

6. U/I UREĐAJI

6.1. Korisnički interfejs

Korisnički interfejs čine ulazni i izlazni uređaji koji omogućavaju korisniku da upravlja i prima odgovore od sistema. Najpoznatiji ulazni uređaji su tastatura, džojstik (*joystick*), trekbol (*trackball*), digitajzer (*digitizer*) tableta, miš, sistem za prepoznavanje govora itd.

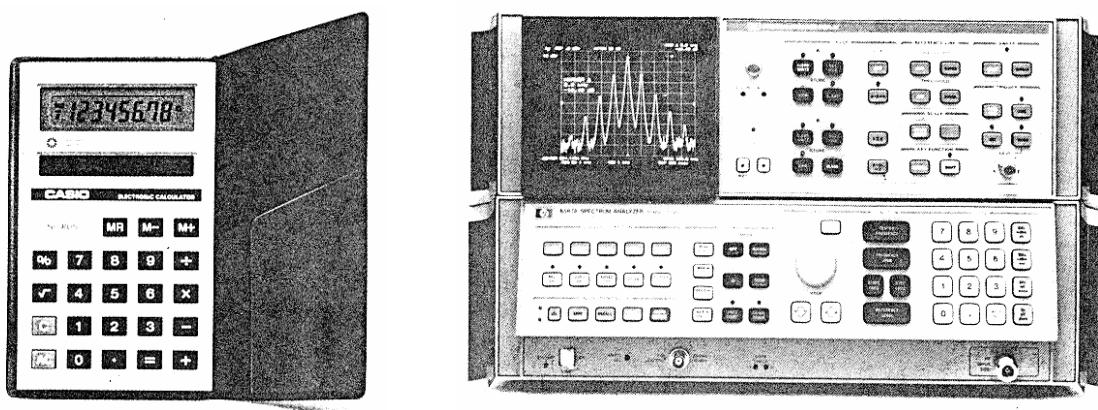
Kao izlazni uređaji najčešće se koriste displeji koji se izводе u varijantama od prostih *on/off* indikatora do velikih grafičkih displeja. Izlazni uređaji su takođe i štampači, generatori zvuka i dr.

6.2. Tastature

6.2.1. Tastature kod kojih tasteri imaju fiksne i promenljive funkcije

Osnovni problem koji se javlja u fazi projektovanja i realizacije tastature sastoji se u tome kakvu funkciju treba dodeliti tasterima na tastaturi: fiksnu ili promenljivu.

Tastature najjednostavnijih ručnih kalkulatora (slika 6.1), telefonskih aparata, elektronskih instrumenata i dr. realizuju se pomoću tastera koji su namenjeni samo za jednu funkciju.



Sl. 6.1.

Tastature kod kojih tasteri imaju fiksnu funkciju imaju nekoliko prednosti u odnosu na one kod kojih dirke imaju promenljivu funkciju, a to su:

- jednostavan rad - u jednom trenutku se pritiska samo jedna dirka tj. ista dirka uvek obavlja istu funkciju.
- sve ponuđene (dostupne) funkcije se mogu odrediti analizom tastature.
- za rad tastature potrebna je relativno mala programska podrška.
- tasteri su uređeni u logičke grupe.

Nedostaci tastatura sa fiksnim funkcijama tastera su:

- Ako je broj funkcija veliki biće neophodno ugraditi veliki broj tastera.
- Potrebno je često vizuelno pretraživanje i pomeranje ruke i glave prema oblasti gde se nalazi taster.
- Mala promena iziskuje hardversku modifikaciju.
- Ponekad je teško logički grupisati tastere da bi se zadovoljili zahtevi koji važe za sve operativne procedure.

Izbor tastatura sa fiksnom funkcijom tastera je dobro rešenje na onim mestima: gde se određeni skup funkcija često koristi, kada funkcije treba da se izvršavaju brzo, kada je korektni inicijalni izbor funkcija kritičan da bi se ostvarila operativnost sistema. Tastature kod kojih se ugrađuju tasteri, koji imaju promenljive funkcije, mogu se realizovati na jedan od sledeća dva načina:

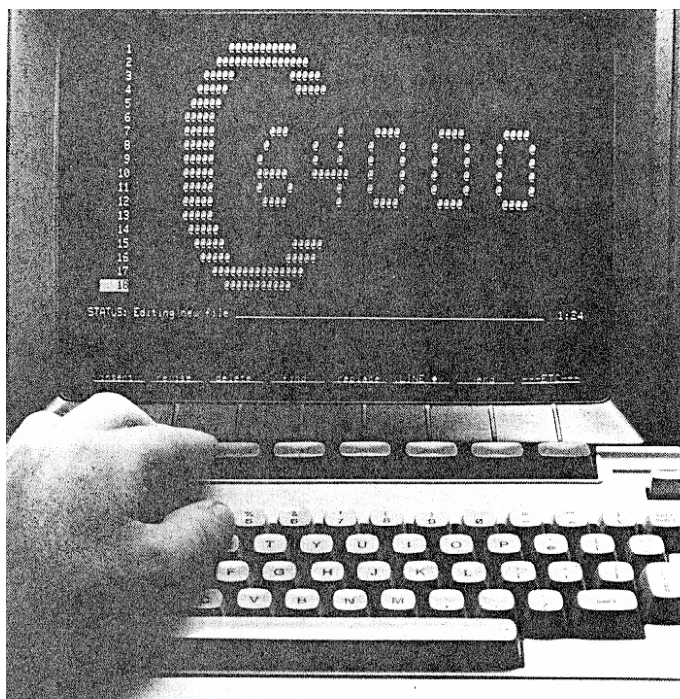
- **tasteri menjaju način rada** - omogućavaju korisniku da menja funkciju tastera ali je pri tom broj alternativa mali.
- **"soft" tasteri** - funkcije tastera se definišu softverski, i mogu se dinamički menjati. Informacija o funkciji tastera obično se prikazuje na CRT displeju.

Na slici 6.2 prikazana je tastatura koja koristi dva načina rada za promenu funkcije odgovarajuće dirke.



Sl. 6.2.

Na slici 6.3 prikazan je primer sistema koji koristi "soft" tastature.



Sl. 6.3.

U Tabeli 6.1 prikazane su prednosti i nedostaci tastatura koje koriste tastere sa fiksnim i promenljivim funkcijama.

Tab. 6.1.

Tastatura sa fiksnim funkcijama	Tastatura sa promenljivim funkcijama
Prednosti	
1. Jednostavnost u radu	1. Mali broj dirki
2. Funkcija tastera je evidentna	2. Ne treba mnogo vizuelnog pretraživanja
3. Minimalan softver	3. Ne treba mnogo pokreta rukom
4. Logičko grupisanje dirki	4. Može se modifikovati softverskom promenom
Nedostaci	
1. Veliki broj funkcija zahteva veliki broj dirki	1. Povećava se vreme izbora funkcije
2. Često vizuelno pretraživanje	2. Smanjena jasnoća oko obeležavanja dirki
3. Često pomeranje ruke	3. Potreba za "promptom" i povratnom reakcijom
4. Promena zahteva hardversku modifikaciju	4. Potreban je duži period uvežbavanja

U Tabeli 6.2 dat je prikaz kada je pogodnije koristiti tastature kod kojih tasteri imaju fiksne i promenljive funkcije.

Tab. 6.2.

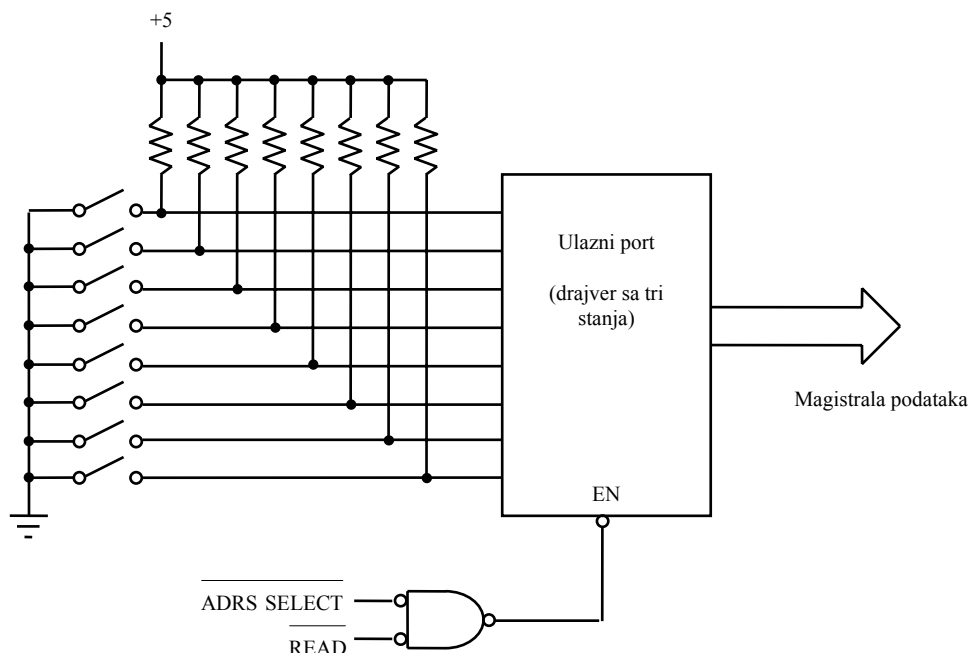
Fiksne funkcije	Promenljive funkcije
1. Jedan skup funkcija se često koristi	1. Nekoliko podskupova funkcija se često koristi
2. Funkcije moraju brzo da se izvršavaju	2. Brzina unošenja nije usiljena
3. Izbor korektne funkcije je kritičan	3. Potrebni su zadovoljavajući "prompt" i povratna reakcija

6.2.2. Povezivanje tastature

Tastature i drugi tipovi prekidača mogu se povezati na mikroračunarski sistem na nekoliko načina. Neke od metoda su bolje kada je broj prekidača (tastera) mali, a druge metode su bolje kada je taj broj veliki. Softver koji se ugrađuje u računar, a koji se koristi za analizu tastature, zavisi od načina povezivanja računara sa tastaturom.

Nemultipleksirani interfejs

Najjednostavnija sprema malog broja tastera sa miroračunarskim sistemom prikazana je na slici 6.4.



Sl. 6.4. Osnovni nemultipleksirani interfejs za mali broj tastera.

Kao što se vidi sa slike 6.4, na jedan ulazni port povezano je osam prekidača. "Pull-up" otpornicima, u slučaju kada je prekidač otvoren, obezbeđuje se da ulazni napon bude na visoko. Kada se prekidač zatvori, ulaz se nalazi na nisko, a odgovarajući bit u trenutku kada mikroprocesor čita ulazni port je postavljen na 0. Kod realizacije ove jednostavne sprege softver nije složen. Često se ovakvo rešenje (kod mikroračunarskih sistema) koristi za čitanje postavljene konfiguracije sistema (stanje se postavlja DIP prekidačima), a može se koristiti i za realizaciju tastatura sa malim brojem dirki. Ovo rešenje je nepraktično za realizaciju tastatura sa velikim brojem prekidača.

Multipleksirani interfejs

Multipleksiranim interfejsom u značajnoj meri se smanjuje broj U/I-port-bitova koje je potrebno analizirati kada je tastaturu potrebno realizovati sa velikim brojem dirki. Na slici 6.5 prikazan je tastaturni interfejs za 16 prekidača, realizovan sa jednim četvorobitnim ulaznim portom i jednim četvorobitnim izlaznim portom.

Kao i kod nemultipleksiranog interfejsa, "pull-up" otpornicima se obezbeđuje da napon na nekom pinu ulaznog porta bude na visoko, ako dirka na tastaturi nije pritisnuta. Tastatura se čita vrstu po vrstu, a proces čitanja je poznat kao analiza (skaniranje). Jedan od bitova izlaznog porta se postavi na 0, a svi ostali na 1. Svaki bit izlaznog porta pobuđuje jednu vrstu dirki. Sve vrste koje su povezane na izlazne bitove koji su postavljeni na 1 sa odgovarajućim bitom ulaznog porta koji je takođe postavljen na 1 preko pull-up otpornika. Aktivna je samo ona vrsta čiji je bit postavljen na 0; pritiskom bilo koje dirke spojene na ovu vrstu dovešće da bit ulaznog porta u odgovarajućoj koloni bude na nisko. Na ovaj način izlazni port omogućava čitanje tastature vrstu po vrstu preko jedinstvenog ulaznog porta. Sekvenca analize tastature je sledeća:

- Na izlazni portu se upisuje podatak 0111.
- Čita se ulazni port. Ako nije prisutna dirka u toj vrsti, pročitana vrednost biće 1111. Ako je pritisnut bilo koji taster, javiće se 0 na odgovarajućoj bit poziciji.
- Podatak na izlaznom portu kružno se pomera za jednu bit poziciju (tj. dobija se 1011), i aktivira druga vrsta.
- Čita se ulazni port. Na slici 6.5 je prikazano da je pritisnuta dirka u ovoj vrsti, što dovodi da je na ulaznom portu prisutna informacija 1011.
- Upisuje se podatak 1101 u izlazni port, i čita ulazni port.
- Upisuje se podatak 1110 u izlazni port i čita ulazni port.

