporabljajo videorekorderji, ki se uporabljajo v TV-studijih. Sledi so posnete skoraj pravokotno na trak.



Slika 159: Prečno (kvadroleksno) snemanje signalov

13.1.2.2 Poševno snemanje signalov

Poševno snemanje se je pokazalo kot najboljša kompromisna rešitev med ugodno porabo magnetnega traku in preprosto rekonstrukcijo videorekorderja pri hkratni veliki hitrosti snemanja signalov.



Slika 160: Poševno snemanje signalov

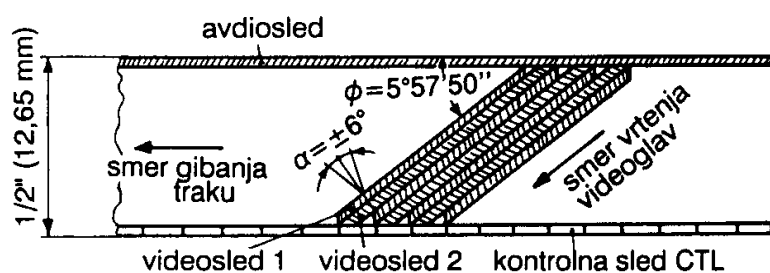
Vsi amaterski in polprofesionalni videosistemi imajo poševno snemanje video signala, vendar sistemi niso kompatibilni. Poznamo naslednje sisteme, pri katerih je nosilec informacije magnetni trak:

- VHS (VIDEO HOME SYSTEM) 1976 – je najbolj razširjen amaterski video sistem na svetu;
- BETAMAX - 1980 (BETAMAX Hi-Fi – 83', BETAMOVIE – 84', SUPER-BETA – 85');
- Video 8;
- Hi8;
- U-matic...

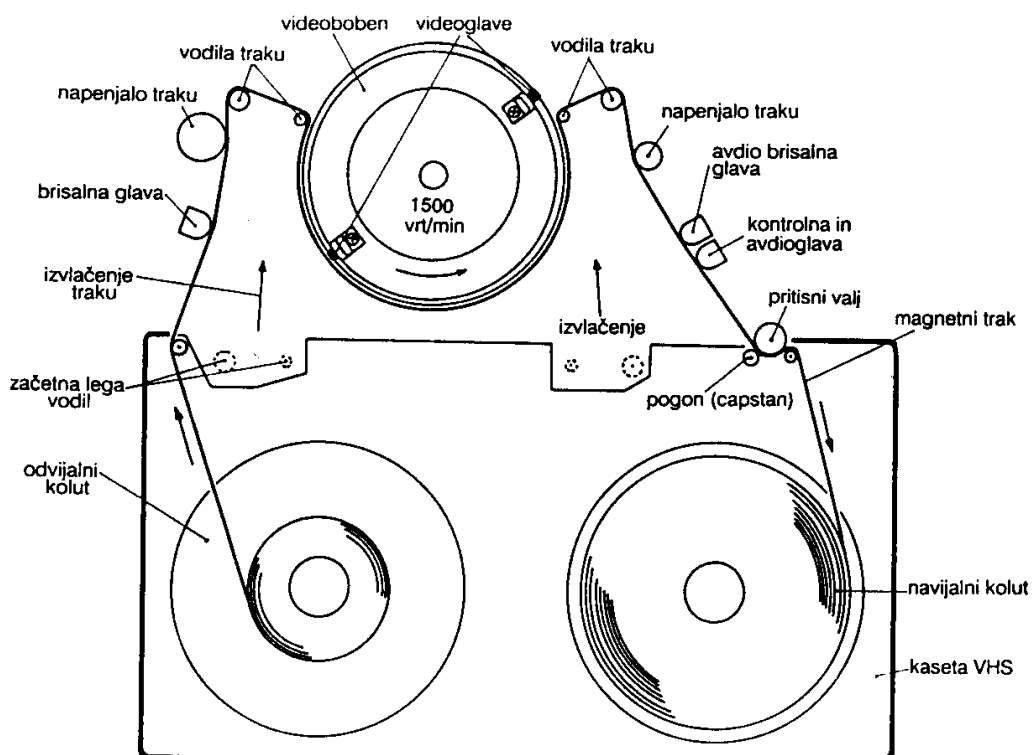
Poznamo tudi sisteme, pri katerih je nosilec informacije kompaktna plošča:

- TED;
- LASER VISION;
- CED;
- VHD;
- CD-VIDEO.

