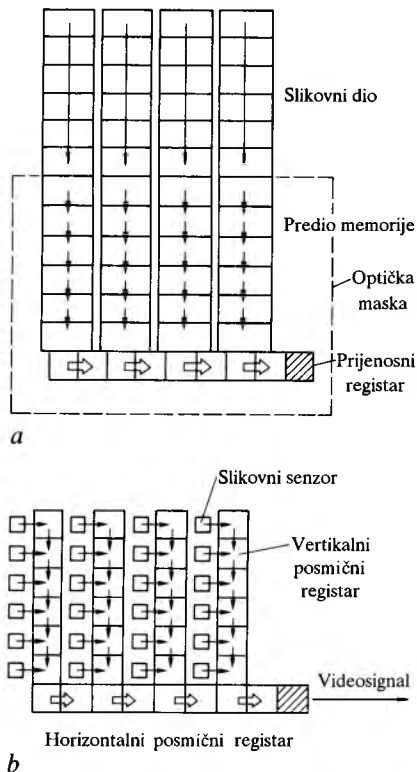


jom. Mikroleća sakuplja dvostruko više dolazećeg svjetla nego što izravno pada na senzorsku površinu, a sposobnost svjetlosne konvergencije dopušta smanjenje otvora prozora aluminijske fotozaštite bez smanjenja osjetljivosti. Dodatkom mikroleće postiže se, u usporedbi s HAD-senzorom, osjetljivost bolja za 6 dB, a efekt razmazivanja manji za 20 dB. S obzirom na velik broj elemenata slike (oko 2 milijuna) hiper HAD-senzori primjenjuju se u kamerama visokokvalitetne televizije.

Poluslikovni senzori (engl. Frame Transfer CCD) za linijsko razlaganje sastoje se od fotoosjetljivih elemenata poredanih u nizu, memorije, te analognog prijenosnog registra, iza kojih slijedi izlazno pojačalo (sl. 32 a).

Naboji proizvedeni u fotovodljivom sloju slikovnog dijela za vrijeme vertikalnog potisnog intervala pomiču se u predio memorije, gdje se preslikava nabojna slika identična onoj koja je bila stvorena u predjelu slike. Na početku sljedeće poluslike fotosenzori su prazni i mogu primiti novu sliku. Iz analognog se prijenosnog registra s frekvencijom od 9,55 MHz preko pojačala dobiva videosignal.

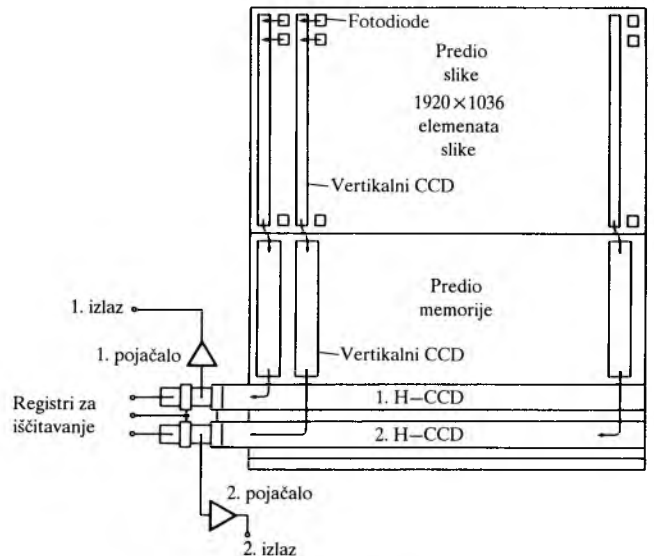


Sl. 32. Dvodimenzijalni slikovni senzori, a raspoređeni u okviru, b međulinijanski isprepleteni

Poluslikovni senzori imaju široku primjenu, od senzora za optičko raspoznavanje slike s 256×1 fotoosjetljivi element do senzora za osjetljive faksimile velikih brzina s 1728×1 ili 2048×1 fotoosjetljivi element u izvedbi tvornice Fairchild (SAD). Kamere s jednodimenzijalnim slikovnim sensorima upotrebljavaju se za precizna mjerenja, kao što su mjerenja dimenzija predmeta i njihovo raspoznavanje te otkrivanje neispravnih elemenata proizvodnje i njihovo sortiranje.