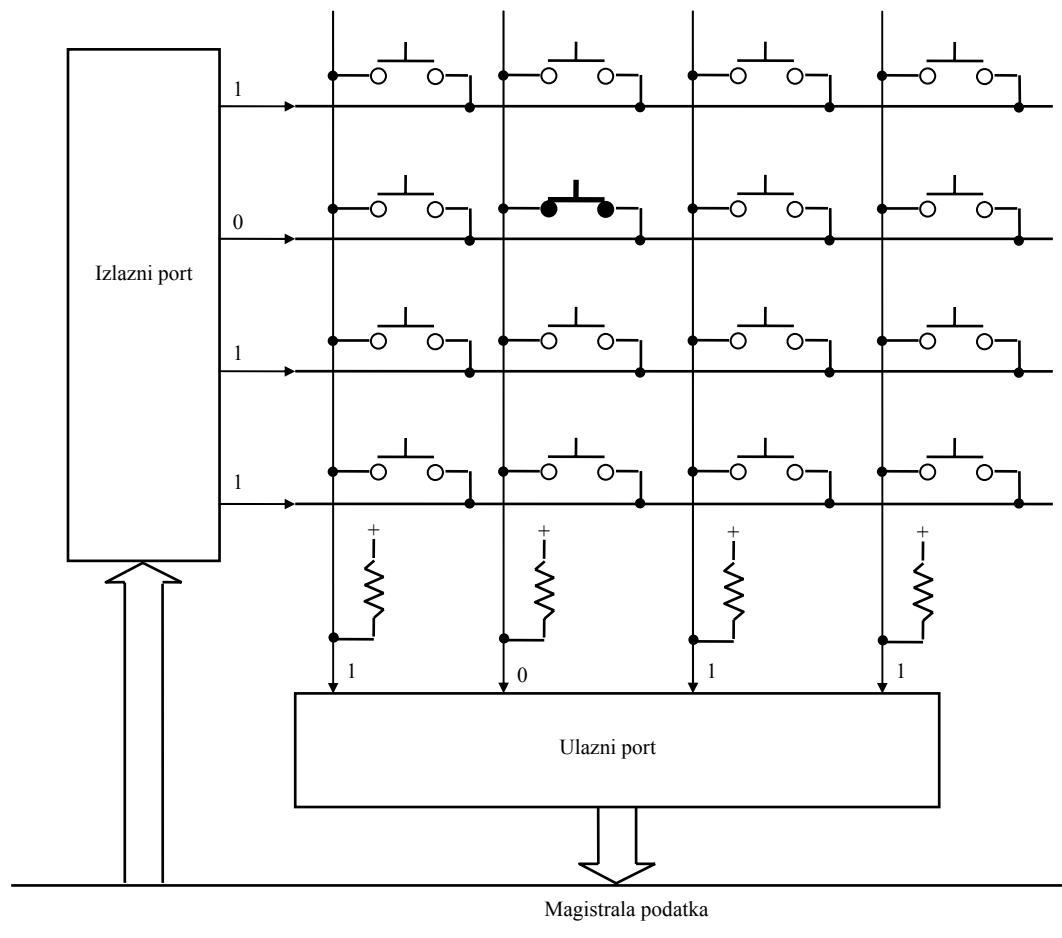
Tastaturu treba često analizirati kako bi se detektovalo kada je dirka pritisnuta, a kada je oslobođena. Najkraći pritisak dirke koji se mora detektovati varira od 20-100ms (zavisi od tipa aplikacije i tastature).

Jedan od načina da se implementira softver za analizu tastature je korišćenje programabilnog tajmera za generisanje zahteva za prekid jedanput u svakoj milisekundi. U toku obrade svake prekidne rutine podatak na izlaznom portu se kružno pomera za jednu bit poziciju, a zatim se čita ulazni port. Ako u podatku koji se pročita postoji nula na bilo kojoj bit poziciji, tada je neka od dirki pritisnuta. Tačna pozicija dirke se može odrediti dekodiranjem podataka po vrsti i koloni.

Veličina multipleksirane tastature se lako može proširiti. Sa 8-bitnim ulaznim i izlaznim portovima može se realizovati tastatura sa 64 dirke, a sa 16-bitnim ulaznim i izlaznim portovima tastatura sa 256 dirki.

Jedan od problema koji se javlja kod tastature organizovane na matrični način ogleda se u tome što se ne može uvek korektno detektovati koja je dirka pritisnuta, ako je u jednom trenutku pritisnut veći broj dirki. Ako pritisnute dirke pripadaju istoj vrsti ili koloni, tada problem ne postoji. Ali, posmatrajmo situaciju prikazanu na slici 6.6. Istovremeno su pritisnute tri dirke označene sa A, B i D. Kada se čita vrsta 2, kolonska linija 1 je postavljena na nisko od strane dirke D. Kako je istovremeno pritisnuta i dirka B i vrsta 1 biće takođe postavljena na stanje nisko (U suštini drajver vrste 1 teži da postavi liniju na visoko, a drajver vrste 2, preko kolone 1, pokušava da postavi liniju na nisko. Kod najvećeg broja TTL kola nivo nisko će "pobediti"). Vrsti 1 je dozvoljen rad, i pored toga što se softverski očekuje čitanje samo vrste 2. Dirka A postavlja kolonu 0 na nisko, što dovodi do toga da softver pogrešno proceni da je pritisnut prekidač C. Ovo se zove "ghost keys".

"Ghost keys" efekat se može eliminisati postavljanjem dioda na red sa svakom dirkom što omogućava da vrsta postavi kolonu na nisko, ali se ne može desiti obrnuto.



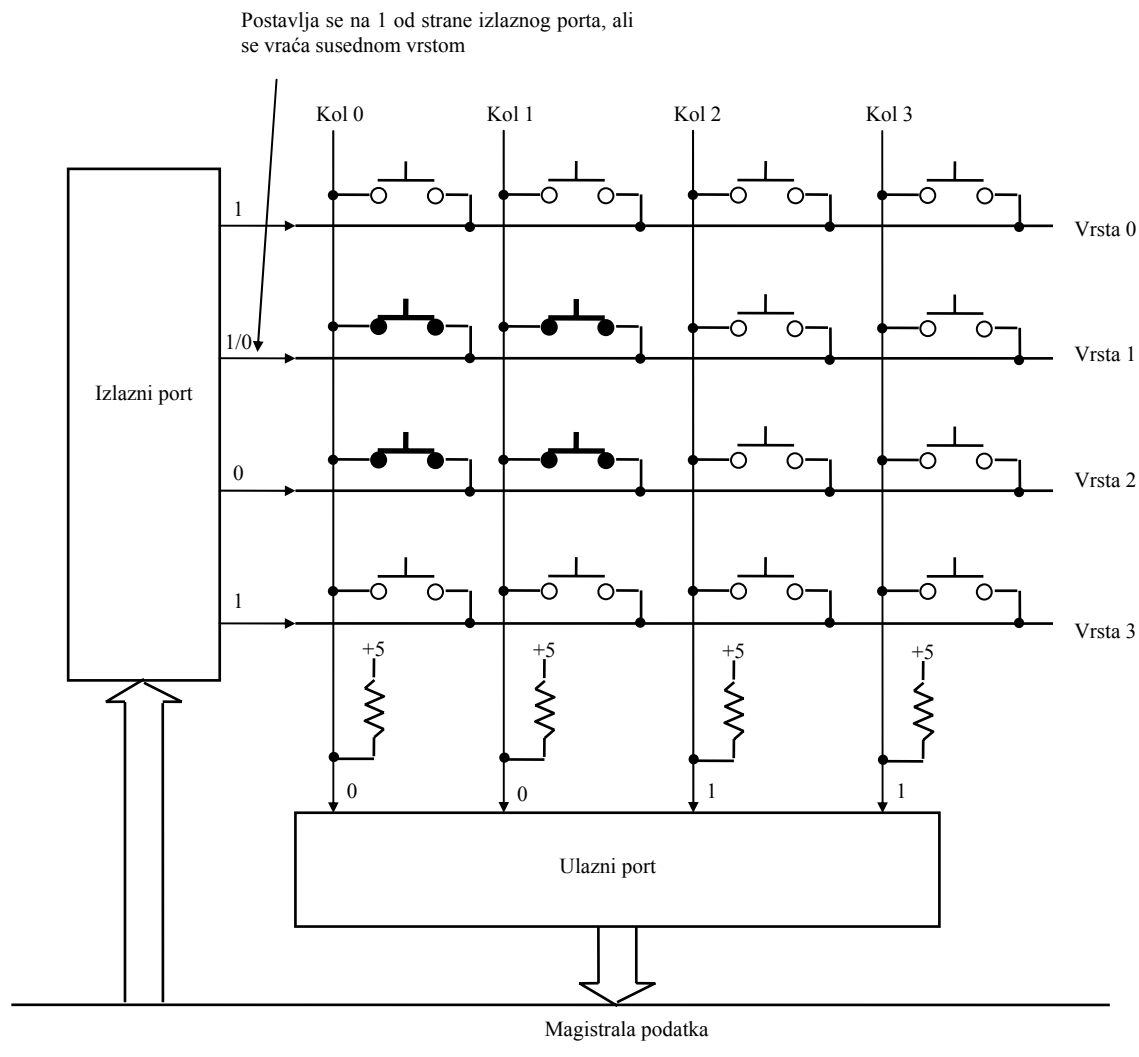
Sl. 6.5. Multipleksirani interfejs tastature.

6.2.3. Treperenje dirki

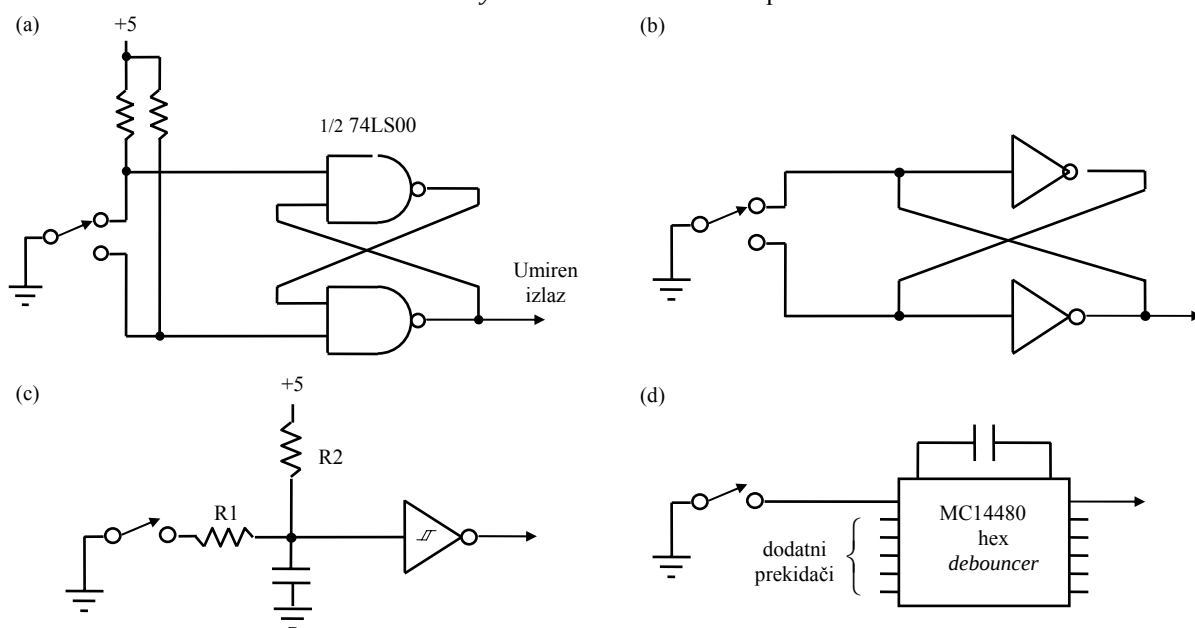
Kada se dirka pritisne (prekidač zatvori), ne postoji samo jedan, čisti prelaz iz stanja otvoreno u stanje zatvoreno. Naprotiv dirka treperi između stanja otvoreno i zatvoreno pre nego što ona konačno ne zauzme poziciju zatvoreno. Slična situacija se javlja i kada se dirka otpušta. Period treperenja dirke zavisi od njegove konstrukcije. Kvalitetne dirke trepere od (1-5)ms a loše od (20-100)ms. Ako se o treperenju ne vodi računa, mikroračunar će "smatrati" da je taster, umesto jedanput, više puta pritisnut i oslobođen.

Postoji veći broj rešenja kako da se eliminiše problem treperenja dirki. Četiri hardverska metoda su prikazana na slici 6.7.

Sve tehnike za eliminaciju treperenja dirki prikazane na slici 6.7 pogodne su kod onih aplikacija kod kojih se čitanje stanja dirki vrši hardverski. Kod aplikacija gde se čitanje stanja dirki vrši softverski, eliminacija treptanja dirki se u potpunosti obavlja programski. Osnovna ideja algoritma za eliminaciju treperenja dirki sastoji se u aktiviranju brojača čija perioda brojanja odgovara vremenu treperenja u toku aktiviranja i deaktiviranja dirke. Kada je pritisak dirke detektovan, softver smešta kod dirke u lokaciju za privremeno memorisanje. Ako je dirka i dalje pritisnuta kada se vrši nova analiza tastature, tada se za svaku dirku smatra da je pritisnuta, a kod te dirke se predaje rutini za obradu. Ako je vreme treperenja duže od vremena analize, broj analiza za koje je dirka pritisnuta mora se odbrojati pa kada brojač dostigne određenu vrednost kod dirke se predaje rutini na dalju obradu.

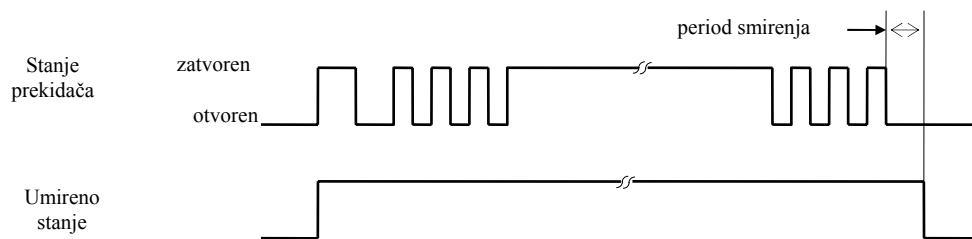


Sl. 6.6. Ghost key efekat kada su tri tastera pritisnuta.