13.1.3 VHS - VIDEO HOME SYSTEM



Slika 161: Razporeditev sledi pri sistemu VHS



Slika 162: M – način vodenja traku videosistema VHS

Poznamo dva različna načina snemanja (predvajanja):

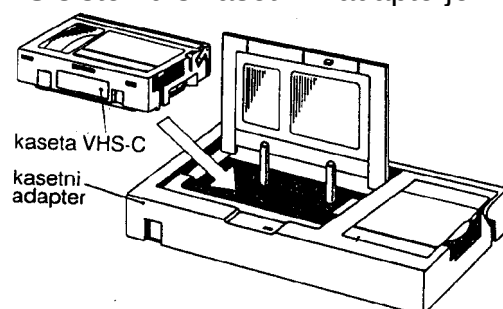
- SP (Standard Play) – standardna hitrost;
- LP (Long Play) – počasna hitrost (1/2 SP).

13.1.4 VHS Hi-Fi (1983)

Pri VHS je zvok posnet na vzdolžno sled in je hitrost 2,339 cm/s – slaba kvaliteta. Pri VHS Hi-Fi so avdio glave namestili poleg video glav na vrtečem se bobnu in tako dobili hitrost snemanja avdiosignala 4,85 m/s – Hi-Fi kvaliteta zvoka (20 Hz do 20 kHz in S/N=80 dB).

13.1.5 VHS-C (1984)

Kaseta manjših dimenzij – VHS-C kasetna (VIDEO 8 – 8 mm širina traku). Možno je predvajati C-kaseto na VHS sistemu s kasetnim adapterjem.



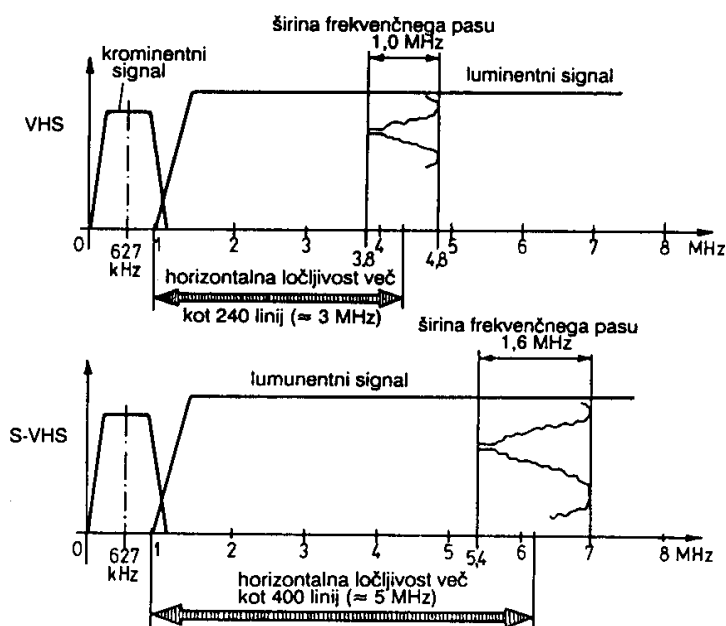
Slika 163: Kasetni adapter za predvajanje C-kasete

13.1.6 VHS-HQ (1985)

Sistem HQ (High Quality – visoka kakovost) je elektronski način obdelave videosignala v videorekorderju od vhoda do končnega snemanja na magnetni trak, razvit zato, da bi se izboljšala kakovost slike (so izboljšali za 20%).

13.1.7 SUPER VHS (1987)

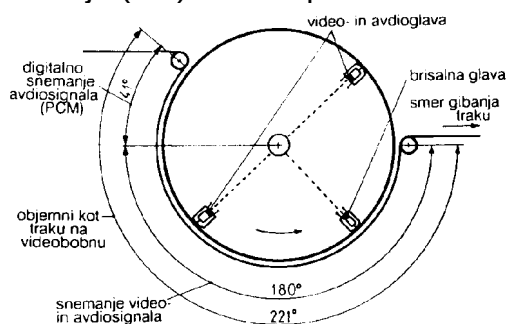
Ločljivost slike se je povečala pri S-VHS od 240 linij na 400 linij horizontalne ločljivosti.



