

boje. Specifičnost je sustava PAL da vrlo jednostavno može prijeći na rad u sustavu NTSC i obrnuto, jer je postupak modulacije i demodulacije u oba sustava jednak.

**Sustav SECAM** (franc. Séquentiel à mémoire, sekvencijski s memorijom) primjenjuje se u Francuskoj i u nekim drugim europskim zemljama. U tom se sustavu prenosi iz jedne linije krominantna komponenta ( $E_R - E_Y$ ), a iz druge linije krominantna komponenta ( $E_B - E_Y$ ), što znači da se za krominantne komponente primjenjuje sekvencijski rad, a za luminantnu komponentu simultani rad. Taj se način prijenosa ostvaruje s pretpostavkom da se kromatski sadržaj televizijske slike ne mijenja od linije do linije. Budući da prijenos teče sekvencijskim redoslijedom, to se u svakom vremenskom odsječku prenosi samo jedna krominantna komponenta. Kako se u jednom trenutku prenosi samo jedna krominantna komponenta, nije potrebna primjena složene kvadraturne modulacije, nego se pri prijenosu može upotrijebiti frekvencijska modulacija, koja je i kvalitetnija što se tiče šuma. Važno je, međutim, da se pri reprodukciji istodobno nađu obje krominantne komponente, pa se zato jedna komponenta pomoću sklopa za kašnjenje zadržava 64  $\mu$ s.

Iz matričnog se sklopa (sl. 49) dobivaju krominantne komponente ( $E_R' - E_Y'$ ) i ( $E_B' - E_Y'$ ) te se dovode na elektroničku preklopku koja se upravlja horizontalnom frekvencijom. Nakon izlaska iz elektroničke preklopke u ritmu horizontalne frekvencije krominantne komponente prolaze kroz sklop za predakcentuaciju, gdje se izdižu amplitude signala na visokim frekvencijama radi poboljšanja omjera signal/šum (v. *Elektronika, uređaji. Šum*, TE 4, str. 633...637), a zatim se frekvencijski moduliraju i odašilju jedna po jedna. Centralna je frekvencija za Europu 4,43 MHz (točnije 4429687,5 Hz) sa simetričnom frekvencijskom devijacijom  $\pm 750$  kHz za maksimalno zasićenje od 75%, a pojasi su ograničeni na 1,5 MHz. Referentni se nosilac prenosi radi upravljanja elektroničkom preklopkom u prijarniku i odašilje se nakon svake druge linije, i to nakon krominantne komponente ( $E_R' - E_Y'$ ).

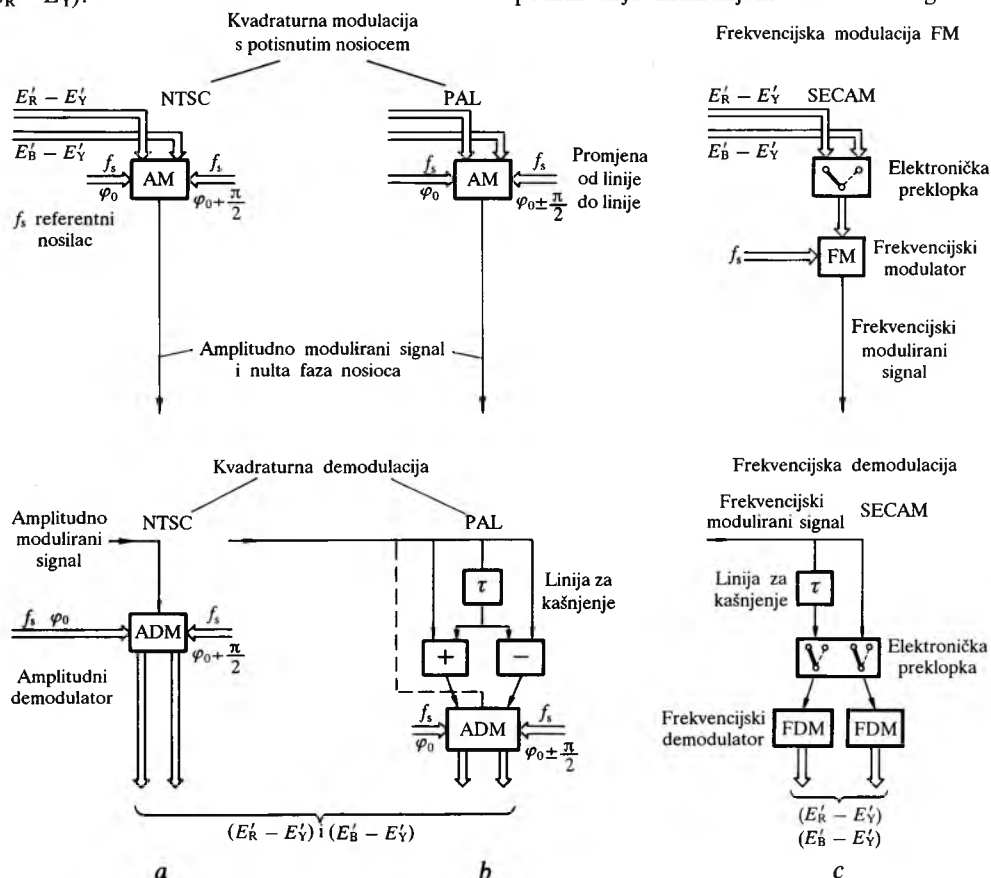
Pri dekodiranju u sustavu SECAM (sl. 50) složeni videosignal prolazi kroz liniju za kašnjenje i kristalni filter rezonantne frekvencije jednake frekvenciji krominantnog nosioca, tako da se propušta samo luminantni signal  $E_Y$  kojim se napajaju katode triju elektronskih topova u kineskopu. Pojasni propust odvaja krominantne komponente, koje odlaze u krominantni kanal gdje se nalazi sklop za kašnjenje. Elektronička preklopka propušta u ritmu horizontalne frekvencije prema FM demodulatorima krominantni signal i onaj koji kasni 64  $\mu$ s. Nakon FM demodulacije provodi se dezakcentuacija signala, tj. krominantnim komponentama viših frekvencija smanjuje se amplituda na prvobitnu vrijednost, da bi omjer signal/šum ostao stalan. Od elektroničke se preklopke zahtijeva da ispravno prebacuje signale prema demodulatorima i matričnom sklopu. Zbog toga njome upravlja multivibratorski sklop, a njime upravljaju horizontalni sinkronizacijski impulsi.