Sl. 6.7. Tehnike za eliminaciju treperenja dirki.

Napomenimo da nije uvek neophodno eliminisati treperenje kako kod zatvaranja tako i kod otvaranja prekidača. Na slici 6.8 prikazan je efekat eliminacije treperenja dirke koji je karakterističan za njeno oslobađanje.

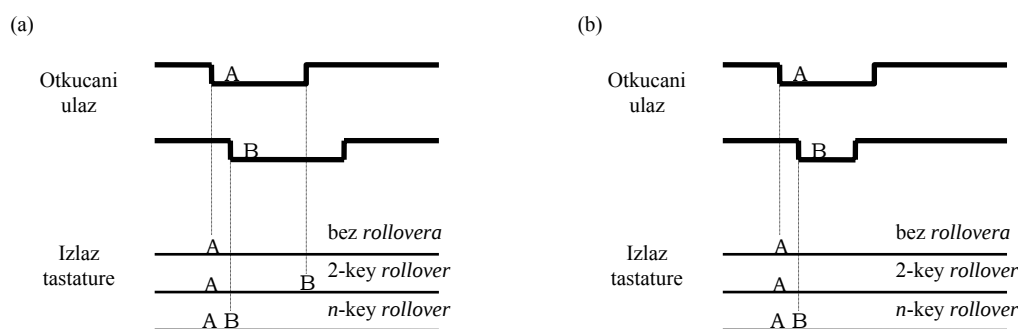


Sl. 6.8.

U trenutku kada se dirka pritisne, za nju se smatra da je zatvorena. Ali u trenutku otpuštanja, ona mora ostati otvorena još najmanje 10ms pre nego što se smatra da će konačno biti otvorena.

6.2.4. Rollover i lockout

U aplikacijama gde se zahteva brzo unošenje podataka preko tastature, preklapanje usled pokretanja prstiju znači da u jednom trenutku može biti pritisnuto i više od jedne dirke. Osobina tastature da se pritisnuta dirka prihvati u trenutku kada je i neka druga dirka takođe pritisnuta se zove "rollover". Suprotno tome, tastature kod kojih nije ugrađen *rollover* (ova tehnika se još zove i *two-key-lockout*) ne dozvoljavaju prihvatanje bilo koje naredne dirke sve dok se prethodna ne oslobodi. U praksi postoji nekoliko verzija *rollover*-a. Na slici 6.9 prikazane su tajming karakteristike nekoliko *rollover* šema.



Sl. 6.9. Akcije tastature bez *rollover*-a, sa *two-key rollover*-om i *n-key rollover*-om: (a) efekat na izlaz tastature kada se dva tastera istovremeno pritisnuta a prvi taster se otpušta pre drugog, (b) kada su dva tastera pritisnuta istovremeno a drugi taster se otpušta pre prvog.

- *Two-key rollover* (poznata još i kao *shadow rollover*) dozvoljava da se i druga dirka pritisne ako je prva već pritisnuta. Ali, druga dirka će generisati signal samo ako se prva otpusti. Ako se druga dirka otpusti pre prve, pritisak na druge dirke će se ignorisati. Ako se dve dirke istovremeno pritisnu dolazi do blokiranja izlaza.
- *Three-key rollover* - obezbeđuje važeće podatke samo za dva sekvencijalna pritiska tastature. Pritisak treće dirke neće generisati znak na izlazu, sve dok se jedna od prve dve pritisnute dirke ne oslobodi.
- *n-key rollover* - omogućava da tastatura prihvati sve pritisnute dirke i generiše važeće znakove nezavisno od broja istovremeno pritisnutih dirki. U ovom slučaju se koristi memorija u kojoj se pamti redosled pritisnutih dirki.

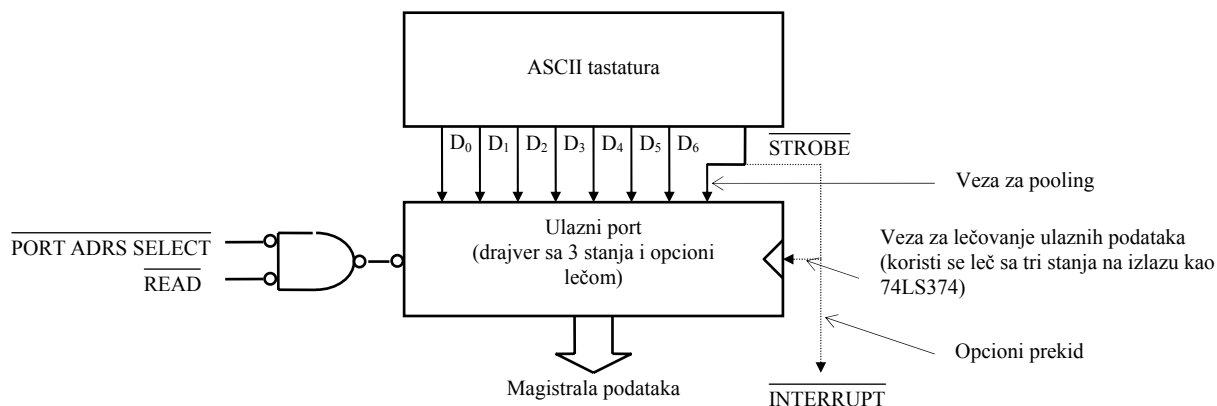
6.2.5. Interfejsi zasnovani na hardveru

Tastaturni interfejsi o kojima smo do sada govorili se realizuju kao softverski-intezivni. Softver mora: kontinualno analizirati vrste i kolone tastature, dekodirati podatke i odrediti koja je dirka pritisnuta, izbeći problem eliminacije treperenja, i ostvariti neki tip *locout* i *rollover* sa ciljem da se uspešno reši problem istovremenog pritiskanja većeg broja dirki. Za izvršenje celokupnog softvera potrebno je dosta vremena, čak i za slučaj da nije pritisnuta nijedna dirka. Često se u mikroračunarskim sistemima ovaj problem rešava na taj način što se ugrađuje specijalni čip koji se zove tastaturni kontroler. Zadatak kontrolera je da samostalno obavi sve gore nabrojane funkcije što ima za efekat da rastereti CPU. Tipični tastaturni kontroler je Intel 8279. Ovaj kontroler ima ugrađenu

logiku za analizu tastaure, eliminaciju treperenja dirki, displej drajver za 16 znakova, interni oscilator i brojač i 8-bitni FIFO bafer. 8279 se direktno spreže sa matrično organizovanom tastaturom $8 \times 8 = 64$ dirki.

Sprezanje tastature i računara obično se realizuje kao što je prikazano na slici 6.10. Kada se pritisne dirka, STROBE linija se aktivira a ASCII kod sa izlaza tastaturne logike se upisuje u ulazni port. Često se STROBE linija se vezuje na INTERRUPT. Na ovaj način rad CPU-a se prekida samo kada je neka dirka pritisnuta.

Alternativni pristup je korišćenje mikroračunara na čipu kao tastaturnog kontrolera (tipičan primer su tastature IBM PC). Softver mikroračunara čine instrukcije za analizu tastature i eliminaciju treperenja dirke. Prednost korišćenja mikroračunara kao tastaturnog kontrolera sastoji se u tome što se koristi serijski interfejs prema glavnom CPU-u. Korišćenje serijskog interfejsa obezbeđuje da se tastatura fizički izdvoji od računara ili sistemske jedinice, a za spregu je potrebno samo nekoliko žica. Mikroračunar tastature može baferovati nekoliko znakova, čime se smanjuje brzina predaje podataka CPU-u.



Sl. 6.10.

6.2.6. Tehnologija prekidača tastature

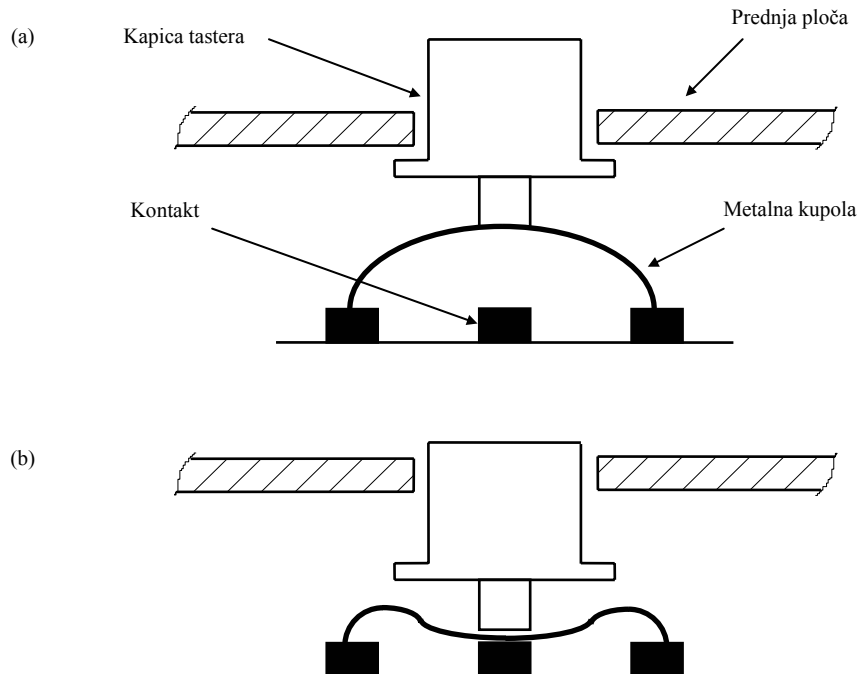
Za realizaciju prekidača tastature koriste se različite tehnologije. One se kategorišu u zavisnosti od toga koliko se dirke pod pritiskom pomeraju i po mehanizmu kojeg one koriste za prekidanje. Standardne tastature koriste "full-travel" prekidače, kod kojih se kapica pomera 0,15 inča kada se dirka pritisne. "Full-travel" prekidače koriste (oni koji kucaju) vole da koriste zbog toga što pritisak dirke izaziva relativno veliki hod. Najstandardniji "full-travel" prekidači su mehanički prekidači, koji su na žalost kao elementi dugotrajno posmatrano nepouzdanji. Podložniji su prljanju i promeni otpornosti na mestu kontakta. Često se umesto mehaničkih prekidača koriste "reed" prekidači. Pritiskanjem dirke pomera se magnet koji je locira blizu "reed" prekidača, a to uslovljava njegovo zatvaranje. "Reed" prekidači su pouzdaniji od mehaničkih zbog toga što se kontakti ugrađuju unutar staklene cevi i na taj način se oni štite od zagađivanja (prljavština).

Pouzdanije tastature se dobijaju ako se "reed" prekidači zamene senzorima koji rade na principu Hall-ovog efekta. Senzor koji radi na na principu Hall-ovog efekta je poluprovodnički sklop koji detektuje prisustvo magnetnog polja. Ovo omogućava da se tastature prave bez mehaničkih kontakata čime se povećava njihova pouzdanost. Na žalost, kod ovakvih rešenja značajno se povećava i cena tastature, pa se zbog toga ove tastature ugrađuju na onim mestima gde se zahteva visoka pouzdanost. Kapacitivne dirke su, tehnološki posmatrano, takođe popularne zbog relativno skromne cene. Kada se dirka pritisne provodne ravni se pomeraju bliže jedna drugoj. Na taj način menja se vrednost kapacitivnosti koja se formira sa velikim brojem dirki. Svaki prekidački mehanizam je jednostavan i jeftin, a kola koja detektuju promenu kapacitivnosti mogu biti zajednička za slučaj da se koristi princip matriciranja.

Suprotno nabrojanim tipovima prekidača (pripadaju klasi *full-travel*), u praksi se često koriste "flat-panel" prekidači koji imaju veoma mali pomeraj. Najpoznatiji tipovi su membranski, koji koriste sendvič koga čine tri plastične materije. Spoljni sloj na unutrašnjoj (donjoj) strani je metaliziran (metalizacija se izvodi kod šara) a pomoću metaliziranih delova ostvaruje se kontakt. Postoji vrlo mali hod jer su plastični slojevi veoma blizu jedan drugom. Nedostatak ovog tipa tastature je taj što za korisnika ne postoji povratni osećaj o otporu dirke koji on oseća kada je pritisnuo dirku (pored otpora dirke ne čuje se i klik). Sistemi koji koriste membranske tastature, obično, kada se dirka pritisne, generišu neki drugi oblik povratne informacije kao što je klik ili neki zvuk. Ipak, veći je broj korisnika koji više želi da radi sa tasterima koji pružaju otpor kod pritiskanja (tj. postoji "tactile feedback").

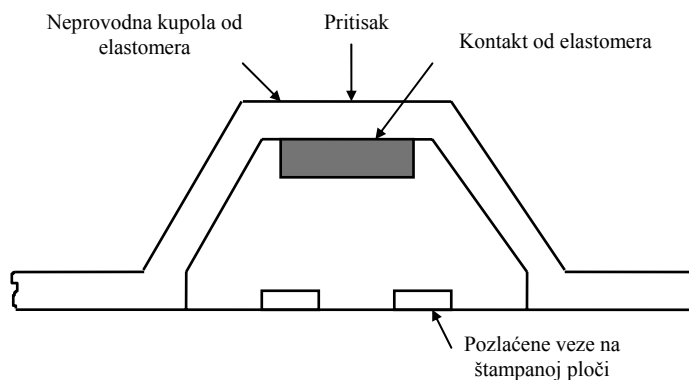
Tehnologija prekidača, koja se koristi za realizaciju tastatura, u najvećem broju slučajeva je "dome" prekidač (slika 6.11). Metalna kupola (*dome*) ima ulogu opruge koja se u trenutku pritiskanja savija pa se na taj način stvara korisniku povratni osećaj u trenutku pritiskanja dirke.