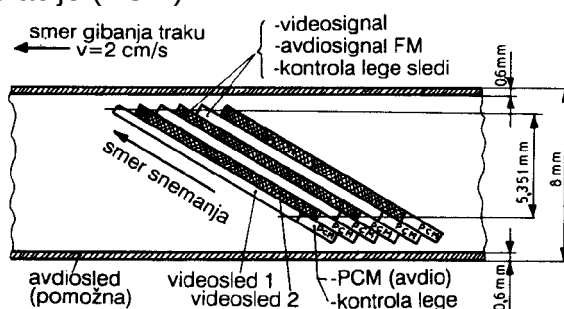
Slika 164: Frekvenčni spekter VHS in S-VHS signala

13.1.8 8 – MILIMETERSKI FORMAT (1983)

Glavna razlika od dosedanjih formatov je v tonskem signalu; zapisan je s frekvenčno modulacijo (FM) oz. z impulzno kodno modulacijo (PCM).



Slika 165: VIDEO 8 – razporeditev magnetnih glav



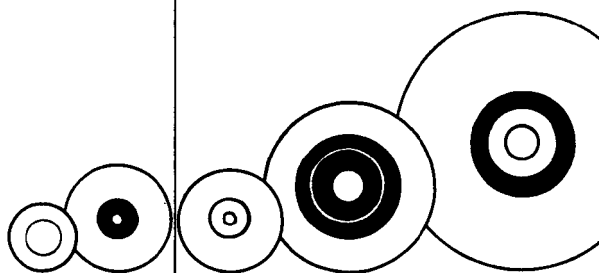
Slika 166: VIDEO 8 – razporeditev sledi na magnetnem traku

13.2 Video diskovni sistemi

Poznamo analogne in digitalne video diskovne sisteme. Analogni so uporabljali pri odjemanju signala laser (LASER VISION) ali kapacitivno iglo (CED in VHD).

13.2.1 Digitalni diskovni sistemi

Namen	AVDIO		VIDEO		
	avdio kompaktna plošča		video kompaktna plošča		
Vrsta plošče	Compact Disc Single	Compact Disc	CD-Video Single	CD-Video EP	CD-Video LP
Okrajšava	CD Single	CD	CD-V Single	CD-V EP	CD-V LP
Št. strani	1	1	1	2	2
Hitrost	CLV	CLV	CLV, CAV	CLV	CLV
Čas: avdio video	1x20 min	1x72 min	1x20 min 1x6 min	2x20 min	2x60 min
Barva	srebrna	srebrna	zlata	zlata	zlata
Premer	8 cm 3"	12 cm 5"	12 cm 5"	20 cm 8"	30 cm 12"



Slika 167: Primerjava velikosti avdio in video kompaktnih plošč

13.3 Standard JPEG [11]

Količina podatkov za multimedijske aplikacije

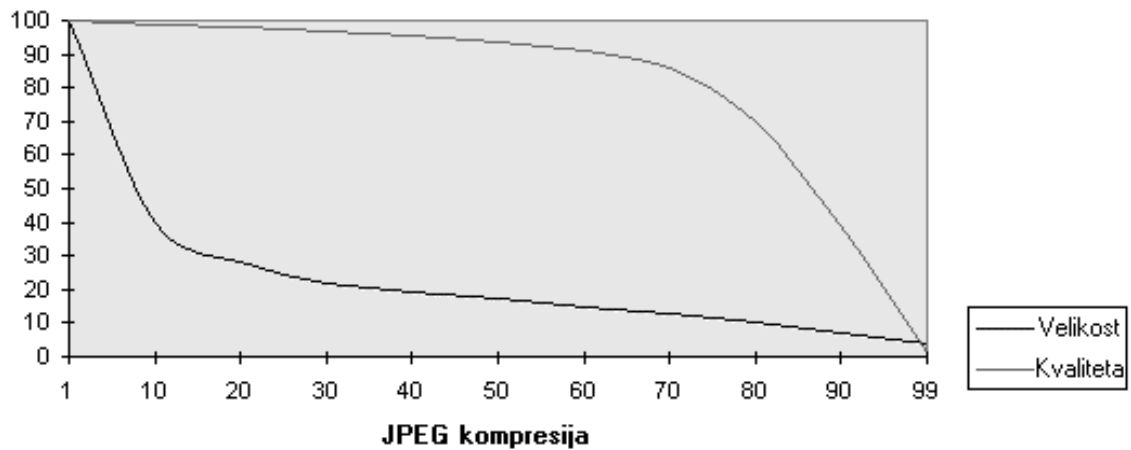
	Besedilo	Slika	Zvok	Video
Oblika objekta	-ASCII -EBCDIS	-rasterska slika -fotografija -faks	Zaporedje zvoka v digitalni obliki	Zaporedje slik 24-30 slik/s
Velikost in potrebna pasovna širina	2 kB za vsako stran	-enostavna: 64kB -podrobna: 7 MB za sliko	-telefonija: 8kHz/8 bitov 6kB/s -CD-DA: 44.1 KHz/16 bitov (stereo) 176 kB/s	27.7 MB/s za sliko 640x480x24bit 30 slik/s