Osnovne razlike između triju sustava televizije u boji, NTSC, PAL i SECAM, shematski su prikazane na sl. 51.

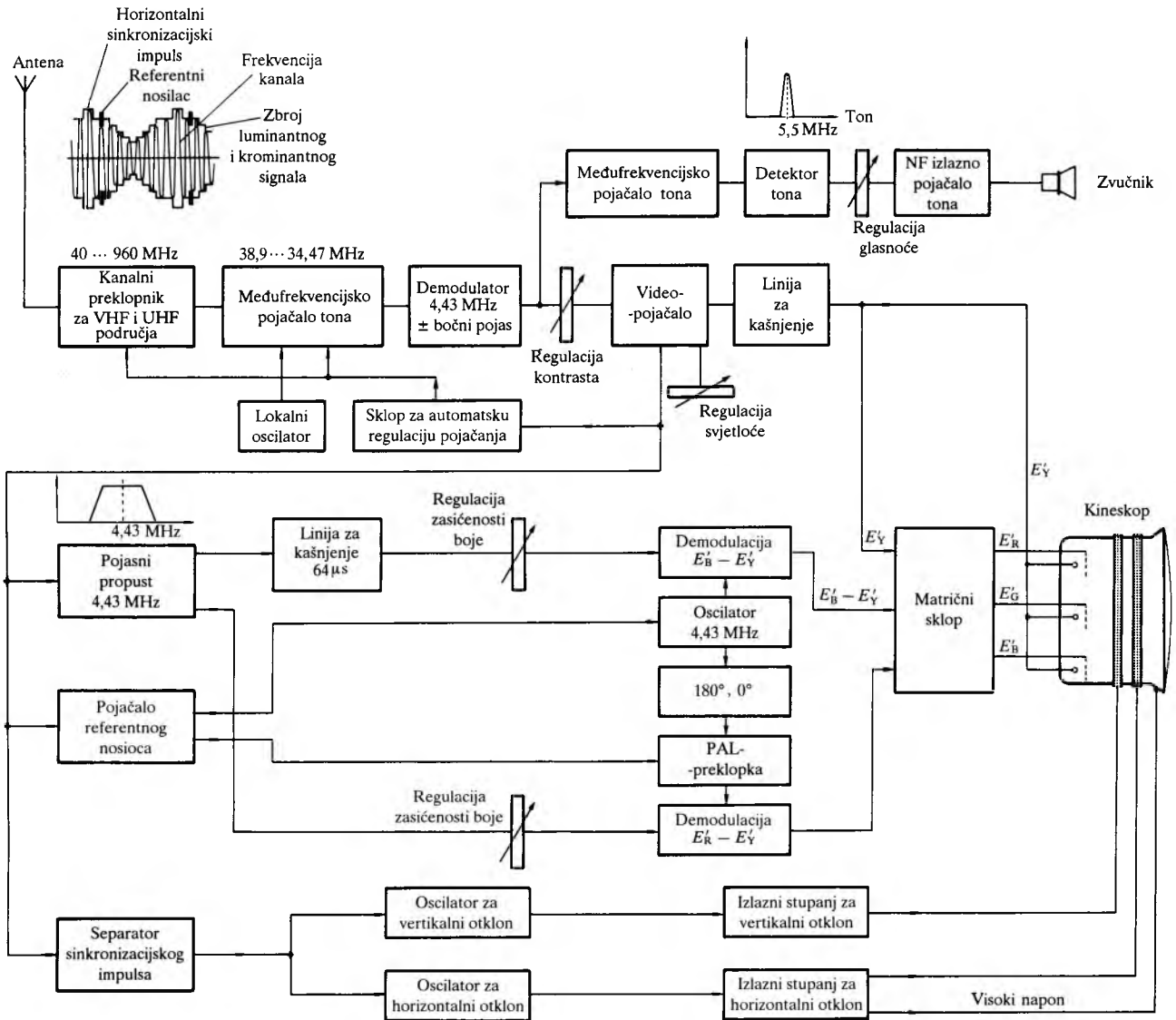
### PRIMANJE I REPRODUCIRANJE SIGNALA U BOJI

**Televizijski prijarnici** za primanje signala u boji svrstavaju se prema sustavima za prijenos na NTSC, PAL i SECAM. U nas je usvojen PAL sustav.