Međulinijanski senzori. Međulinijanski slikovni senzori (engl. Interline Transfer CCD) takve su strukture da su fotosenzori i elementi za uskladištenje međusobno isprepleteni (sl. 32 b). Vertikalni i horizontalni posmični registri prekriveni su optički nepropusnim filmom. Prilikom vertikalnog potisnog perioda slikovna se informacija prenosi u vertikalni posmični registar kojim upravljaju impulsi horizontalne frekvencije. Informacija slike dolazi u horizontalni posmični registar nakon čega se očitava videosignal s frekvencijom 9,55 MHz.

Međulinijanski senzor tvornice Fairchild, model CCD 221, ima 488×380 fotoosjetljivih elemenata, radi na horizontalnoj frekvenciji od 7,16 MHz te osigurava videoizlaz kompatibilan



Sl. 33. Konfiguracija poluslikovnog međulinijanskog senzora (FIT-senzora)

akromatskom televizijskom standardu NTSC. Karakteristika je tih slikovnih senzora precizna identifikacija svake komponente signala slike.

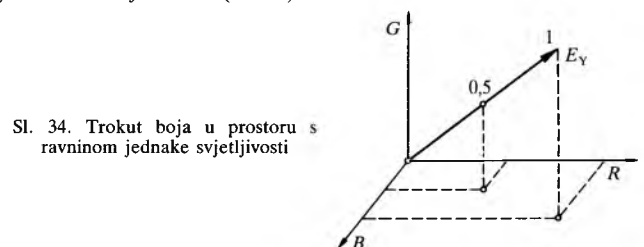
Poluslikovni međulinijanski senzori (engl. Frame Interline Transfer FIT) nastali su združivanjem poluslikovnog i međulinijanskog senzora u MOS-diodnoj HAD i hiper HAD strukturi (sl. 33). Kanal za odvod naboja nalazi se na gornjem dijelu slikovnog dijela. U uobičajenom radu, pri uobičajenom osvjetljenju, naboji se iz senzora prenose u vertikalni posmični registar, a iz njega prema dolje u predio memorije. Pri prevelikom osvjetljenju aktivira se aluminijski zaslon, te se svi dodatni naboji prenose prema gore u kanal za odvod, gdje se resorbiraju. Sve su karakteristike FIT-senzora poboljšane, pa je smanjeno povlačenje i razmazivanje slike, a povećano razlučivanje te omjer signala i šuma.

PRIENOS SLIKE U BOJI

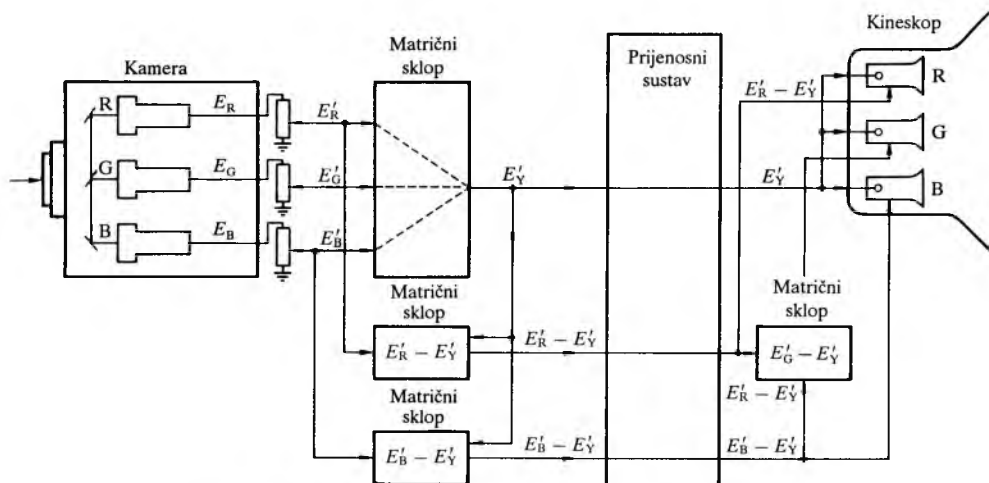
Da bi se prenijela slika u boji, treba istodobno prenijeti tri informacije o boji te informaciju o svjetljivosti (luminanciji). Tri se informacije o boji mogu reproducirati vremenski jedna za drugom. Taj se način zove sekvencijski i može se odabrati kao sekvencijske slike, linije ili točke. Uz dovoljno visoku preklapnu frekvenciju nastat će aditivnim miješanjem u oku doživljaj boje.