CCITT in ISO sta leta 1986 skupaj ustanovili skupino z imenom Joint Photographic Experts Group ali krajše JPEG. Leta 1991 je nastala JPEG specifikacija za stiskanje z izgubami in brez izgub. Specifikacija JPEG temelji na raznih matematičnih metodah. Uporablja se za kodiranje, tako barvnih kot enobarvnih slik. Obstaja tudi specifikacija za premične slike (video), to je MPEG specifikacija ali Motion JPEG. Namen procesa za kodiranje je pretvorba originalne slike v stisnjeno obliko z namenom ohraniti strukturo slike čim bolj podobno originalu. Nalogi kodirnika sta:

- z določeno natančnostjo pretvoriti originalno sliko v stisnjeno obliko, ki ustreza izmenjevalnemu formatu,
- z določeno natančnostjo pretvoriti originalno sliko v stisnjeno obliko, ki ustreza skrajšanemu formatu po specifikaciji za stiskanje slikovnih podatkov.

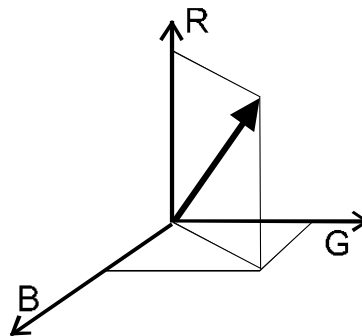
Namen procesa dekodiranja je pretvorbe stisnjenih podatkov v rekonstruirano sliko. Naloge dekodirnika so:

- z določeno natančnostjo pretvoriti stisnjene podatke v rekonstruirano obliko s parametri določenimi v aplikaciji,
- uporabiti in primerno shraniti specifikacijsko tabelo za skrajšani format po specifikaciji za stiskanje slik,
- z določeno natančnostjo pretvoriti stisnjene podatke v rekonstruirano obliko, ki ustrezajo specifikaciji za stiskanje slik za skrajšani format.

% prepoznavne slike

Slika 168: Razmerje med velikostjo datoteke in kvaliteto slike

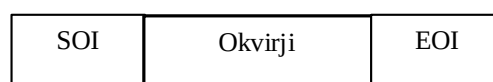
Večino grafičnih kartic prikazuje barve s postavljanjem vrednosti atributov treh barv: rdeče, zelene in modre (RGB). To lahko prikažemo z grafom v prostoru.



Slika 169: Razporeditev barv v prostoru pri RGB

Z odštevanjem R in B vrednosti od vektorja svetlosti lahko tvorimo dva nova vektorja, ki predstavljata rdeč in moder barvni odtenek ("chrominance"). Imenujmo vektor svetlosti os-Y, modri odtenek os-U in rdeči odtenek os-V. Dobili smo predstavitev YUV barvnih kombinacij, ki je mnogo bolj naravna, saj poudarja svetlost in je uporabljena v treh komponentah pri slikah JPEG. Človeški vidni sistem je mnogo bolj občutljiv na svetlost kot pa na spremembe barvnega odtenka, kar pomeni, da bomo za predstavitev Y uporabili več bitov ali večjo pasovno širino kot pa za U in V. V povprečju algoritem JPEG izloči $\frac{3}{4}$ vseh informacij od barvnih odtenkov, še preden se sploh začne stiskanje. Pred stiskanjem slike je potrebno zato pretvoriti iz načina RGB v način YUV in kasneje pred prikazovanjem točke na zaslonu iz načina YUV v način RGB.