Veći je dio kromatskog prijarnika (sl. 52) sličan prijarniku za akromatsku televiziju (v. *Elektronika, uređaji. Televizija*, TE 4, str. 678...679). Televizijski signal u boji dolazi iz prijarnne antene na kanalni preklopnik gdje se nalaze selektivni filtri, visokofrekvencijsko pojačalo, lokalni oscilator i stupanj za miješanje. Selektivni filtri odvajaju signale u frekvencijska područja UHF i VHF, a visokofrekventni se signal miješa s frekvencijom iz lokalnog oscilatora pa nastaju međufrekventni signali. Transpozicijom frekvencije pomoću lokalnog oscilatora u međufrekvencijskim pojačalima luminantni nosilac dolazi na frekvenciju 38,9 MHz, a krominantni na 34,47 MHz, dok je međufrekvencija tona 33,4 MHz. Uz potiskivanje filtriranjem krominantnog nosioca frekvencije



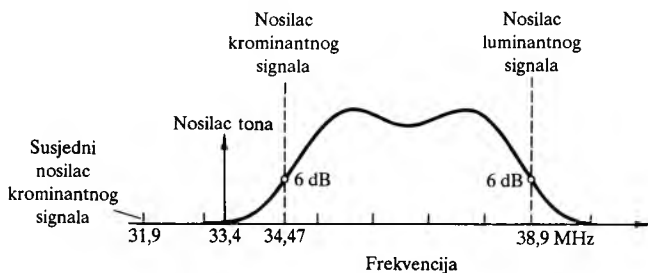
Sl. 51. Usporedba modulatorskih postupaka za prijenos televizije u boji, a u sustavu NTSC, b u sustavu PAL i c u sustavu SECAM



Sl. 52. Blok-shema televizijskog prijemnika u boji za sustav PAL

4,43 MHz demodulator daje bočne pojase koji se u sinkronom demodulatoru demoduliraju i daju krominantne komponente (sl. 53).

Videodetektor omogućuje detekciju međufrekvencijskog signala i daje složeni videosignal BVPS, tj. signal koji sadrži luminantnu i krominantnu komponentu, horizontalne i vertikalne sinkronizacijske impulse, te referentni nosilac. U toj se detektiranoj komponenti nalazi i međufrekvencija tona, koja se odvaja u tonski dio prijemnika. Tonski se dio prijemnika u boji sastoji od međufrekvencijskog pojačala, FM detektora, niskofrekvencijskog pojačala i zvučnika. Nosilac se tona frekvencije 5,5 MHz, sa znatno potisnutom amplitudom (20...50 dB), dovodi u međufrekvencijsko pojačalo, a odatle u FM detektor. Detektirani niskofrekvencijski signal odlazi u niskofrekvencijsko pojačalo. Glasnoća se namješta potencijetrom, a u tom je sklopu i regulator boje tona.



Sl. 53. Propusna karakteristika međufrekvencijskog pojačala

Luminantni signal nakon pojačanja prolazi kroz liniju za kašnjenje da bi se ujednačilo vrijeme prijenosa s krominantnim signalom. Razlike u vremenima prijenosa pojedinih signala ne smiju biti veće  $\pm 50$  ns, jer uzrokuju obojene rubove slike. Tu se može regulirati kontrast i svjetlina slike. Nakon linije za kašnjenje luminantni se signal dovodi na katode elektronskih topova u kineskopu. Krominantni se signal odvaja preko prikladnoga propusnog filtra, pri čemu se prigušuje luminantna komponenta. Dva se signala moduliranoga krominantnog nosioca,  $(E'_R - E'_Y)$  i  $(E'_B - E'_Y)$ , dovode na sinkrone demodulatore zajedno sa signalima referentnog nosioca. Budući da se krominantne komponente amplitudno moduliraju potisnutim nosiocem, ne mogu se izravno demodulirati amplitudnim detektorom, nego im treba dodati krominantni nosilac frekvencije 4,43 MHz. Taj krominantni nosilac iz oscilatora mora i po fazi i po frekvenciji odgovarati potisnutom nosiocu prilikom kvadratne modulacije. Demodulatori načinjeni od aktivnih elemenata pojačavaju komponentu krominantnog signala  $(E'_R - E'_Y)$  za 1,14 puta, a komponentu  $(E'_B - E'_Y)$  za 2,03 puta, da bi se dobila ispravna amplituda signala kakva je bila u PAL-dekoderu prije reduciranja s obzirom na luminantni signal. Na izlazima iz sinkronizacijskog demodulatora dobivaju se signali razlike za crvenu i modru boju  $(E'_R - E'_Y)$  i  $(E'_B - E'_Y)$ , a signal se razlike za zelenu boju dobiva iz matičnog sklopa prema relaciji