Osim kompatibilnosti između akromatskog i kromatskog televizijskog prijamnika što se tiče primanja i reprodukcije videosignala, crno-bijela i televizija u boji trebaju imati istu vertikalnu i horizontalnu frekvenciju, istu širinu frekvencijskog opsega, isti razmak između nosioca tona i nosioca slike te isti modulacijski postupak, a uz to nosilac slike treba sadržavati cijelu luminantnu komponentu kromatske slike. Prvi sustav koji je tome udovoljio bio je NTSC, a iz njega su se kasnije razvili ostali suvremeni televizijski sustavi.

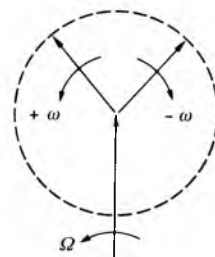
Transformacije krominantnih komponenata. Svaka je točka boje u prostoru određena trima unaprijed odabranim veličinama koje određuju smjerovi osi po volji odabrana koordinatnog sustava. U tom prostoru boja postoje ravnine jednake svjetljivosti, od nulte vrijednosti do dogovorene jedinične vrijednosti (sl. 34).



Sl. 34. Trokut boja u prostoru s ravninom jednake svjetljivosti



Sl. 35. Blok-shema stvaranja razlika signala u boji



Sl. 36. Vektorski prikaz kvadrature modulacije

Ako se u ravnini nulte svjetljivosti odaberu dvije osi, svaka će točka boje u prostoru biti određena tim trima komponentama. Te su dvije osi tada mjerila za krominantne komponente. Na taj se način može prenijeti signal boje trima komponentama. Luminantnom se komponentom napaja crno-bijeli prijammnik, a njome i dvjema krominantnim komponentama u matričnom se sklopu prijammnika u boji obavlja transformacija u sustav R, G i B. Ako se obavi transformacija i gama-korekcija, vrijedi transformirana relacija (2):

$$E'_Y = 0,30 E'_R + 0,59 E'_G + 0,11 E'_B \quad (5)$$

Osi se krominantne komponente uzimaju u ravnini nulte svjetljivosti pa je prikladno uzeti signale razlika $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$:

$$E_R - E_Y = 1,00 E_R - 0,30 E_R - 0,59 E_G - 0,11 E_B = 0,70 E_R - 0,59 E_G - 0,11 E_B \quad (6)$$

$$E_B - E_Y = 1,00 E_B - 0,30 E_R - 0,59 E_G - 0,11 E_B = -0,30 E_R - 0,59 E_G + 0,89 E_B \quad (7)$$

Ti izrazi sadrže sve tri krominantne komponente signala. Stvaranje razlika komponenata krominantnog signala, odnosno transformacija komponenata uz ispunjenje uvjeta kompatibilnosti vidi se na sl. 35.

Kvadratura modulacija. Da bi se ostvario prijenos televizijskog signala u boji, potrebno je jednim kanalom nominalne širine 5 MHz prenijeti tri signala: luminantni signal E_Y i dva krominantna signala $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$.