Veoma često se u praksi koristi kombinacija membranskih i "dome" dirki.



Sl. 6.11. Red prekidača sa metalnom kupolom. (a) Prekidač nije pritisnut; (b) Prekidač je pritisnut.

U eksploataciji na tržištu se često sreću i dirke realizovane od provodne (elastomer) gume, koje se karakterišu ograničenim pomeranjem. Dirka se izrađuje od silicijumske gume na kojoj je tačkasto naneta provodna guma (elastomer) sa unutrašnje strane dirke. Na slici 6.12 prikazan je poprečni presek ovog tipa dirke. Kada se dirka pritisne, provodna guma kratko spaja veze na štampanoj ploči na taj način što se vrši njihovo kratko spajanje. Tastature realizovane od provodne gume su vrlo jeftine i ugrađuju su u kalkulator, daljinske upravljače za TV i radio itd.



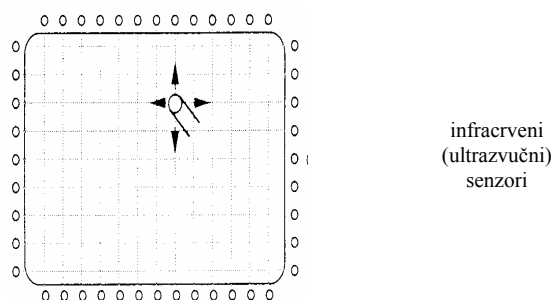
Sl. 6.12.

6.3. Interaktivni grafički displeji

Interaktivni grafički displeji omogućavaju korisniku da dobije povratnu informaciju na ekranu koja ukazuje na to gde je lociran objekat koji se bira, pomera sa jednog mesta na drugo, briše itd. Ova informacija se može uneti na različite načine u računar, a o nekim od njih diskutovaćemo u daljem tekstu.

6.3.1. Displeji osetljivi na dodir (*Tough-Sensitive Display - TSD*)

TSD koriste direktni metod za pozicioniranje kursora na displeju, na taj način što se jednostavno ukazuje na tačku ekrana gde želimo da kursor bude pozicioniran. Postoje dva tipa TSD-a, prvi koristi tanak providni materijal koji se montira na CRT ekran, a drugi koristi polje infracrvenih ili ultrazvučnih senzora koji su montirani po ivicama ekrana. Način izvođenja drugog tipa TSD-a prikazan je na slici 6.13.



Sl. 6.13. Ekran osetljiv na dodir.

Niz LED elemenata postavlja se duž dve susedne strane displeja, a fotosenzori se instaliraju na suprotnim stranama. Na ovaj način se stvara matrica emisionih snopova koji pokrivaju oblast prikaza. Kada korisnik ukaže na neku tačku ekrana, on prekida oba snopa (vertikalni i horizontalni). Presekom se identifikuje pozicija pokazivača. Prst je obično najčešće korišćeni pokazivač (mada se bilo koji drugi neprovidan materijal, kao što je pero ili olovka, takođe može koristiti). TSD-ovi, kod kojih se koristi transparentni materijal za prekrivanje ekrana, mogu se realizovati kao kapacitivni i otporni. Otporni tipovi koriste dve delimično providne mrežice (transparentni materijal), u jednoj su ugrađene tanke žice u horizontalnom smeru, a u drugoj u vertikalnom. Pritiskom na određenu tačku na ekranu pravi se kontakt između horizontalnih i vertikalnih žica, pa se na taj način određuje pozicija na ekranu. TSD-ovi koji koriste otporni princip rada imaju bolju rezoluciju u odnosu na one koji koriste LED diode.

Kapacitivna tehnologija se, kao i tehnologija koja koristi prostiranje akustičnih talasa (*surface acoustic waves*), takođe koristi za implementaciju TSD-ova.

Svaki od prethodno nabrojanih pristupa zahteva ugradnju svoje sopstvene senzorske elektronike i ima svoje prednosti i nedostatke. Sa sistemске tačke gledišta izlazi svih nabrojanih rešenja sprežu se sa CPU-om na sličan način. Izlaz senzorske elektronike je X i Y vrednost koja se prezentira kao paralelni ili serijski podatak.

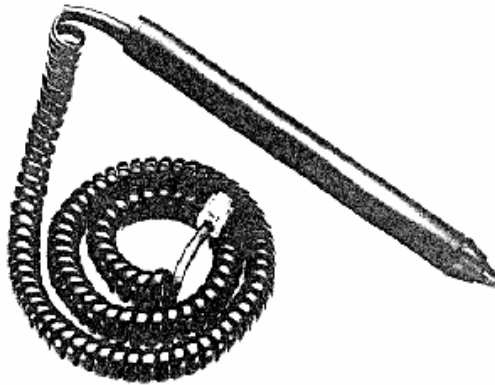
TSD-ovi su dobri za primenu na onim mestima gde se zahteva relativno gruba rezolucija i nudi softverski meni. Naime, oni su korisni za primenu kao uređaji pomoću kojih se vrši izbor. Lista stavki se prikazuje na ekranu, a dodiruje se ona (misli se na oblast ekrana gde je iscrtan taj predmet) koja je od interesa. Kako je akcija pokazivanja prirodan metod za identifikaciju predmeta, TSD-ovi su našli primenu kod onih sistema koji koriste neobučene i netestirane operatore. Tipični primeri su javna informaciona mesta, hotelski informacioni sistem itd., gde se željena informacija dobija ukazivanjem na stavku u softverskom meniju, čime se uslovljava da se željena informacija pojavi na ekranu.

6.3.2. Svetleće pero (*light pen*)

Svetleće pero po svojoj funkciji je slično TSD-u. Umesto da postoje senzori oko ekrana pomoću kojih se detektuje pozicija pokazivača, pokazivač (svetleće pero) detektuje svoju poziciju na ekranu. U toku analize CRT displeja svaka tačka na ekranu se osvetljava u određenom trenutku. Svetleće pero sadrži diodu sa brzim odzivom, koja generiše impuls u trenutku kada elektronski niz analizira tačku na koju svetleće pero pokazuje. CRT kontroler (specijalno elektronsko kolo koje generiše impulse za analizu slike na ekranu) sadrži skup brojača koji ukazuju na tekuću poziciju ulaza na ekranu. U trenutku kada se javi impuls koji generiše svetleće pero, pamti se stanje brojača (koordinate X i Y) i na taj način određuje pozicija svetlećeg pera na ekranu. Sistem zatim generiše kursor na odgovarajućoj poziciji, čime se stvara utisak da svetleće pero upisuje tačku (krstić) na ekranu.

Imajući u vidu da svetleće pero detektuje svetlost sa ekrana, "znak praćenja" (neki karakterističan oblik tj. znak ili simbol) treba povremeno prikazivati na ekranu čime se omogućava detekcija pera kada ono pokazuje na crnu površinu. Ovaj znak se prikazuje na ekranu brzinom koja nije tako velika i koja ne generiše primetnu sliku (na ekranu) ali obezbeđuje da se signal svetlećeg pera može detektovati.

Svetleća pera su jeftinija za implementaciju od TSD-ova. Ipak, dok su TSD-ovi skoro nevidljivi za korisnika svetleća pera su specijalni uređaji koje treba dovesti u direktan dodir sa tačkom na ekranu gde se vrši prikazivanje kursora. Tipičan izgled svetlećeg pera prikazan je na slici 6.14.

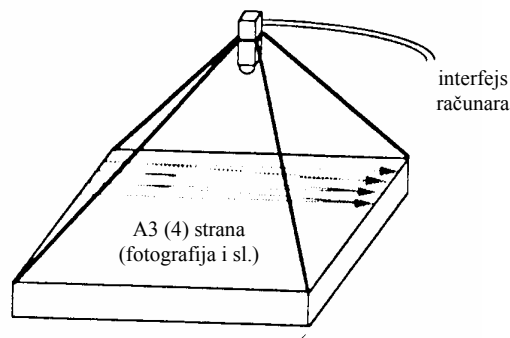


Sl. 6.14. Svetleće pero.

6.4. Ostali tipovi ulaznih uređaja

6.4.1. X-Y skener

Skener analizira sliku (fotografiju, tekst ili grafičku) na jedan sistemski način i generiše njenu raster analiziranu verziju, na sličan način kako TV kamera analizira sliku. Podaci o crno-beloj slici (nivoi sivog) koji su rezultat analize prenose se u računar u serijskoj ili paralelnoj formi. Rezolucija ovih uređaja obično je reda 1000 tačaka po inču, sa 64 nivoa sivog. Tipični izgled jednog X-Y skenera prikazan je na slici 6.15.



Sl. 6.15. X-Y skener.

Oblast primene skenera se uglavnom odnosi na optičko prepoznavanje znakova (*Optical Character Recognition* - OCR). Raniji OCR programi su bili ograničeni na prepoznavanje malog broja različitih fontova znakova. Tehnike koje su koristili ovi uređaji zasnivali su se na matričnom uparivanju, pri čemu se svaki analizirani znak uparivao sa slikom matričnog znaka formata 9×9 koji je bio smešten u tabelu preslikavanja lokalne memorije. Moderni skeneri mogu analizirati dokumente u horizontalnom i vertikalnom smeru. Oni koriste *Tag Image File Format* (TIFF) standard, koji omogućava da se znakovi generišu u oblik koji je kompatibilan sa onim koji važi za faksimil (FAX) mrežu.

Današnji skeneri zbog karakteristične i specifične obrade, koja se odnosi na prepoznavanje oblika, uglavnom se sprežu prvo sa jeftinijom mašinom kao što je IBM PC, a nakon toga se PC spreže sa hostom.

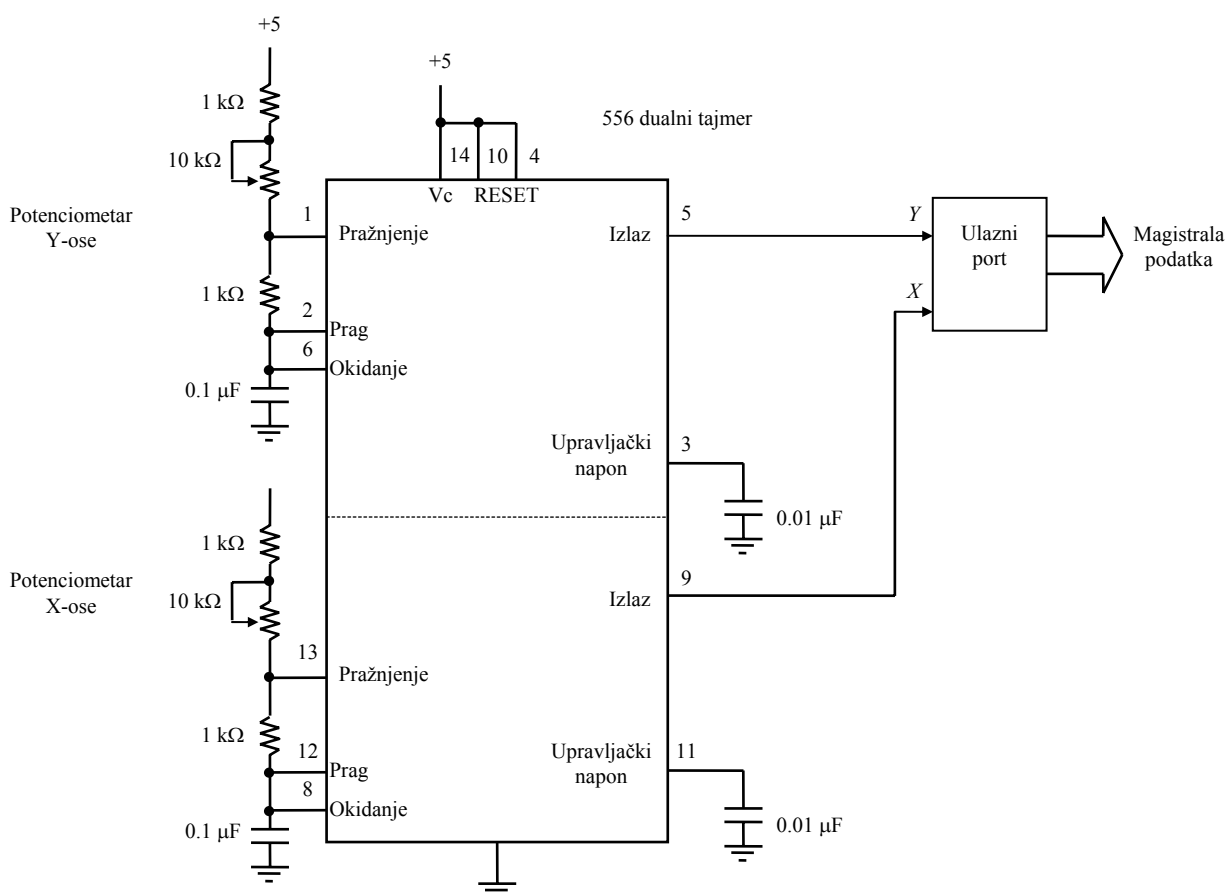
6.4.2. Džoistik

Džoistik je vrlo jeftin grafički ulazni uređaj kod koga su dva potenciometra povezana preko upravljačke palice na mehanizam. Kada se džoistik pomera po jednoj osi (napred ili nazad) obrće se osovina jednog potenciometra, a time i menja vrednost otpornosti. Kada se džoistik pomera po drugoj osi (levo ili desno) pomera se osovina drugog potenciometra. Jedan od potenciometara ukazuje na poziciju po X osi, a drugi na poziciju po Y osi. Pozicije potenciometra se detektuje preko A/D konvertora koji omogućavaju da CPU čita poziciju.