$$E'_G - E'_Y = -0,51(E'_R - E'_Y) - 0,91(E'_B - E'_Y). \quad (14)$$

Sva se tri signala razlike boja dovode do sklopa za zbrajanje

s luminantnim signalom, tako da se na izlazu iz matricnog sklopa dobivaju signali primara crvene, zelene i modre boje:

$$(E'_R - E'_Y) + E'_Y = E'_R, \quad (15)$$

$$(E'_G - E'_Y) + E'_Y = E'_G, \quad (16)$$

$$(E'_B - E'_Y) + E'_Y = E'_B. \quad (17)$$

Ispred sklopova za demodulaciju nalaze se regulatori zasićenosti boje kojima se pojačavaju krominantne komponente, jer što je veće pojačanje veća je i čistoća pobude, odnosno zasićenosti. Promjenom faze referentnog nosioca mijenja se dominantna valna duljina, odnosno ton boje.

Separatorom sinkronizacijskih impulsa odvajaju se sinkronizacijski impulsi koji upravljaju oscilatorima struje pilasta oblika, koja je potrebna za horizontalno i vertikalno otklanjanje elektronskih snopova u kineskopu. Princip je otklanjanja (v. *Elektronika, uređaji. Televizija*, TE 4, str. 678...679) magnetski, jednak onome u akromatskim prijamnicima, samo što su u kromatskom prijamniku struje pilasta oblika veće. Struja se pilasta oblika dovodi na zavojnice za otklanjanje koje se nalaze s vanjske strane grla kineskopa. Iz oscilatora za horizontalni otklon dobiva se visoki napon za katodnu cijev (20...25 kV, već prema dimenzijama kineskopa). Taj se napon mora stabilizirati, jer bi njegove promjene utjecale na promjenu konvergencije.

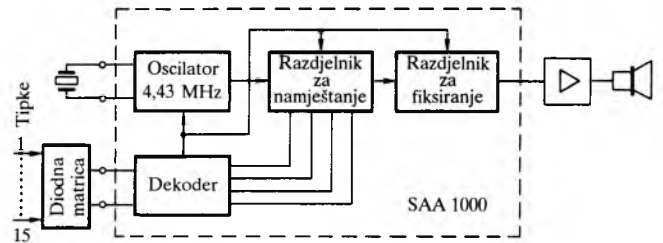
Sve sklopove televizijskih prijamnika u boji treba napajati stabiliziranim istosmjernim naponom. Prijenosni se prijamnici napajaju iz akumulatora. Nekim su sklopovima u prijamniku izlazi osigurani od kratkog spoja.

Televizijski se prijamnici izrađuju s poluvodičkim i integriranim elementima, a ima i integriranih sklopova izrađenih posebno za ugradnju u prijamnike. Tako npr. integrirani sklop TDA 2541 pojačava međufrekvencijski signal i daje napone za automatsku regulaciju pojačanja i frekvencije. Cijeli se tonski dio nalazi u jednom integriranom sklopu (npr. TBA 120) koji se sastoji od šesterostupanjskog diferencijalnog pojačala sa simetričnim koincidentnim demodulatorom za pojačanje, ograničenje i demodulaciju NF signala. Cijeli se PAL-dekoder izrađuje s jednim integriranim sklopom TDA 3560, koji obavlja dekodiranje, pojačanje, matriciranje RGB, ograničenje osvjetljenja i vršnoga bijelog, te obradu vanjskih videosignala. Svjetski proizvođači televizijskih prijamnika, iako nisu proizvođači integriranih krugova, razvili su za svoje potrebe određene sklopove kako bi pojednostavnili proizvodnju i servisno održavanje svojih prijamnika.

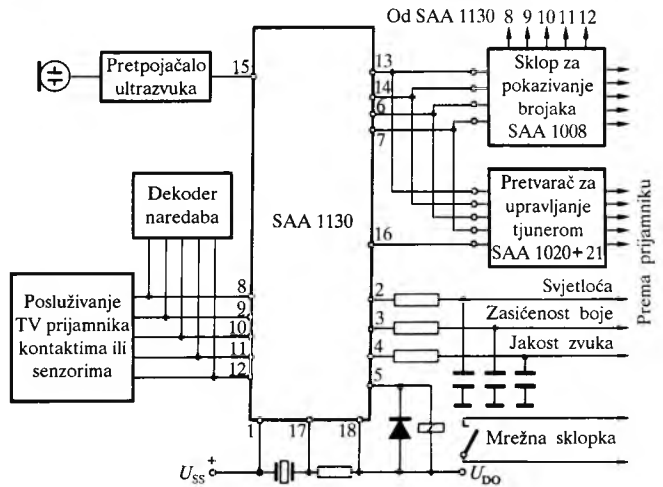
**Antena** za primanje televizijskog signala u boji slični antenama za primanje crno-bijelog programa, ali se mora prilagoditi određenom prijamnom kanalu, te mora imati veliko pojačanje i pripadnu širinu frekvencijskoga propusnog opsega. Antena se ispravno postavlja tako da se namješta u prostoru dok se ne postigne optimalna kromatska slika koja se promatra na ekranu kineskopa. Drugi je način mjerenje izlaznog napona na videodetektoru, pa će slika biti najkontrastnija kad se dobije maksimalan otklon na instrumentu. S obzirom na refleksiju na okolnim predmetima, sobne se antene namještaju i u horizontalnom i u vertikalnom pravcu. Ispravno je postavljanje antene osobito važno za primanje slike u boji, inače će slika biti višestruka, a boje na rubovima ekrana zamrljane.