Na početku kanala nalazi se luminantni nosilac, a na frekvenciji 4,43 MHz krominantni nosilac (sl. 8 i 9), na koji se kvadraturno moduliraju krominantne komponente na osnovi frekvencijskog multipleksa. U kvadraturnoj se modulaciji primjenjuje mogućnost istodobnog prijenosa jednim nosiocem dviju informacija određenih amplitudom i frekvencijom. Sinusni se titraj predočuje u kompleksnoj ravnini rotirajućim vektorom, gdje duljina vektora predstavlja amplitudu, a smjer njegove vrtnje fazu (sl. 36). Amplituda predstavlja zasićenje, odnosno čistoću pobude, a faza ton boje, odnosno dominantnu valnu duljinu.

Princip je kvadrature modulacije da se val nosilac dva puta amplitudno modulira: jedanput jednim krominantnim signalom, a drugi put drugim, ali tako da fazni pomak između nosilaca bude 90° (sl. 37).

Amplitudno modulirani signal opisuje se relacijom

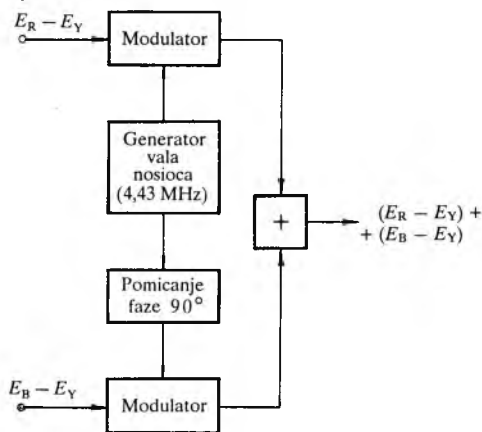
$$C = A (1 + m \cos \omega t) \cos \Omega t \quad (8)$$

a jednadžba spektra

$$C = A \cos \Omega t + \frac{m}{2} A \cos (\Omega + \omega) t + \frac{m}{2} A \cos (\Omega - \omega) t \quad (9)$$

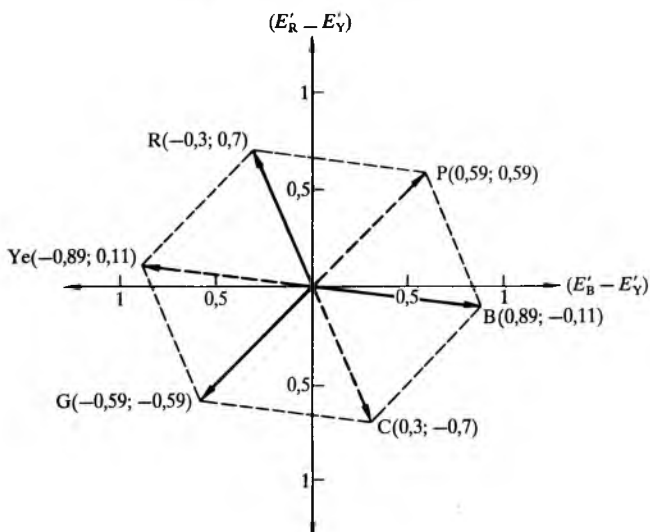
gdje je A amplituda nemoduliranog signala, m stupanj modulacije, Ω frekvencija nosioca, a ω modulacijska frekvencija. U kvadraturnoj se modulaciji val nosilac potiskuje pa

ostaju samo bočni pojasi. Na prijamoj se strani modulirani signali demoduliraju multiplikativnim miješanjem dvama nosiocima pomaknutim za 90°. Kao rezultat se dobivaju oba modulacijska signala $(E_R - E_Y)$ i $(E_B - E_Y)$.