Fizički izgled realizacije džoistika prikazan je na slici 6.16.



Sl. 6.16. Džoistik.



Sl. 6.17.

Na slici 6.17 prikazano je jedno jednostavno kolo za sprežanje džoistika sa mikroprocesorskim sistemom. Svaki potenciometar se koristi kao element koji određuje frekvenciju oscilatora koji je u ovom slučaju implementiran elektronskim kolom - tajmerom. Izlaz svakog oscilatora povezan je na jednobitni ulazni port.

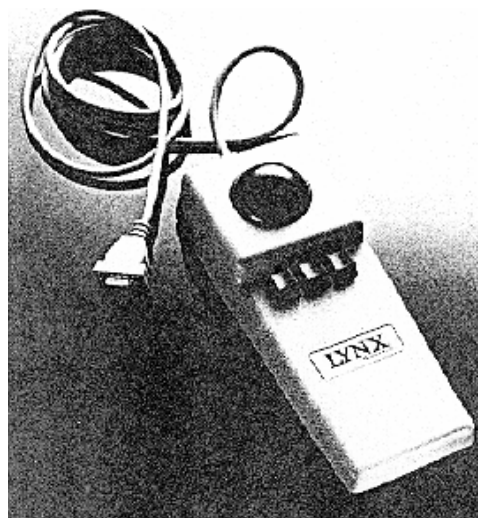
Mikroprocesor meri frekvenciju svakog ulaznog signala brojanjem vremena između prolaza sa visoko na nisko i obrnuto. Kako je frekvencija proporcionalna poziciji potencijometra, ovo rešenje uspešno zamenjuje instaliranje relativno skupog A/D konvertora.

Način na koji se sistem odziva na džojstik određen je od strane softvera. Džojstik se često koristi kao ulaz koji indirektno treba da ukaže na brzinu; pozicija džojstika određuje smer i brzinu kretanja kursora. Kada se džojstik vrati u centralnu poziciju, kursor se zaustavlja. Ovaj metod se koristi zbog toga što opseg pomeranja džojstika nije adekvatan direktnoj poziciji kursora bilo kojoj tački na ekranu. Na džojstik se često ugrađuje jedna ili veći broj dirki koje su locirane veoma blizu ručice za pozicioniranje. Ove dirke omogućavaju iniciranje nekih akcija u trenutku kada se vrši pozicioniranje kursora na određenu tačku. Primeri takvih akcija su markiranje početka tekst bloka, izbor menija, ispaljivanje raketa kod video igara i dr.

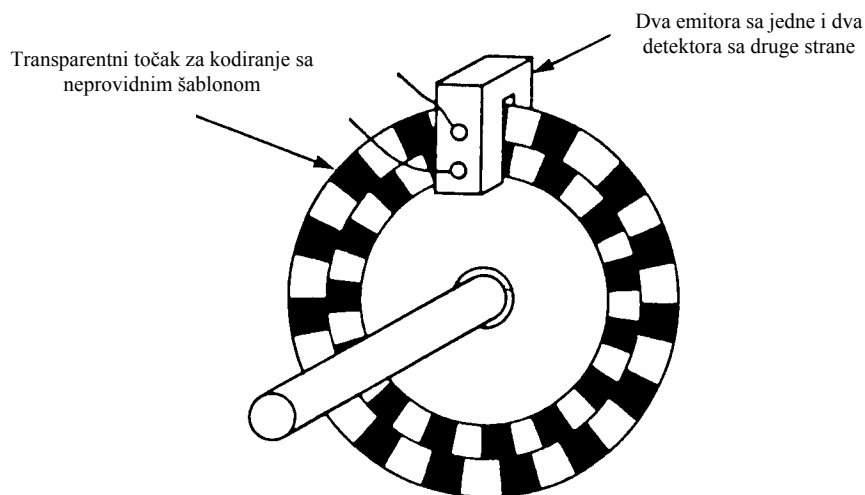
6.4.3. Trekbol

Na slici 6.18 prikazan je grafički ulazni uređaj koji se zove trekbol. Metalna ili plastična lopta se ugrađuje u kućište, a samo mali njen deo viri napolje. Na tržištu postoje dva tipa trekbola: a) mehanički i b) optički. Lopta kod trekbola se spreže sa dve šipke, tako da kada lopta rotira sa leve na desnu stranu, rotira jedna šipka, a kada rotira napred-nazad, rotira druga šipka. Pozicija svake šipke se nakon toga određuje.

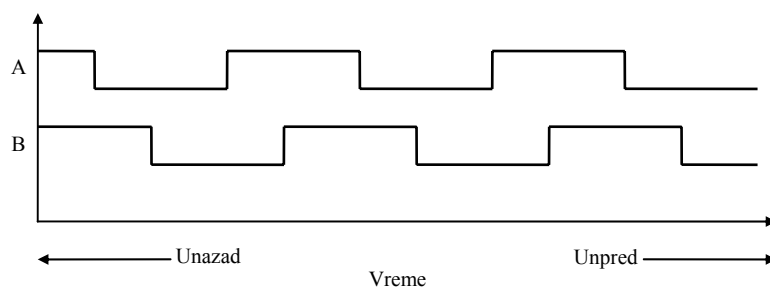
Pozicija šipke kod mehaničkih trekbolova se može odrediti specijalnim potencijometrima koji kontinualno rotiraju. Izlazni signal potencijometara je analognog oblika i odgovara promeni po X i Y pravcu, a od strane mikroračunarskog sistema pretvara se u odgovarajući digitalni oblik. Veliki broj trekbolova umesto mehaničkih koriste optičke kodere. Optički koder se sastoji od transparentnog diska na kome su iscrtana dva prstena sa providnim i neprovidnim prugama. LED element sa jedne strane diska emituje svetlost koja se na suprotnoj strani detektuje pomoću fototranzistora ili fotodiode. Kako disk rotira, snop svetlosti se prekida, a na izlazima fotosenzora se generišu impulsi. Impulsi se nakon toga broje pa se na osnovu njihovog broja određuje do kolikog je pomeraja došlo. Detekcija smera pomeraja ostvaruje se pomoću dva skupa oblika (crno-belih pruga) koji su naneti na disk, kao i dva skupa LED elemenata i senzora kao što je prikazano na slici 6.19.



Sl. 6.18. Trekbol.

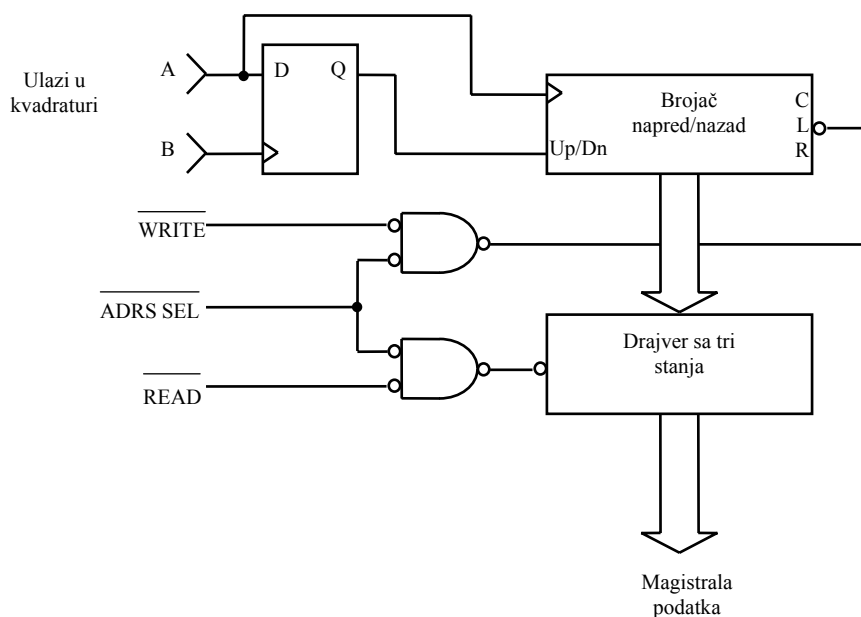


Sl. 6.19.



Sl. 6.20.

Maske na disku su pozicionirane tako da su one pomerene jedne u odnosu na drugu za 90° . Kao što je prikazano na slici 6.20, izlazni signali su u kvadraturi. Smer kretanja se može odrediti ispitivanjem uzajamnog faznog odnosa oba signala. Ako je signal A na visoko kada se javi prednja ivica signala B, tada je kretanje napred. Signali se mogu direktno povezati na ulazni port, a sve dekoderske i brojačke funkcije u tom slučaju može da obavlja mikroračunar softverskim putem. Često se umesto softverskog rešenja koristi hardverski kvadraturni dekodler (slika 6.21).



Sl. 6.21.

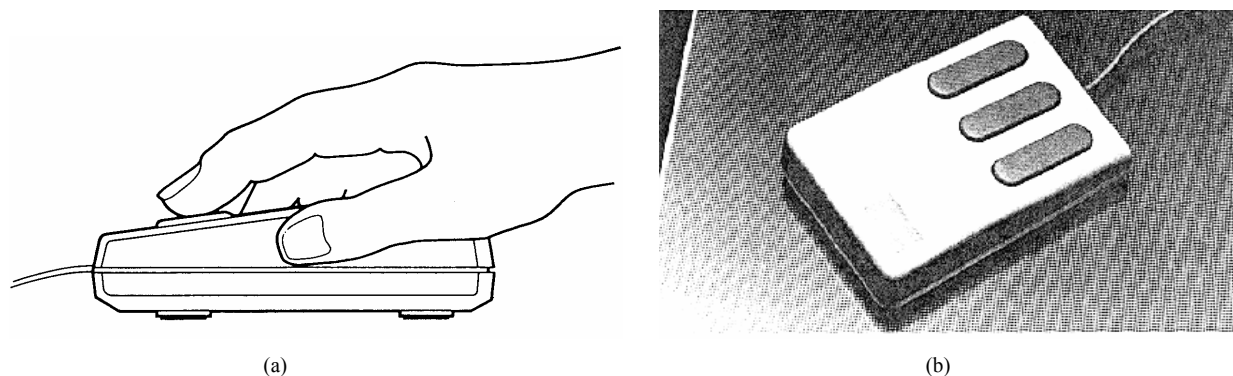
D flip-flopom se detektuje smer kretanja, na taj način što se uzorkuje stanje signala A sa prednjom ivicom signala B. Flip-flop generiše izlaz pomoću koga se određuje smer brojanja brojača (unapred/unazad). Brojač se može postaviti u stanje nula od strane mikroprocesora. Brojač zatim akumulira impulse, brojanjem unapred i unazad u zavisnosti od relativnog faznog stava oba signala. Mikroprocesor može čitati poziciju preko ulaznog porta, a zatim obrisati brojač. Moduo brojača određuje koliko se "kretanja" može akumulirati između dva čitanja brojača.

Trekbolovi su namenjeni za ugradnju kod uređaja koji koriste relativno velika pomeranja sa velikom tačnošću i zbog toga sa velikom rezolucijom. Na žalost, trekbol je relativno skup uređaj pa se zbog toga ređe koristi.

6.4.4. Miš

Miš, džojstik i trekbol su ulazni grafički uređaji koji se, za razliku od svetlećeg pera, TSD i tablet digitajzera (namenjeni su za direktni način pokazivanja), koriste za indirektno pokazivanje na ekranu. Miš (slika 6.22) je uređaj koji se ručno upravlja, a konstruisan je od male plastične kutije koja se pomera duž glatke površine. Na plastičnoj kutiji miša ugrađuje se od jednog do tri tastera koji se pritiskaju sa ciljem da se obave sledeće funkcije: promena menija, crtanje linija i potvrda ulaza. Miš podseća na trekbol koji je okrenut naopako: umesto da se pomera optica, optica se koristi kao točak, a pomera se kutija. Miševi se koriste kao brzi i pouzdani uređaji za pozicioniranje. Kretanje miša se može detektovati mehanički i optički. Mehanički miševi koriste točak ili loptu za konverziju linearnog kretanja po površini u rotaciono kretanje komutatora ili osovine koda. Mehanički miševi su jevtini sklopovi, ali zbog toga što skupljaju nečistoće po površini na kojoj se pomeraju, posle dužeg vremena postaju nepouzdati. Često se umesto mehaničkih koriste elektromehanički miševi (slika 6.23).