Datoteka JPEG je sestavljena iz blokov, ki nosijo določeno informacijo. Nekateri bloki se lahko ponovijo večkrat, vendar se vsak blok vedno začne z ustreznim označjem.



Slika 170: Sestava JPEG datoteke

- **SOI:** Start Of Image – začetek slike; to označuje je vedno na začetku datoteke JPEG;
- **EOI:** End Of Image – konec slike; to označuje je vedno na koncu datoteke.

Algoritem JPEG za kodiranje in dekodiranje slik je eden izmed učinkovitejših algoritmov za stiskanje rastrskih slik. Slabost standarda je, da za stiskanje in razširjanje potrebuje relativno zmogljiv procesor. Standard JPEG se je pokazal kot najbolj primeren pri prenosu slike preko komunikacijskega kanala, kajti osnutek slike lahko vidimo po nekaj prenesenih zlogih.

Slabost algoritma je, da so zraven vsake slike pripete razne tabele, ki bi lahko bile enotne, in jih ne bi bilo potrebno zakodirati v samo datoteko.

13.4 Shranjevanje na CD ali DVD [12]

Pri DVD tehnologiji uporabljamo ultravijolični laser z valovno dolžino 351 nm. Zaradi ožje sledi je kapaciteta DVD od 4,7 do 17 GB.

Uporabljamo naslednje standarde:

Video	ITU-T H.262/ISO-IEC 13818-2 (MPEG-2 Video) ISO/IEC 11172-2 (MPEG-1 Video)
Audio	ISO/IEC 13818-3 (MPEG-2 Audio) ISO/IEC 11172-3 (MPEG-1 Audio) Dolby AC-3 standard
System	ITU-T H.222 / ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems) Program/PES stream only (no Transport streams)

Na DVD shranjujemo slikovne in tonske informacije v MPEG-2 formatu. Za slikovno informacijo uporabimo kodiranje okvirja med 16 in 720 pikami horizontalne in med 16 in 576 pikami vertikalne resolucije. V MPEG-2 formatu je lahko zvok kodiran s frekvenco vzorčenja 32, 44,1 ali 48 kHz, pri Dolby AC-3 in MPEG-1 Audio zapisu pa le 48 kHz.

Nekatere zanimive karakteristike MPEG-2 standarda:

Število okvirjev (slik) na sek.	29.97 or 25 Hz
TV sistemi	525/60 or 625/50
Razmerja stranic slike	4:3 (all video formats) 16:9 (all formats except 352 pixels/line)
Standardizirane resolucije	525/60: 720x480, 704x480, 352x480, 352x240 625/50: 720x576, 704x576, 352x576, 352x288 (MPEG-1 is allowed only in 352x240 or 352x288 res).
Velikost gonilnika	1.8535008 Mbits (MPEG-2) max 327689 bits (MPEG-1)
Bitna hitrost	9.8 Mbit/sec
Metoda prenašanja	VBR, CBR (MPEG-2) only CBR for MPEG-1