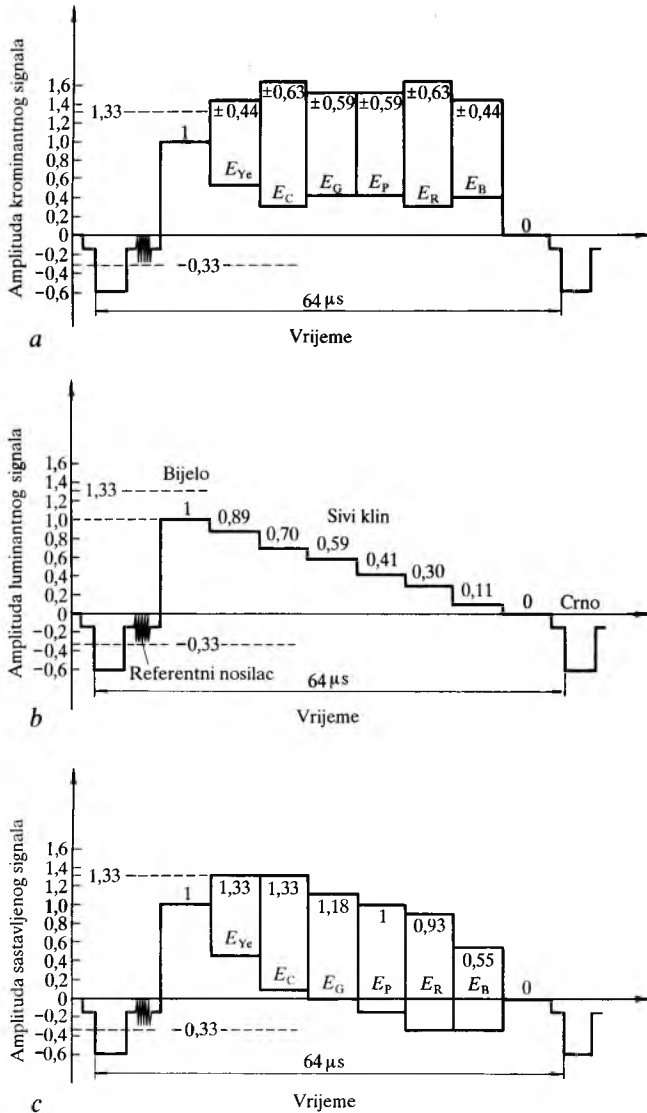


Sl. 37. Shema kvadrature modulacije pri prijenosu signala razlika boja

Na osnovi kvadrature modulacije i toga da se amplitude i faze pojedinih točaka odnose na krominantni nosilac 4,43 MHz, mogu se odrediti geometrijska mjesta primara boja i njihovih komplementara u krominantnom sustavu s koordinatnim osima $(E'_R - E'_Y)$ i $(E'_B - E'_Y)$ (sl. 38). Primari i



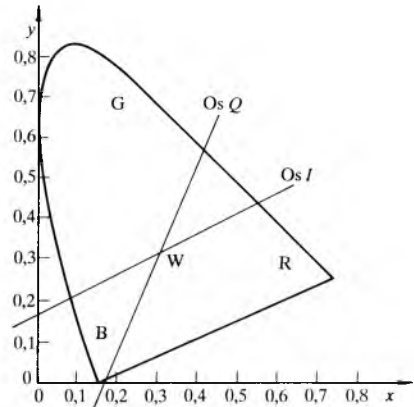
Sl. 38. Položaj primara i komplementara boja (crvene R, modre B i zelene G) te komplementara boja (purpurne P, cijanoplave C i žute Ye) u vektorskom prikazu



Sl. 39. Grafički prikaz komponenta krominantnog signala. a amplitude reduciranih krominantnih komponenta signala za primare i komplementare boja, b luminantni signal (sivi klin) za spektar krominantnih komponenta primara i komplementara boja, c zbroj luminantnog signala E_Y i reduciranih krominantnih komponenta primara i komplementara boja

komplementari boja jednoznačne su električne veličine koje određuju šesterokut unutar kojega se nalaze sve boje u električnom obliku. Pri kvadraturnoj se modulaciji obje krominantne komponente moduliraju na krominantni nosilac koji se zbraja s luminantnim signalom, pa je ukupni signal mnogo veći, što može uzrokovati premodulaciju odašiljača. Ako se prema šesterokutu boja (sl. 38) izračunaju amplitude primara i komplementara, može se dobiti kvalitativni prikaz signala (sl. 39a). Luminantni signal (sivi klin) grafički je prikazan na sl. 39b. Zbrajanje luminantnog signala s moduliranim krominantnim komponentama daje signal s prevelikom amplitudom. Da se izbjegnu problemi premodulacije, mora se ukupna amplituda smanjiti. Zbog uvjeta kompatibilnosti ne smije se smanjivati luminantni signal, pa se smanjuju krominantne komponente (sl. 39c): komponenta $(E_R' - E_Y')$ smanjuje se na 87,7% početne amplitude, a komponenta $(E_B' - E_Y')$ na 49,3% početne amplitude. Na prijamnoj je strani potrebno u određenoj mjeri povećati krominantne komponente zbog vjernosti reprodukcije boja, što se postiže matričnim sklopovima.