**Daljinsko upravljanje.** Suvremenim se televizijskim prijamnicima daljinski upravlja posebnim elektroničkim uređajima pomoću ultrazvučnih ili infracrvenih davača i odgovarajućih primača u televizijskom prijamniku.

**Ultrazvučni daljinski upravljači** rade u frekvencijskom području 34...44 kHz. Ultrazvučni se signal stvara oscilatorom ili titrajnim krugom dijeljenjem frekvencije iz kristalnog oscilatora. Ultrazvuk se odašilje pomoću piezoelektričnog pretvarača (zvučnika), a u primaču se nalazi kondenzatorski ili piezoelektrični mikروفon. Ultrazvučni davač, prema blok-shemi na sl. 54, ima samo jedan integrirani sklop SAA 1000. Taj sklop radi pomoću kristalnog oscilatora priključena izvana s frekvencijom od 4,43 MHz. Od te se frekvencije digitalnim dijeljenjem dobiva 15 frekvencija za upravljanje u rasponu



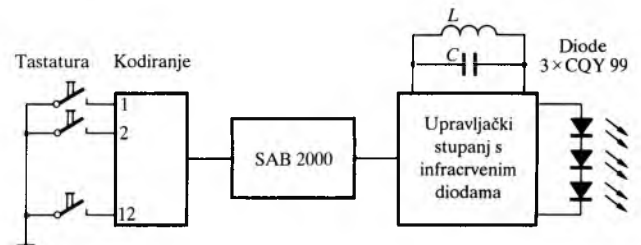
Sl. 54. Blok-shema ultrazvučnog davača



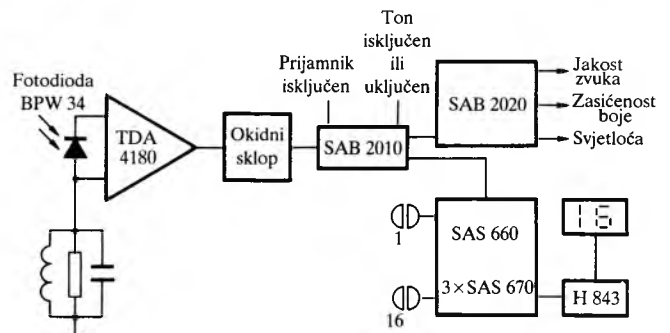
Sl. 55. Blok-shema ultrazvučnog primača

33,945...43,643 kHz. Pomoću 15 diodnih matrica i dekodera na izlazu se pojačalo i antenu ultrazvučnog davača dovodi signal samo jedne frekvencije kojoj pripada i samo jedna funkcija. Ultrazvučni primač, prema shemi na sl. 55, izrađen je s integriranim sklopom SAA 1130, koji frekvencije primljenih ultrazvučnih signala mjeri u digitalnom brojaču frekvencije. Sve se naredbe pretvaraju u digitalni kodirani izlazni signal. Signali za analogne vrijednosti svjetljivosti, zasićenosti boje i glasnoće dobivaju se iz istog integriranog sklopa i dovode u televizijski prijamnik. Takvi se ultrazvučni daljinski upravljači ugrađuju u televizijske prijamnike tvrtke AEG - Telefunken, građene u sustavu PAL.

**Infracrveni daljinski upravljači** ugrađuju se u suvremenije prijamnike. Ti upravljači sadrže ultrazvučni oscilator, sklop za kodiranje ultrazvučnog signala u davaču i dekodiranje u primaču. Signal se od davača do televizijskog prijamnika



Sl. 56. Davač infracrvenog daljinskog upravljača



Sl. 57. Primač infracrvenog daljinskog upravljača

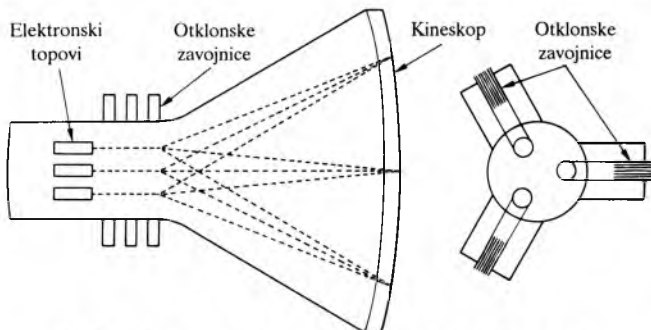
prenosi infracrvenim zračenjem, pa je uređaj manje osjetljiv na smetanje. U ultrazvučnom se području informacijom upravljanja modulira infracrveno zračenje. Na izlazu je davača (sl. 56) upravljački stupanj za moduliranje triju serijski spojenih infracrvenih dioda koje odašilju signale za upravljanje. U prijammniku se infracrveno zračenje prima fotodiodom (sl. 57), upućuje u rezonantni krug i pojačava u ulaznom pojačalu. Ispred fotodiode je infracrveni filtar koji priječi prijam smetnji valnih duljina manjih od 800 nm. Iza toga je Schmittov okidni sklop, koji proradi kada dođe signal dovoljne jakosti i uputi ga u sklop za integriranje. Dodatni sklopovi SAS 660 i SAS 670 služe za biranje kanala senzorskim tipkama, te za prikaz broja kanala na TV prijammniku.