14 PRENOS SIGNALOV PO TELEFONSKIH LINIJAH

15 KAZALO

1 ČLOVEK IN ZVOK.....	1
1.1 Hitrost razširjanja.....	1
1.2 Frekvenca.....	1
1.3 Valovna dolžina.....	1
1.4 Oblike zvoka.....	2
1.4.1 TON.....	2
1.4.2 ZVEN.....	2
1.4.3 ŠUM.....	3
1.4.3.1 Beli šum.....	3
1.4.4 POK.....	3
1.5 POSEBNOSTI ČLOVEŠKEGA UŠESA.....	4
1.5.1 OMEJEN FREKVENČNI OBSEG.....	4
1.5.2 OBČUTEK JAKOSTI.....	4
1.6 Pojavi pri širjenju zvoka.....	4
1.7 Absorbpcija zvoka.....	5
2 ELEKTROAKUSTIČNI PRETVORNIKI.....	6
2.1 Mikrofoni.....	6
2.1.1 Lastnosti mikrofonom.....	6
2.1.1.1 Občutljivost.....	6
2.1.1.2 Frekvenčna karakteristika.....	6
2.1.1.3 Smerna karakteristika.....	7
2.1.1.4 Dinamika.....	7
2.1.1.5 Impedanca.....	8
2.2 Akustična delitev mikrofonom.....	8
2.2.1 Tlačni mikrofonom.....	8
2.2.2 Gradientni mikrofonom.....	9
2.2.3 Kombinacija tlačnega in gradientnega mikrofona.....	9
2.3 Električna delitev mikrofonom.....	9
2.3.1 Ogljeni mikrofonom.....	9
2.3.2 Elektrostatični (kondenzatorski) mikrofonom.....	10
2.3.3 Piezoelektrični mikrofonom.....	10
2.3.4 Elektrodinamični mikrofonom.....	11
2.3.5 Elektromagnetni mikrofonom.....	11
2.4 Priklop mikrofonom na sistem.....	12
2.4.1 Enožilni mikrofonski kabli.....	12
2.4.2 Dvožilni mikrofonski kabli.....	13
3 ZVOČNIKI.....	14
3.1 Osnovne karakteristike zvočnikov.....	14
3.2 Popačenje zvoka.....	15
3.2.1 Harmonska popačenja.....	15
3.2.2 Modulacijska popačenja.....	15
3.2.3 Tranzientna popačenja.....	16
3.2.4 Popačenje zaradi časovne zakasnitve.....	16
3.3 Vrste zvočnikov.....	16
3.3.1 Elektrostatični zvočnik.....	16
3.3.2 Kristalni zvočnik.....	16

3.3.3 Dinamični zvočniki s trajnim magnetom.....	17
3.4 Lastnosti membran.....	17
3.5 Vgrajevanje zvočnikov.....	19
3.5.1 Zaprta omarica.....	19
3.5.2 Bas-refleks omarica.....	20
3.5.2.1 Lastnosti zvočne omarice z bas-refleksom.....	20
3.5.3 Omarica z dodatnim bas-refleks zvočnikom (drone cone).....	21
3.5.4 Labirint ali transmission line.....	21
3.6 Zvočni lijaki.....	21
4 FREKVENČNE KRETNICE V ZVOČNIŠKEM SISTEMU.....	23
4.1 Pasivne in aktivne kretnice.....	24
5 SLUŠALKE.....	25
6 NAČINI REPRODUKCIJE ZVOKA.....	26
6.1 Prostorsko lokaliziranje zvoka.....	26
6.1.1 Razlika v fazi in jakosti.....	27
6.1.2 Časovne razlike.....	27
6.2 Stereo reprodukcija zvoka.....	28
6.3 SURROUND reprodukcija zvoka.....	28
6.3.1 DOLBY PRO LOGIC.....	29
6.3.2 DOLBY DIGITAL.....	29
6.3.3 THX.....	30
6.3.4 THX SURROUND EX.....	30
7 NAPRAVE ZA SHRANJEVANJE ZVOČNEGA ZAPISA.....	32
7.1 ANALOGNI GRAMOFON.....	32
7.1.1 Pogonski mehanizem - delimo jih na tri različne pogone:.....	32
7.1.2 Ročica.....	33
7.1.3 Odjemnik zvoka - glava.....	34
7.1.4 Proizvodnja gramofonskih plošč.....	34
7.2 SNEMANJE IN REPRODUKCIJA SIGNALA S POMOČJO MAGNETNEGA TRAKU	35
7.2.1 Magnetni trakovi.....	35
7.2.2 Snemanje.....	36
7.2.3 Brisanje.....	36
7.2.4 Snemanje na kompaktnih kasetah.....	38
7.2.5 Sistemi za redukcijo šuma.....	38
7.2.5.1 Tehnična kakovost zvoka pri kolutnih magnetofonih.....	38
7.2.5.2 Tehnična kakovost zvoka pri kasetofonih.....	39
7.2.5.3 Tehnična kakovost zvoka pri videorekorderjih.....	39
7.2.6 Parametri zvoka.....	39
7.2.6.1 Frekvenčna karakteristika.....	39
7.2.6.2 Popačenje.....	39
7.3 LASERSKI GRAMOFON (CD) IN DIGITALNI MAGNETOFON (DAT).....	41
7.3.1 Digitalizacija zvoka.....	41
7.3.1.1 Vzorčenje.....	41
7.3.1.2 A/D pretvornik.....	41
7.3.2 ZAPISOVANJE DIGITALNEGA ZVOKA.....	42
7.3.3 DIGITALNA (CD) PLOŠČA - ZGOŠČENKA.....	42
7.3.4 PRIPRAVA, SNEMANJE IN PROIZVODNJA.....	43
7.3.5 Optični sistem CDDA (compact disc digital audio).....	43
7.3.5.1 Optični bralnik.....	44
7.3.6 DIGITAL AUDIO TAPE (DAT).....	45