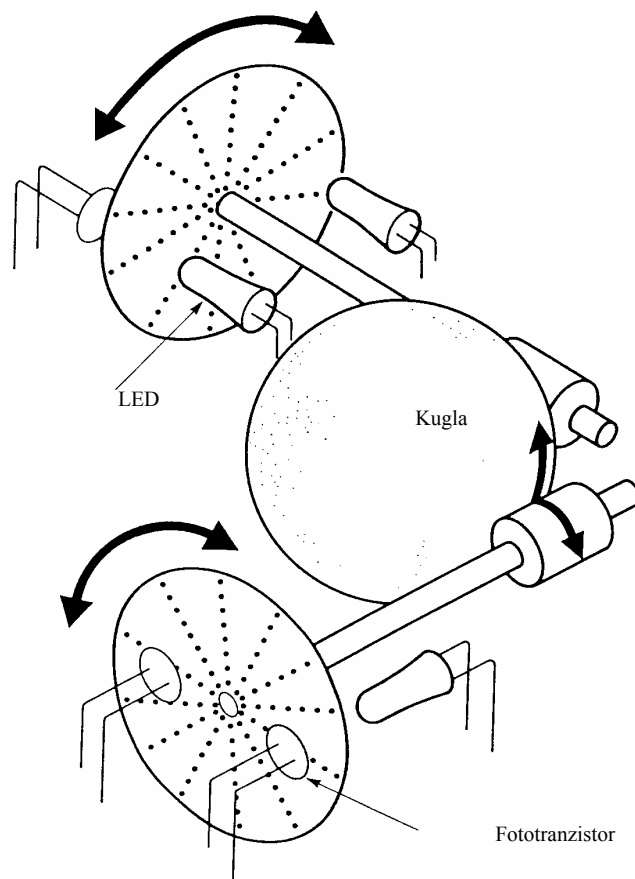
Optički miševi koriste specijalnu radnu površinu koja se koristi u sprezi sa optičkim sistemom i fotodetektorima za generisanje signala koji ukazuju na kretanje. Specijalna radna površina, ili podloga miša, se obično štampa kao mreža linija, tačaka, ili drugih geometrijskih oblika koji se mogu osvetliti i fokusirati na detektor. Detektor generiše signale koji su proporcionalni pomeranju miša. Najčešće korišćena optička podloga za miš sastoji se od reflektujuće površine na kojoj je štampana rešetka ortogonalnih linija, kao što je prikazano na slici 6.24.



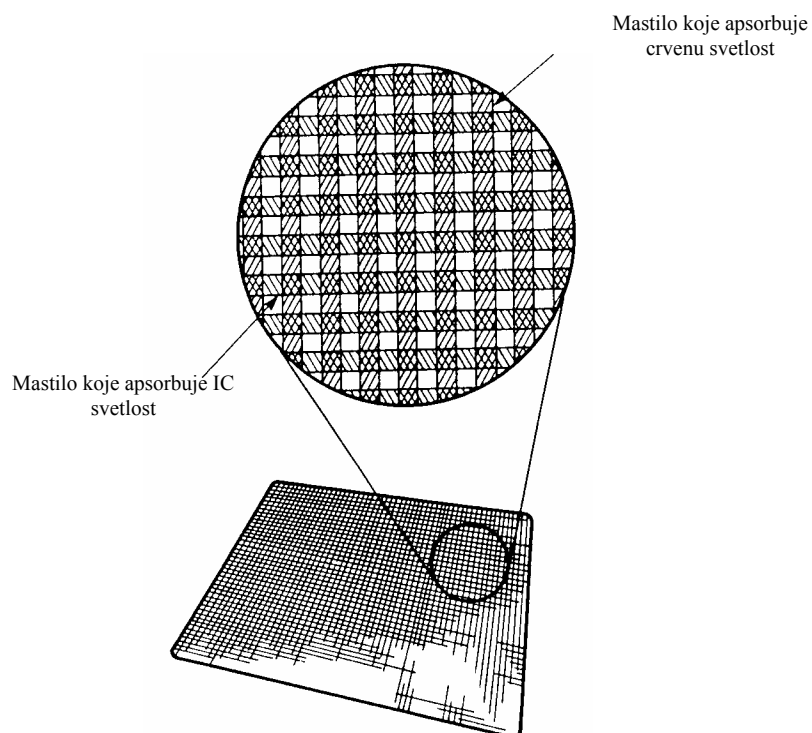
Sl. 6.22. (a) Ruka na mišu. (b) Optički miš.

Vertikalne linije su štampane u jednoj boji, a horizontalne u drugoj. Boje su odabrane da apsorbiraju svetlost na različitim frekvencijama. Optički detektori miša mogu praviti razliku između horizontalnog i vertikalnog pomeranja. Spektar apsorpcije obe boje prikazan je na slici 6.25.

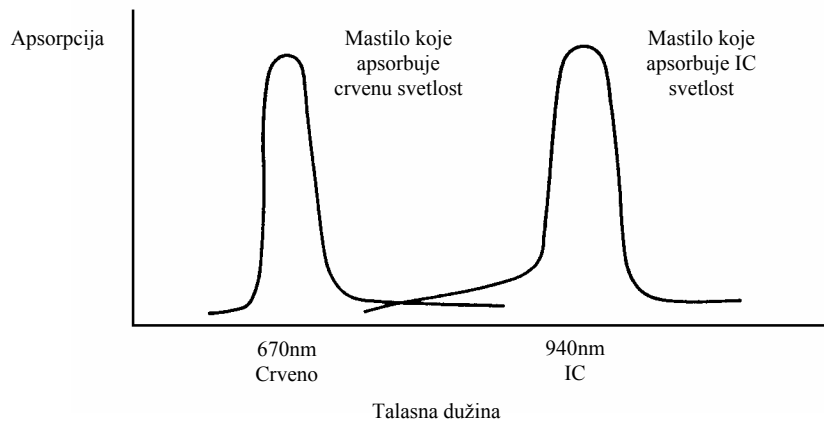
Svaka boja ima izraziti maksimum apsorpcije na svojoj talasnoj dužini, a vrlo mali nivo apsorpcije na drugoj talasnoj dužini. Talasne dužine svetlosti koje se koriste su 670nm - crvena i 940nm infracrvena.



Sl. 6.23. Kugla i osovine sa optičkim prekidačem.



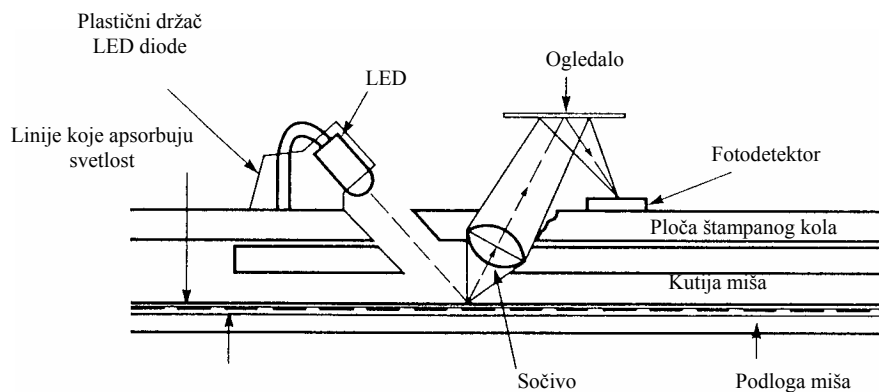
Sl. 6.24. Podloga miša sa prikazanim linijama mastila.



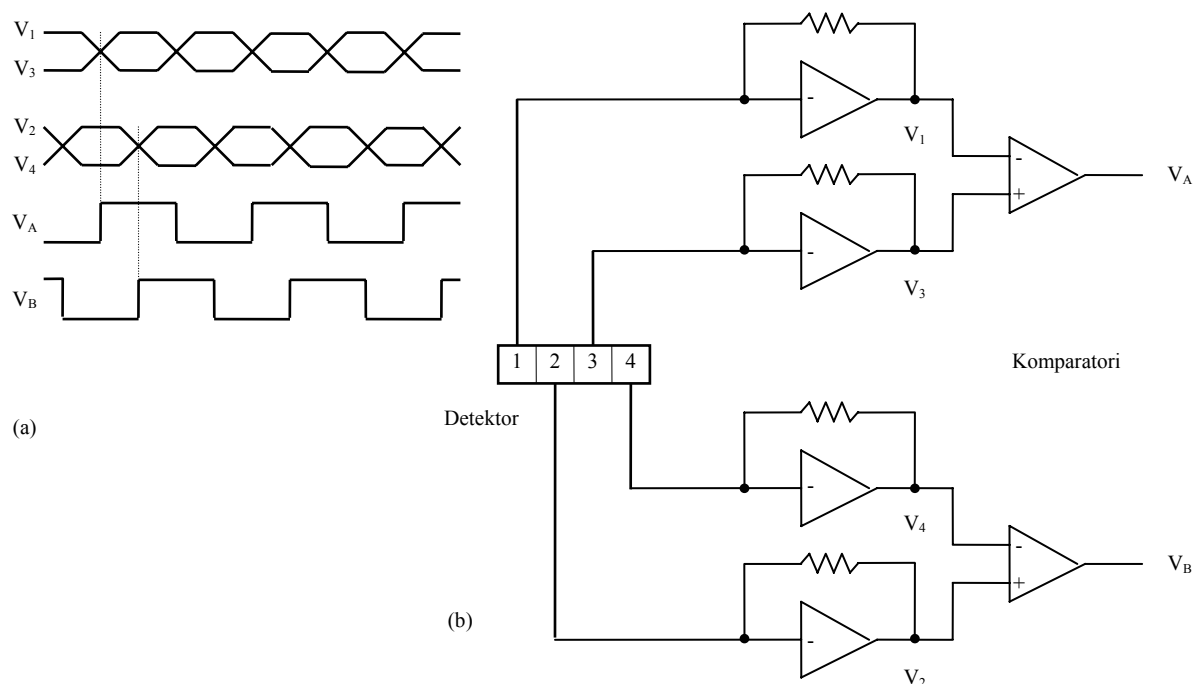
Sl. 6.25. Crveni/IC spektralni odziv mastila.

Kada se površina po kojoj se miš pomera osvetli (slika 6.26), svetlo LED elemenata se direktno i totalno reflektuje od površine podloge koja nije premazana bojom (boja se nanosi na površinu ogledala), a reflektuje, ali atenuirano od površine koja je premazana bojom. Svetli i tamni objekti (u ovom slučaju su linije) se mogu fokusirati pomoću sočiva i ogledala sa ciljem da se formira slika na fotodetektoru.

Optički sistem je tako podešen da jedan potpuni prelaz linija/praznina odgovara dužini četiri fotodetektorska elementa. Kako se miš pomera po površini, tamne i svetle slike se pomeraju preko elemenata detektora, a svaki detektor će generisati struju koja je proporcionalna svetlu koje osvetljava taj elemenat. Ove struje su obično veoma male (reda 50 do 100nA) i moraju se pojačati i konvertovati u napon pre nego što se vrši njihova interpretacija. Da bi se ostvarila ova funkcija koriste se operacioni pojačavači koji vrše konverziju struje fotodioda u odgovarajući naponski nivo (slika 6.27).



Sl. 6.26. Sistem optičkog miša.



Sl. 6.27. Detektori, operacioni pojačavači i komparatori sa kvadraturnim signalima.

Testiranjem napona V_A i V_B (slika 6.27) može se odrediti smer kretanja miša po površini.

Veliki broj miševa se danas realizuje na taj način što se u njima ugrađuje mikrokontroler čiji je osnovni zadatak da prati kretanje po X i Y smeru. Miš se obično spreže sa hostom preko standardnog serijskog interfejsa. Pozicija miša se može predavati hostu svaki put kada se miš pomeri ili samo kao odziv na komandu hosta "*send position*". Miševi se najčešće upoređuju po rezoluciji. Rezolucija predstavlja broj koji odgovara pređenom putu od jednog inča (cpi - *count per inch*). Najveći broj miševa imaju rezoluciju od 100 do 200cpi.

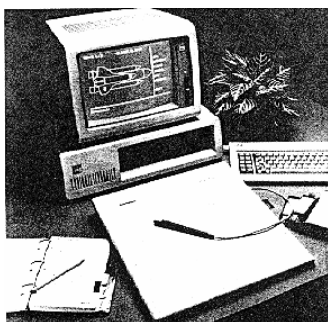
6.4.5. Grafičke tablete

Grafička tableta ili digitajzer se sastoji od jednog ravnog panela koji se postavlja na tablu ispred displeja. Površina tablete predstavlja zamišljeni displej, a pomeranje prstiju ili stilusa na tableti obezbeđuje informaciju za lokaciju kursora na realnom displeju. Površina tablete varira od slučaja do slučaja, i može biti dva puta manja od formata A4, pa sve do formata A0. Pokazivač obezbeđuje selekciju bilo koje tačke površine, a na izlazu, digitajzera generišu se koordinate odabrane tačke.

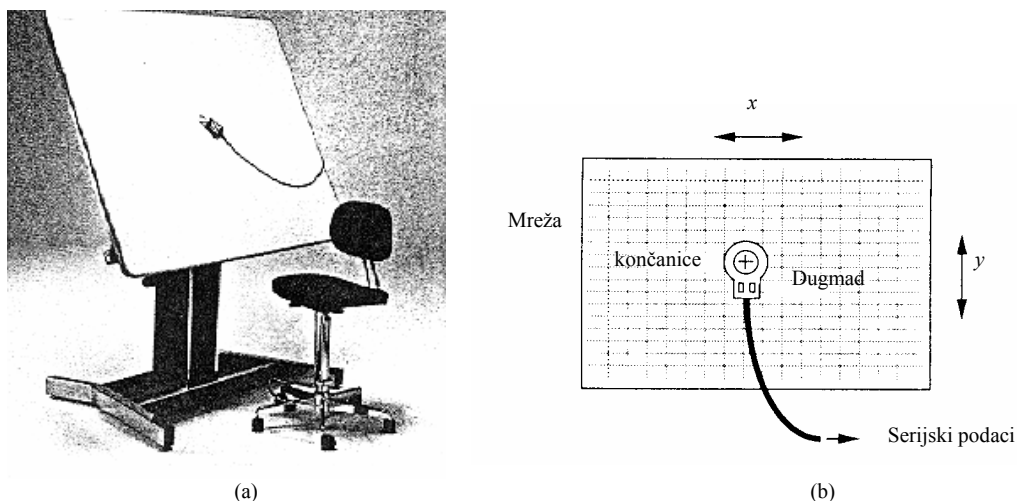
Pokazivač može biti stilus oblikovan kao olovka, ili objekat u obliku miša koji ima providan prozorčić na kome je izgraviran krst, slika 6.29a i slika 6.29b.