**Reprodukcija slike u boji**

Slika se u boji reproducira na katodnoj cijevi, tzv. kromatskom kineskopu, gdje se pristigli kromatski signal transformira iz električnoga u luminantni. Kineskop se sastoji od tri elektronska topa u vratu cijevi za crveni  $E_R$ , zeleni  $E_G$  i modri  $E_B$  signal, dok se luminantni signal  $E_Y$  dovodi na katode svih triju topova (v. *Elektronika, uređaji. Televizija, TE 4, str. 679-680*).

Za dobivanje slike u boji i radi kompatibilnosti kromatske i akromatske televizije potreban je ekran sastavljen od različito obojenih elemenata, zrnaca fosfora, koji, ozračeni elektronskim snopovima signala  $E_R$ ,  $E_G$  i  $E_B$ , emitiraju pripadnu obojenu svjetlost.

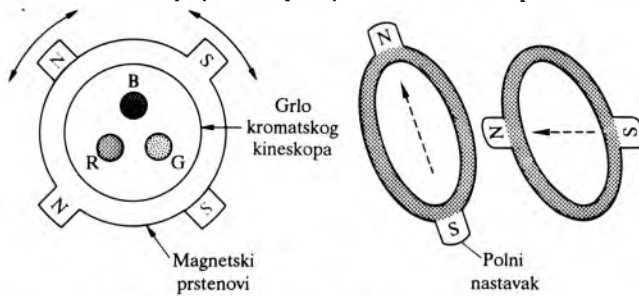
Katodna cijev s maskom ima tri elektronska topa u vratu cijevi kojima se istodobno prenose sva tri signala za tri osnovne boje na ekranu koji sadrži ~1200000 zrnaca od crvenog, modrog i zelenog fosfora. S unutarnje strane cijevi, na udaljenosti 13,5-19 mm od ekrana, nalazi se metalna ploča, tzv. maska, sa ~400000 rupica promjera 0,3 mm, koje su međusobno razmaknute 0,6 mm (sl. 58). Jedan elektronski snop prolazi jednom rupicom u maski i udara u pripadno fosforno zrnce mozaika, koje onda svijetli crveno, zeleno ili modro. U svakoj se rupici maske sijeku sva tri elektronska snopa i pogađaju svoje zrnce. Posljedica je takve konstrukcije da samo 20% elektrona dopijeva na ekran, pa je izdašnost cijevi ~0,45. Energija dijela elektronskog snopa koji udara o masku pretvara se u toplinu, zbog čega se maska zagrijava pa se mijenjaju promjeri otvora, što štetno utječe na kvalitetu slike. Kvaliteta slike ovisi o tome kako je miješanje na odašiljačkoj strani prilagođeno spektralnim karakteristikama prijammnih zrnaca fosfora. Kvaliteta se smanjuje i raspršenjem svjetlosti u području maske, što uzrokuje smanjenje kontrasta. Kvalitetna se reprodukcija postiže kutom otklona od 90° i pravokutnim ekranom dijagonale 63 cm.



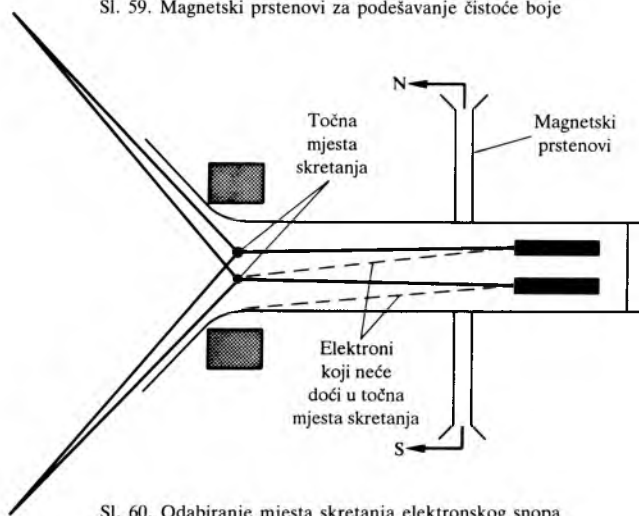
Sl. 58. Prikaz prolaza elektronskih snopova kroz rupice u maski

Čistoća boje provjerava se tako da se utvrđuje kako pojedini elektronski snopovi pogađaju pripadna zrnca R, G i B na ekranu. Ako elektronski snopovi prilikom reprodukcije ne udaraju točno u fosforescentne točke po horizontalnim linijama, reprodukcija boja bit će nečista, što se uklanja pomoću magnetskih prstenova na vratu kromatskoga kineskopa (sl. 59). U praksi se namješta samo crveni elektronski snop, jer on ima najveću struju, a mali koeficijent svijetljenja, pa mu je i namještanje osjetljivije (sl. 60).