7.3.6.1 Snemanje:.....	45
7.3.6.2 Predvajanje:.....	46
7.4 MINI DISC (MD).....	46
7.5 DIGITAL COMPACT CASSETTE (DCC).....	46
7.6 Shranjevanje zvoka v računalnik.....	47
7.7 MP3 predvajalniki.....	47
7.8 PRIMERJAVA med analognimi in digitalnimi sistemi.....	47
8 RAZŠIRJANJE ELEKTROMAGNETNEGA VALOVANJA.....	48
8.1 Antene.....	49
8.1.1 Lastnosti in vrste anten.....	49
8.1.3 Parametri antene.....	49
8.1.4 Vrste anten.....	51
8.2 Sprejem zemeljskih TV programov.....	52
8.3 Sprejem televizijskih programov prek satelitov.....	53
8.4 Individualni sprejem satelitskih programov.....	54
8.5 Skupinski sprejem zemeljskih in satelitskih signalov.....	55
8.6 Kabelski razdelilni sistemi - KRS.....	56
8.6.1 Sprejemni antenski sistem.....	56
8.6.2 Glavna postaja.....	57
9 ODDAJNIKI.....	58
9.1 Oscilator.....	59
9.1.1 Meissnerjev oscilator - oscilator s transformatorskim sklopom:.....	60
9.1.2 Oscilator s □ četveropolom.....	60
9.2 Modulacija.....	61
9.2.1 Amplitudna modulacija - AM.....	62
9.2.2 Frekvenčna modulacija - FM.....	63
9.2.3 Fazna modulacija - PM.....	64
9.3 Oddajniki z amplitudno modulacijo.....	64
9.4 Oddajniki z frekvenčno modulacijo.....	64
9.5 Oddajniki za televizijo.....	65
10 SPREJEMNIKI.....	66
10.1 Vrste in lastnosti sprejemnikov.....	66
10.1.1 Delitev sprejemnikov:.....	66
10.1.2 Lastnosti sprejemnika:.....	66
10.2 Direktni sprejemnik.....	66
10.3 Superheterodinski sprejemnik.....	67
10.3.1 Stopnje superheterodinskega sprejemnika:.....	68
10.3.1.1 VF vhodna stopnja sprejemnika.....	68
10.3.1.2 Mešalna stopnja.....	68
10.3.1.3 Medfrekvenčni ojačevalnik.....	69
10.3.1.4 Avtomatska regulacija ojačenja (ARO).....	71
10.3.1.5 Avtomatska regulacija frekvence (ARF, angl.: AFC).....	71
10.3.1.6 Sprejemnik v integrirani izvedbi.....	71
10.4 Stereo sprejemnik.....	73
10.4.1 Stereo - oddaja.....	73
10.4.2 Sprejem stereo signala.....	73