Digitajzeri koriste specijalan stilus (slika 6.28) ili pločicu (slika 6.29b) koja se povezuje sa tablom preko kabla. Stilus generiše signale koji odgovaraju njegovim koridinatama na tabli.

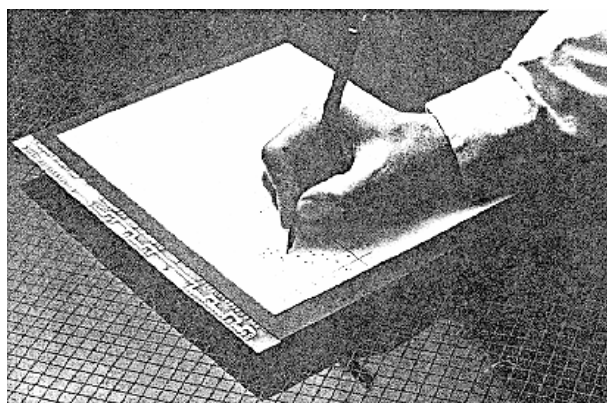
Drugi tip grafičke tablete se obično zove "*touch*" tableta ili tableta osetljiva na dodor (slika 6.30). Ovaj uređaj se odaziva na dodir prsta ili olovke, a da bi odredio koordinate dodira koristi informaciju od tablete, a ne od stilusa kao što je bio slučaj na slici 6.28 i 6.29. Za najveći broj ljudi koji radi sa grafičkim tabletama ovakav pristup je prirodniji, prihvatljiviji i zbog toga je češće u praksi korišćen.



Sl. 6.28.

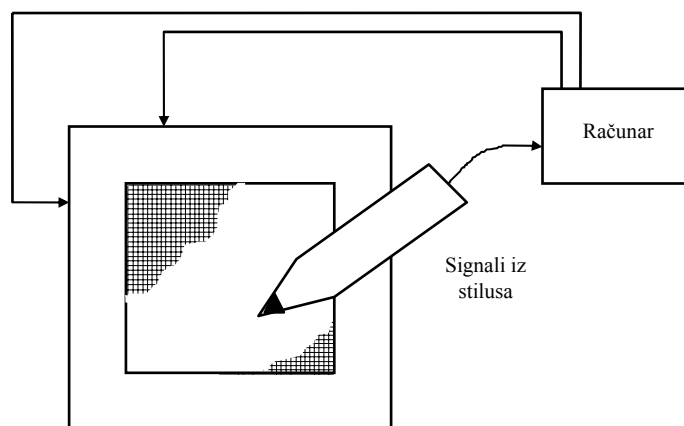


Sl. 6.29. (a) Digitajzer. (b) Podloga digitajzera (grafička tableta).



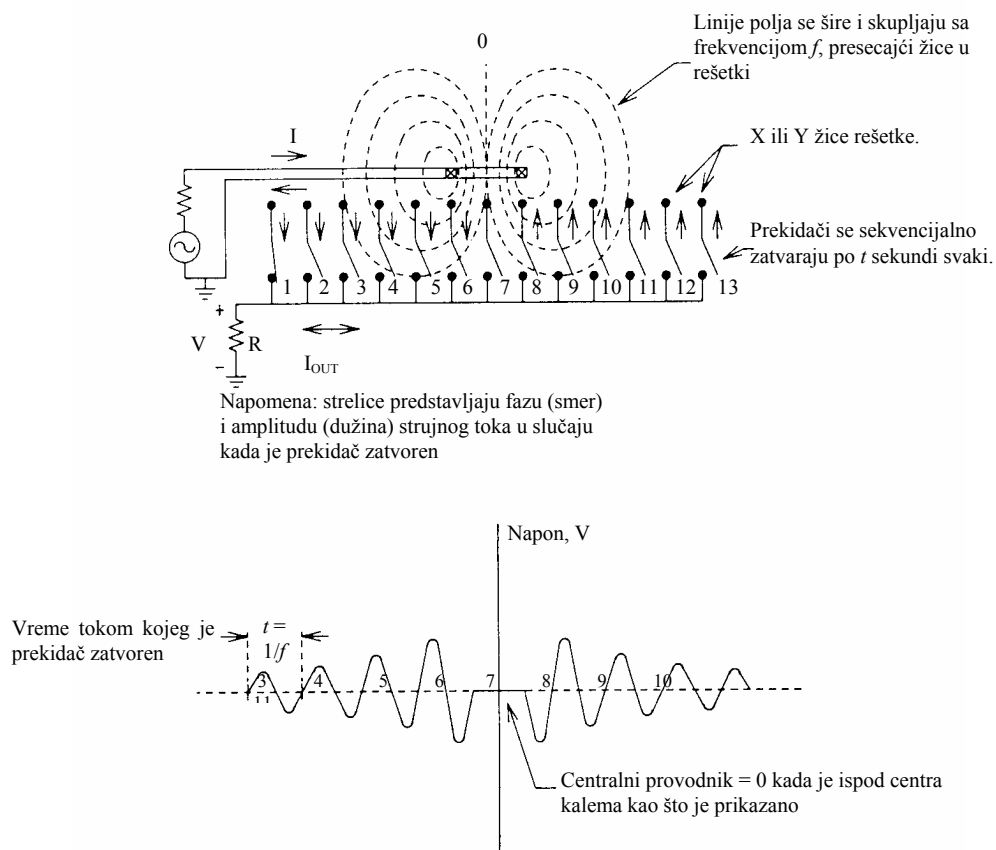
Sl. 6.30. Touch tableta.

Digitajzeri uglavnom koriste matrični način kodiranja tablete (slika 6.31) pri čemu se tehnologija realizacije može zasnivati na elektromagnetnom polju, elektrostatičkom i dr.

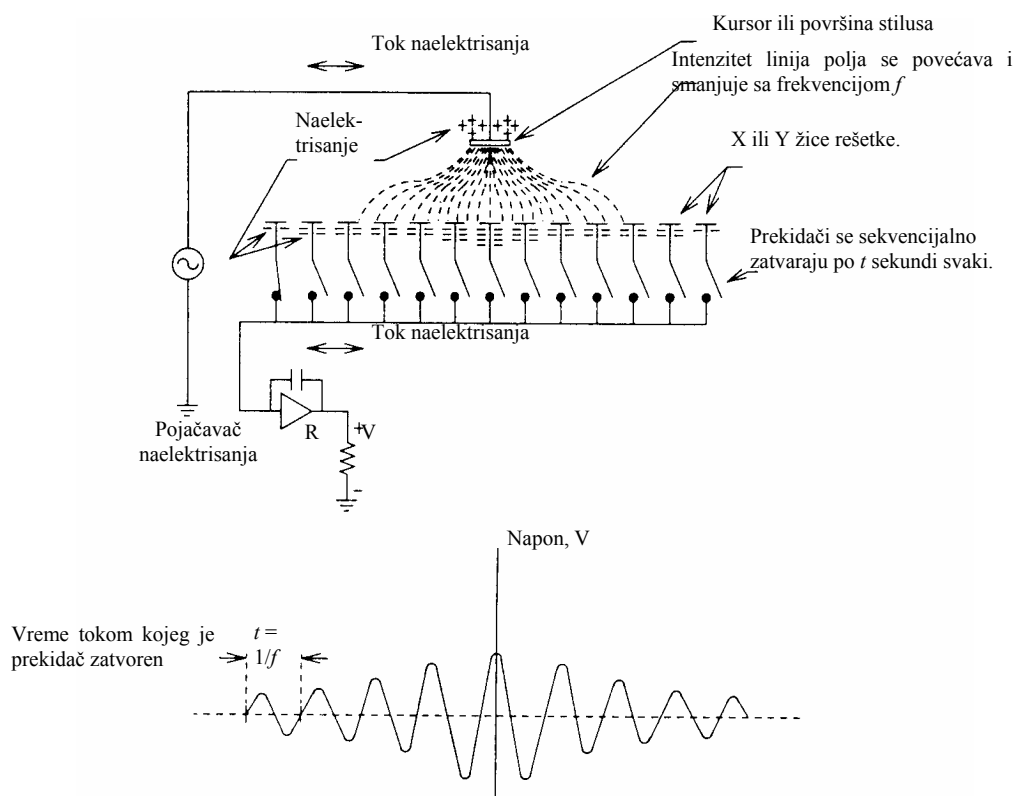


Sl. 6.31. Šematski dijagram matrično kodirane tablete.

Kada se specijalni stilus ili pločica pomera preko površine tablete, detektuju se signali generisani od strane horizontalno i vertikalno postavljenih žica po površini tablete. Na slici 6.32 prikazan je princip detektovanja promene strujnica fluksa elektromagnetnog polja (princip rada pločice, slika 6.29b) a na slici 6.33 princip rada tablete na elektrostatičkom principu.



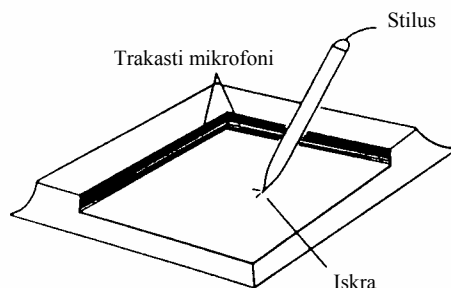
Sl. 6.32. Elektromagnetna tehnologija.



Sl. 6.33. Kapacitivna tehnologija.

Detektovani signali se koriste za određivanje X i Y koordinata kursora. Prednost ovih sistema je ta što obezbeđuju veoma visoku rezoluciju u toku pomeranja kursora.

U praksi se često koriste i naponsko-gradijentne tablete koje rade na sledećem principu. Vrh stilusa se nalazi na određenom potencijalu. Kada stilus kontaktira sa tabletom na krajevima tablete se detektuje potencijalna razlika. Na osnovu izmerene potencijalne razlike određuju se koordinate po X i Y. Da bi ovaj metod radio, stilus mora biti u direktnom kontaktu sa površinom tablete, tj. ne sme da se postavi papir između stilusa i tablete (papir je izolator). Često korišćena tableta je takođe i akustička (slika 6.34).



Sl. 6.34. Akustička tableta.

Na vrhu stilusa pri kontaktu sa tabletom generiše se varnica. Varnica uslovljava prostiranje akustičkih talasa koji se detektuju na krajevima tablete pomoću trakastih (*strip*) mikrofona. Korišćenje od trenutka generisanja zvučnog talasa do trenutka prijema direktno je srazmerno koordinatama X i Y.

Digitajzeri kao ulazni grafički uređaji se koriste za pozicioniranje kursora na displeju. Prvenstveno su namenjeni za digitaliziranje informacije nacrtane na papirnim dokumentima koje treba preneti u računar. Pokazivač digitajzera (često se zove kursor) pozicionira se nad željenom tačkom crteža ili dokumenta pa se nakon toga pritiska taster. Značenje tačke koja se unosi mora se definisati preko tastature ili na neki drugi način. Na primer kada se digitalizira štampana ploča, kursor je neophodno pozicionirati nad svakim pinom elektronske i mehaničke komponente na ploči, a operater je taj koji preko tastature unosi značenje i identifikaciju određenog pina ili tačke.

6.4.6. Uređaji za prepoznavanje govora

Komuniciranje sa računarom putem govora je od uvek je bila naučna fantazija koja polako postaje realnost. Postoji veliki broj teškoća koje su vezane sa implementacijom prepoznavanja govora. Postoji takođe i veliki broj praktičnih problema: veći broj ljudi je, zbog govornih mana i korišćenih dijalekata, nepodoban da govori mašini, a možete li zamisliti punu sobu ljudi od kojih svaki korisnik govori svojom mašini. Takođe smetnje, šumovi i buka od okoline i mašina mogu predstavljati ozbiljan problem kada se želi da govor bude razumljiv. Ljudski govor je veoma kompleksan. Određeni tonovi imaju različito značenje u različitim kontekstima, a i različiti broj ljudi izgovora istu reč veoma različito. I pored toga što danas na tržištu postoje sistemi za prepoznavanje govora ovi sistemi imaju veliki broj ograničenja. Skuplji sistemi imaju manji broj ograničenja, ali je njihova cena dosta velika.