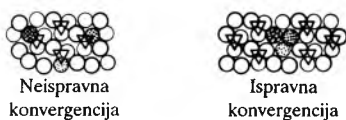
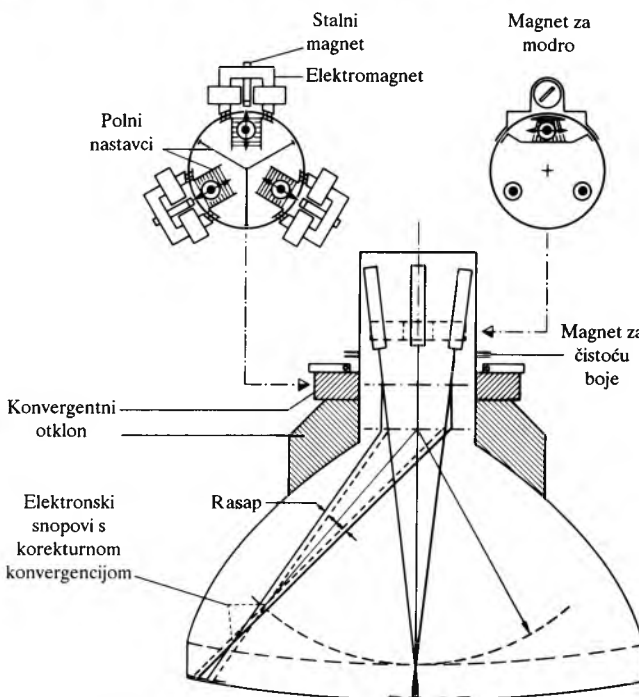
Da bi se u prijammniku poništio magnetski utjecaj mrežnih transformatora i uređaja koji sadrže izvore magnetskih polja, provodi se demagnetizacija zavojnicom priključenom na 220 V/50 Hz. U suvremenim prijammnicima televizije u boji već postoji zavojnica za demagnetiziranje oko cijevi i ona se aktivira čim se prijammnik priključi na mrežni napon.



Sl. 59. Magnetski prstenovi za podešavanje čistoće boje

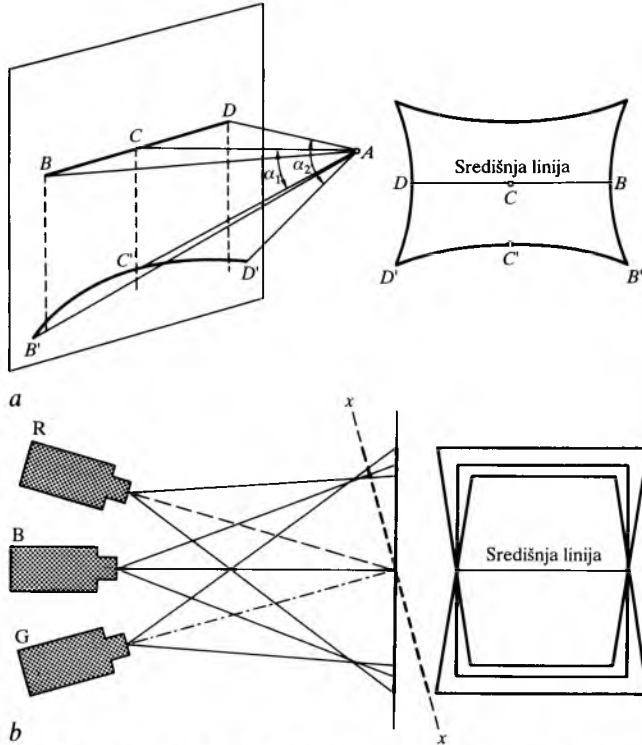


Sl. 60. Odabiranje mjesta skretanja elektronskog snopa



Sl. 61. Prikaz konvergencije elektronskih snopova

Da bi svaki elektronski snop pogodio upravo svoje fosforescentno zrnce, crveno, zeleno ili modro, provodi se konvergencija kojom se postiže da se sva tri snopa sijeku točno u odgovarajućoj rupici maske (sl. 61). Postoji statička konvergencija koja se provjerava u sredini maske i dinamička konvergencija kao posljedica zakrivljenosti maske i njezina razmaka od ravnine otklanjanja. Zbog toga elektronski snopovi izvan osi grla cijevi prolaze različitim rupicama maske, pa na rubovima ekrana nastaje utisak miješanja boja.