Smanjenje frekvencijske širine kanala krominantnih komponenta. Na osnovi ispitivanja u sustavu NTSC ustanovilo se da se sadržaj i razlučivost sitnih detalja nalaze u luminantnoj komponenti, a krominantne komponente pritom nisu



Sl. 40. Prikaz krivulja jednake razlučivosti

važne. Razlučivost krominantnih detalja iznosi 20...50% razlučivosti luminantnih detalja. Tako se dobio smjer najmanje razlučivosti, a predstavlja ga os Q koja zatvara s osi $(E_R' - E_Y')$ kut od 33° . Os I , kao os najveće razlučivosti, okomita je na os Q . Širina kanala u sustavu sa 625 linija iznosi za luminantnu komponentu 5 MHz, potrebna širina za kanal Q iznosi 0,5 MHz, a za kanal I 1,3 MHz. Krivulje su jednake razlučivosti elipse, a leže u krominantnom području u određenom smjeru (sl. 40). Komponente signala E_I i E_Q dobivaju se iz relacija

$$E_I = (E_R' - E_Y') \cos 33^\circ - (E_B' - E_Y') \sin 33^\circ, \quad (10)$$

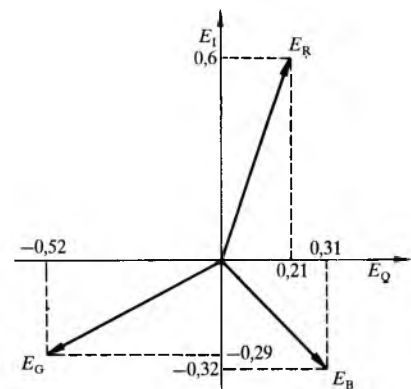
$$E_Q = (E_R' - E_Y') \sin 33^\circ + (E_B' - E_Y') \cos 33^\circ. \quad (11)$$

U sustavu NTSC s reduciranim krominantnim osima te su komponente

$$E_I = 0,74 (E_R' - E_Y') - 0,27 (E_B' - E_Y'), \quad (12)$$

$$E_Q = 0,45 (E_R' - E_Y') + 0,41 (E_B' - E_Y'). \quad (13)$$

U novom se koordinatnom sustavu s osima E_I i E_Q mijenja položaj primara boja (sl. 41). Takvom se transformacijom zadovoljava uvjet kompatibilnosti.



Sl. 41. Položaj primara boja u koordinatnom sustavu E_I i E_Q

SUSTAV TELEVIZIJE U BOJI

Televizija u boji upotrebljava tri krominantna signala, E_R , E_G i E_B , i njihovim se miješanjem mogu dobiti sve druge boje. Uz krominantne signale na utisak svjetljivosti cijele slike djeluje i luminantni signal E_Y . Ako se promijeni amplituda tog signala, slika će biti svjetlija ili tamnija, dok se ton i zasićenost boje neće promijeniti.

Kromatski se signali dobivaju pomoću analizirajuće cijevi ili CCD-elemenata u televizijskoj kameri, gdje se stvaranjem luminantnog signala i dodavanjem sinkronizacijskog signala tvori cjelovit signal slike u boji, tzv. BVPS-signal.

Signali slike u boji iz kamera ili drugih naprava (magnetski, telekina) dovode se na upravljačko mjesto videorežije. Iz videorežije signal se slike u boji vodi kabelima ili radiorelejnim vezama do odašiljačkog centra. Tehnička rješe-