10.5 RDS (Radio Data System)	74
11 FAZNO UJETA ZANKA PLL (Phase Locked Loop)	75
11.1 Frekvenčna sinteza (indirektna)	76
12 OSNOVE TELEVIZIJSKE TEHNIKE	77
12.1 Razstavljanje slike	77
12.1.1 Mehanski način razstavljanja slike.....	77
12.1.2 Elektronsko razstavljanje slike.....	77
12.2 Pretvorniki svetlobnih signalov v električne (snemalne elektronke)	78
12.2.1 Delovanje vidikona in plumbikona.....	78
12.2.2 Delovanje polvodniških snemalnih elementov – CCD.....	79
12.2.3 Snemalne kamere za barvno televizijo.....	79
12.3 Pretvorniki električnih signalov v svetlobne (slikovne elektronke)	80
12.3.1 Delovanje katodne cevi.....	80
12.3.2 Odklanjanje elektronskega snopa.....	81
12.4 Barvne slikovne elektronke	81
12.4.1 Barvni kineskop z masko.....	81
12.4.2 Philipsova ploščata slikovna elektronka – Zeus (1996) [ŽT 12/98].....	83
12.4.3 LED prikazovalniki.....	84
12.4.4 Prikazovalniki s tekočimi kristali ali LCD (liquid crystal display).....	84
12.4.4.1 Polarizacija svetlobe.....	84
12.4.5 Plazma prikazovalniki.....	86
12.4.6 Videoprojektorji.....	86
12.4.6.1 Analogni videoprojektorji.....	86
12.4.6.2 Digitalni videoprojektorji.....	86
12.5 Sestavljeni video signal	88
12.6 Sistemi barvnega prenosa in sistem PAL	88
12.6.1 NTSC sistem.....	88
12.6.2 SECAM sistem.....	88
12.6.3 PAL sistem.....	88
12.7 HDTV – High Definition Television	90
12.8 Digitalna TV – DTV	90
12.8.1 Spletna TV.....	90
13 SHRANJEVANJE SLIKOVNE INFORMACIJE [10]	91
13.1 Videorekorder – magnetno snemanje na trak	91
13.1.1 Kriteriji kvalitete.....	92
13.1.2 Lege magnetnih sledi.....	92
13.1.2.1 Prečno snemanje signalov.....	93
13.1.2.2 Poševno snemanje signalov.....	93
13.1.3 VHS - VIDEO HOME SYSTEM.....	94
13.1.4 VHS Hi-Fi (1983).....	95
13.1.5 VHS-C (1984).....	95
13.1.6 VHS-HQ (1985).....	95
13.1.7 SUPER VHS (1987).....	95
13.1.8 8 – MILIMETERSKI FORMAT (1983).....	96
13.2 Video diskovni sistemi	96
13.2.1 Digitalni diskovni sistemi.....	96
13.3 Standard JPEG [11]	97
13.4 Shranjevanje na CD ali DVD [12]	99
14 PRENOS SIGNALOV PO TELEFONSKIH LINIJAH	100

15 KAZALO.....	101
16 LITERATURA.....	106

16 LITERATURA

- [1] Elektroakustika
- [2] KASTELEC Ljubo, Prenosna elektronika, Gradivo za učence 3. letnika VIP elektronika, Ljubljana 1991
- [3] BILAN Ozren, Akustika prostorija, zvučnici, pojačala i spojni vodovi, Split, 1998
- [4] LORENCON Robert, Elektronski elementi in vezja, Ljubljana, Studio Maya, 1996
- [5] KATALOG antenske in avdio tehnike, Elektrotehna, DO Jugotehnika, TOZD ELGRO Ljubljana, 1989 - 1990
- [6] ŠILER Svetislav, Radiotehnika in elektronika, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije Svet za tehnično vzgojo mladine, Ljubljana, 1984
- [7] WEDAM Albin, Kako deluje? Sodobna tehnika II, 3. prenovljena in izpopolnjena izdaja, Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, 1991
- [8] LIMANN Otto, Televizija na lak način, Tehnička knjiga Zagreb, 1989
- [9] KOPOLD Dejan, Televizija visoke definicije, SCDK Ptuj, maj 1992
- [10] POŽENEL Peter, Videorekorder, Ljubljana (samozaložba), 1992
- [11] TRAFELA Bojan, Standard JPEG za kompresijo slik z izgubami, Diplomsko delo, Univerza v Mariboru, FERI, Maribor, junij 1999
- [12] http://www.mpeg.org/MPEG/DVD/Book_B/Standards.html
<http://www.mpeg.org/MPEG/DVD/>
<http://www.ucm.es/info/Psyap/Prieto/alum9798/versatil/direcc.htm>
<http://www.unik.no/~robert/hifi/dvd/>
<http://www.cd-info.com/CDIC/Technology/DVD/dvd.html>
http://www.mpeg.org/MPEG/DVD/Book_B/Video.html
http://www.mpeg.org/MPEG/DVD/Book_A/Specs.html
http://www.mpeg.org/MPEG/DVD/Book_A/Manufact.html