Sl. 62. Izobličenja zbog nagiba elektronskih topova, a jastučasto, b trapezno

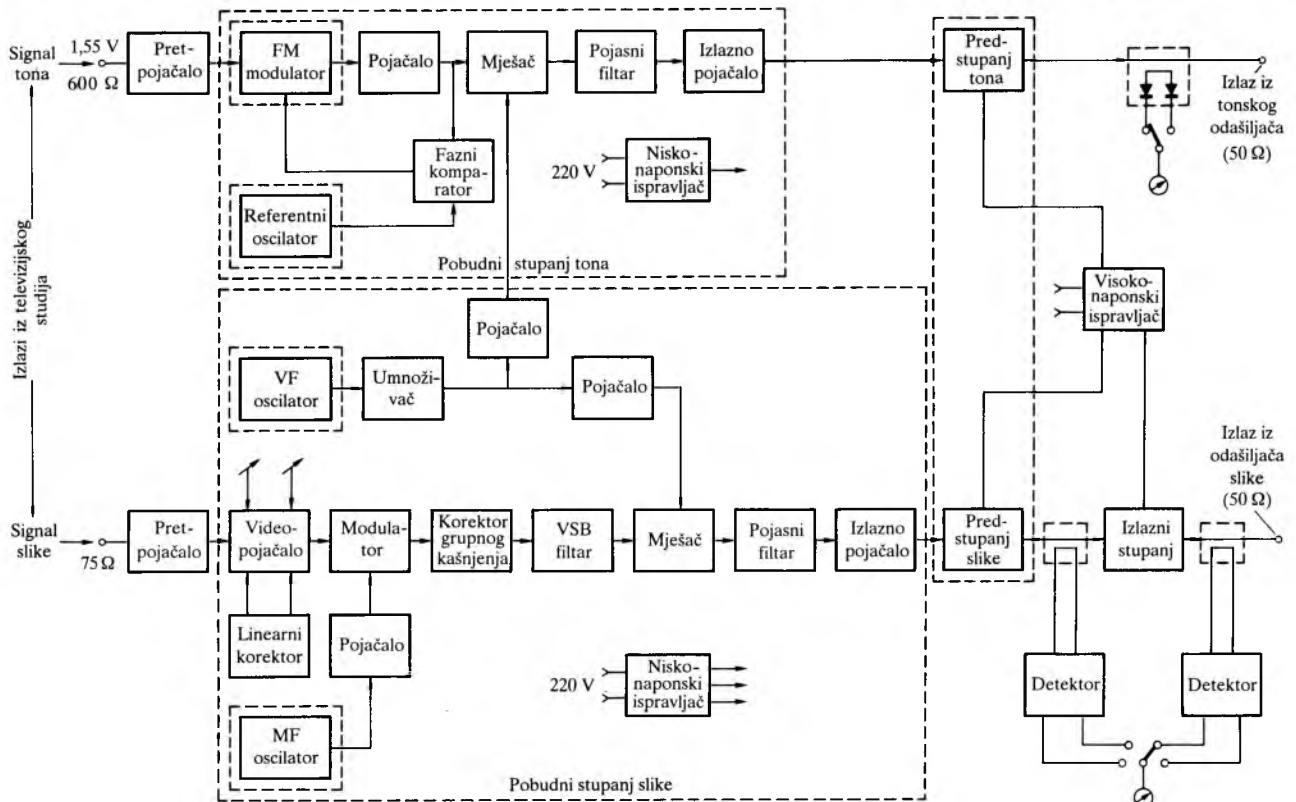
Zbog nagiba elektronskih topova pojavljuje se efekt jastučastog i trapeznog izobličenja (sl. 62a i b). Ta se izobličenja slike korigiraju translatornim pomicanjem modrog elektronskog snopa.

### ODAŠILJANJE SIGNALA U BOJI

Televizijski je odašiljač važan element u prijenosu televizijskog signala iz studija do gledatelja, te se uvjeti za njegovo postavljanje, nazivnu snagu, dijagram zračenja i frekvencijsko područje vrlo pažljivo analiziraju, jer o tim parametrima ovisi kvaliteta odašlanog signala.

Televizijski se odašiljač sastoji od odašiljača slike u boji i odašiljača tona, koji se mogu načiniti u zajedničkom bloku ili svaki posebno. Frekvencijsko područje odašiljanja pokriva I., III., IV. i V. frekvencijski pojas (v. *Elektronika, uređaji. Radio-prijenos*, TE 4, str. 653), a snaga je zračenog signala 10...100 kW. Kromatski se signal dovodi radiorelejnim vezama, koaksijalnim kabelom ili svjetlovodom iz studija u odašiljačku stanicu. Prije ulaska u TV odašiljač kromatski se signal obrađuje u procesnim pojačalima, gdje se regeneriraju sinkronizacijski impulsi, namješta se amplituda referentnog nosioca, krominantnog signala i složenog videosignala (luminantni i krominantni signal). Signal se limitira ako se složeni videosignal pojavi s vršnom amplitudom većom od 1 V, da bi se spriječila premodulacija odašiljača. Televizijski se odašiljač (sl. 63) sastoji od visokofrekvencijskog lanca za prijenos slike u boji, niskofrekvencijskog lanca za prijenos tona, energetskog dijela za napajanje, sustava za hlađenje i logičkih sklopova za upravljanje i kontrolu rada odašiljača.

Ulazni kromatski signal vršne amplitude 1 V ulazi u pretkorektor na ulaznom dijelu odašiljača gdje se obavlja fazna korekcija signala prema frekvenciji, a amplitudna karakteristika ostaje ista. Iz MF oscilatora dolazi signal frekvencije 38,9 MHz te zajedno s videosignalom horizontalne frekvencije 15,625 kHz ulazi u modulator gdje se na diodi kao nelinearnom elementu obavlja amplitudna modulacija (v. *Elektronika, uređaji. Televizija*, TE 4, str. 672...674). Oblik izlaznog signala iz modulatora i širina propusnog pojasa vide se na sl. 64a. U sljedećem se sklopu kompenzira vrijeme grupnog kašnjenja, a zatim dolazi filter VSB (engl. Vestigial



Sl. 63. Blok-shema televizijskog odašiljača u boji