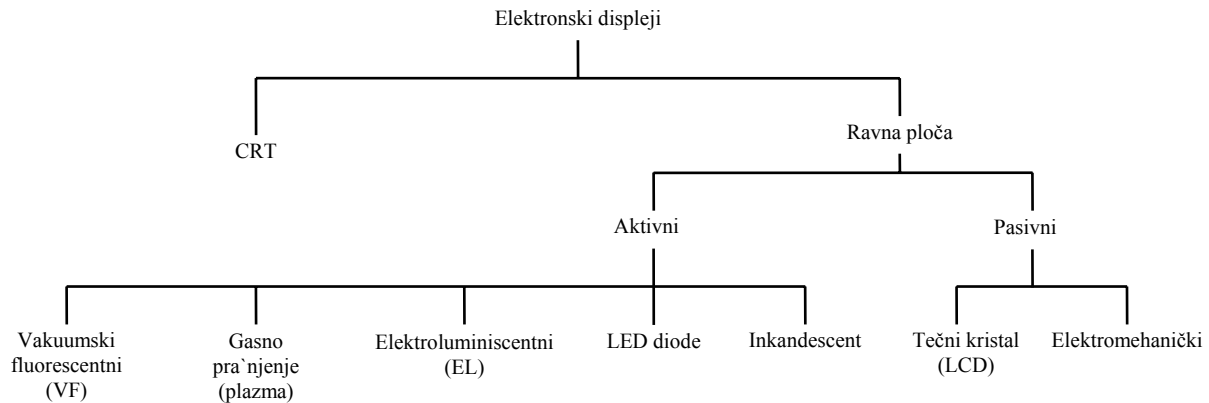
Današnji sistemi za prepoznavanje govora rade na principu izolovanja reči različitih govornika. Izolacija reči podrazumeva da se određene reči iz govora mogu izdvojiti sa pauzama. Ovo je važno jer je veoma teško da se izvrši analiza izgovorene rečenice i odredi gde su granice reči, pri tome ne ukazujući na to šta one znače. Govornička zavisnost znači da sistem radi samo sa jednim korisnikom. Pre nego što se sistem može koristiti, korisnik mora da izgovori svaku reč po nekoliko puta, koja se mora prepoznati od strane sistema. Ovakvim treningom sistema omogućavamo da se vrši memorisanje oblika za svaku reč. U fazi prepoznavanja nepoznati oblik se poredi sa prethodno poznatim (tj. zapamćenim u memoriji), a selektuje se onaj oblik kod koga je uparivanje najuspešnije. Ovakvi sistemi na današnjem nivou razvoja manipulišu ograničenim rečnikom, a takođe se moraju trenirati za prepoznavanje svake izgovorene reči. Ako je broj zapamćenih reči veliki, povećava se kapacitet memorije računara, vreme prepoznavanja i broj učinjenih grešaka usled velikog broja sličnih reči.

Sistemi za prepoznavanje govora realizuju se kao jedinstveni podsistemi, koji se sprežu na host preko odgovarajućeg interfejsa. Zbog ograničene mogućnosti, sistemi za prepoznavanje govora ne koriste se tako često. Oni se apliciraju na mestima gde su ruke korisnika zauzete, a standardne ulazne uređaje nije pogodno koristiti. Primenu nalaze u telekomunikacionim sistemima, sistemima za kontrolu kvaliteta proizvoda i dr.

6.5. Displeji

Displeji se mogu kategorizirati iznosom i tipom informacije koju oni mogu prikazivati. Svi displeji se mogu svrstati u jednu od sledećih kategorija:

- on/off indikatori - najčešće su lampe, tj. sijalice,
 - numerički displeji - koriste se za prikaz simbola i slova,
 - alfanumerički displeji - omogućavaju prikaz neograničenih poruka,
 - grafički displeji - koriste se za prikaz crteža, slika i drugih netekstualnih informacija.
- Na slici 6.35 prikazane su glavne tehnologije displeja.



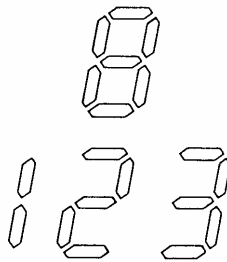
Sl. 6.35. Različite tehnologije displeja.

Jedna od najstarijih tehnologija je CRT (*Cathode Ray Tube*), svima nama poznata kao prikaz koji se koristi u TV i skoro kod svih računarskih terminala. Druge tehnologije su one koje se zasnivaju na *ravnoj ploči* (*flat-panel*). Displeji tipa ravna ploča se mogu klasifikovati kao *aktivni* ili *pasivni*. Aktivni displeji emituju svetlost, dok je pasivni reflektuju ili apsorbuju.

6.5.1. Displej fontovi

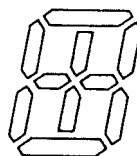
Kod najvećeg broja displeja cifre ili znaci se formiraju kombinacijom diskretnih elemenata, bilo da su to tačke ili segmenti. Uređenje ovih elemenata se zove font prikaza.

Najpoznatiji format za numerički prikaz se zove sedmosegmentni font (slika 6.36).



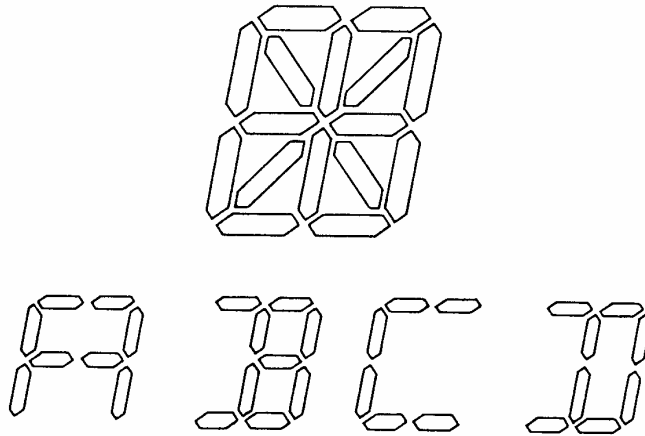
Sl. 6.36. Sedmosegmentni font.

Na slici 6.37 prikazan je 10-segmentni font, koji je i dalje prvenstveno ograničen na prikaz numeričkih znakova ali omogućava da se cifra 1 centrira na sredini znaka, kao i da se prikaže znak "+".

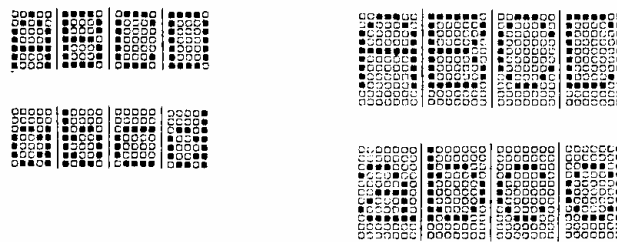


Sl. 6.37. Desetosegmentni font (omogućava centrirane znakove "1" i "+").

Za prikaz alfanumeričkih podataka veoma često se koristi 16-segmentni font prikazan na slici 6.38 (često poznat kao "*starburst*"). Ovaj font je zadovoljavajući za prikaz velikih znakova ali ne i malih. Najvidljiviji i najveći broj različitih znakova se može prikazati na tačkasto-matričnom displeju. Na slici 6.39 prikazana su dva najčešće korišćena formata 5×7 i 7×9 tačaka.



Sl. 6.38. Šesnaestosegmentni font.



Sl. 6.39. Tačkasto-matrični fontovi: levo je 5×7 a desno 7×9 .

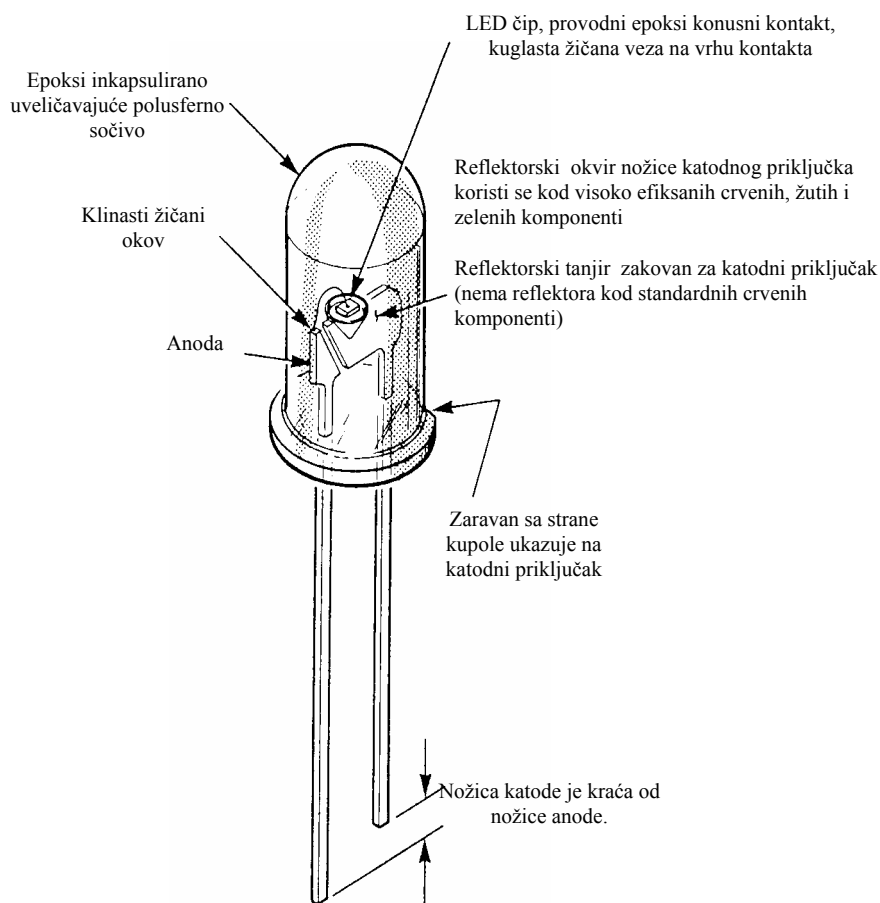
Grafičke displeje je moguće konstruisati spajanjem tačkastih matrica. Svaka tačka u grafičkom displeju se zove *osnovni element slike*, skraćeno piksel ili "pet". Veličina grafičkog displeja se izražava brojem piksela po horizontali i vertikali. Na primer, displej tipa 640×400 ima 400 vrsta sa po 640 piksela.

6.5.2. LED elementi

LED (*Light Emitting Diodes*) elementi se mogu koristiti kao individualni (diskretni) on/off indikatori, ili u grupi za formiranje numeričkih i alfanumeričkih znakova.

LED elementi imaju veliki broj prednosti:

- jevtine pouzdane poluprovodničke komponente,
- lako se sprežu na digitalnu elektroniku, a za pobudu ne zahtevaju visoki napon,
- široki temperaturni opseg i jednostavno multipleksiranje,
- vidni ugao je dobar, a moguće ih je sastavljati kod konstrukcije displeja većih dimenzija,
- moguće ih je koristiti za diskretne indikatore, numeričkih i alfanumeričkih prikaza gde potrošnja snage nije kritična.



Sl. 6.40. Konstrukcija LED diode.

Nedostaci LED elemenata su sledeći:

- LED displeji imaju relativno veliku potrošnju,
- neekonomični su za realizaciju displeja koji imaju veći broj znakova,
- pod uticajem jače dnevne svetlosti (posebno direktnog osvetljenja) su nevidljive. Postoje LED elementi koji daju veći osvetljaj ali su oni skupi i zahtevaju veću struju pobude.

Na slici 6.40 prikazana je konstrukcija jednog tipičnog LED elementa.

Postoje LED elementi koji emituju crvenu, žutu, zelenu i plavu boju. Crveni LED elementi imaju najveće prednosti, jer su to najjeftiniji i najefikasniji (najviše svetla za datu struju) od svih LED-ova u boji. Žuti LED elementi variraju po boji od blede žute do boje ćilibara. Kako je čovečije oko veoma osetljivo na male promene boja u ovom delu spektra, veoma je teško podesiti da veći broj LED elemenata na istom panelu daju isti osvetljaj i istu boju. Veća cena i veća struja pobude, učinili su da se ove diode ne koriste tako često.

Kod zelenih LED elemenata postoje isti problemi kao i kod žutih. Plavi LED elementi su takođe dostupni na tržištu, ali su veoma skupi i ne koriste se za displeje.

Na tržištu postoje i komponente kod kojih se ugrađuju dva LED elementa u jednom pakovanju, na primer crveni i zeleni. Ova mogućnost obezbeđuje da jedan elemenat svetli crveno, zeleno ili žuto (ako se istovremeno uključe oba LED elementa).

6.5.3. Povezivanje LED elemenata

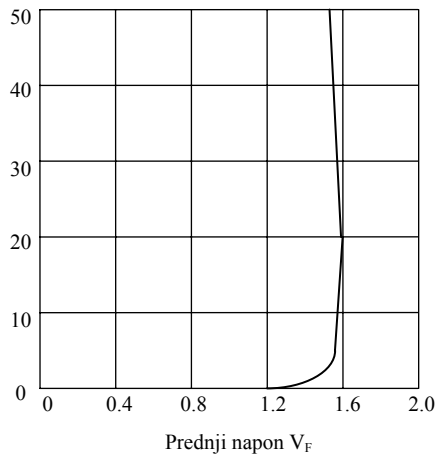
LED-ovi su u električnom smislu slični regularnim didodama. LED-ovi propuštaju struju samo u jednom smeru, a postoji naponski prag iznad koga oni počinju provoditi (generišu svetlost). Povećanjem napona iznad praga

provođenja dodvodi do naglog povećanja struje. Naponski prag je obično 1,5V do 1,7V i zavisi od tipa i boje LED-a. Na slici 6.41a prikazana je jedna tipična zavisnost (karakteristika) $I_F = f(U_F)$ LED elementa.

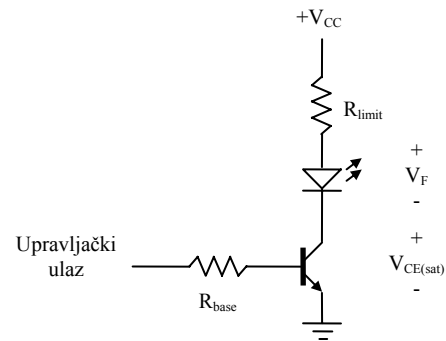
Na slici 6.41b prikazano je osnovno kolo za pobudu LED elemenata. Tranzistor deluje kao zasićeni prekidač, a otpornik na red sa LED-om ograničava struju. Otpornik u bazi je tako odabran da obezbeđuje zasićenje tranzistora. Efikasni crveni LED elementi mogu raditi od 2mA do 20mA.

Pobuđivanje LED elemenata obično se vrši grupno preko integrisanih komponenata koje mogu prihvatiti relativno veliku struju na svojim ulazima (slika 6.42).

Prednja struja I_F ,
mA

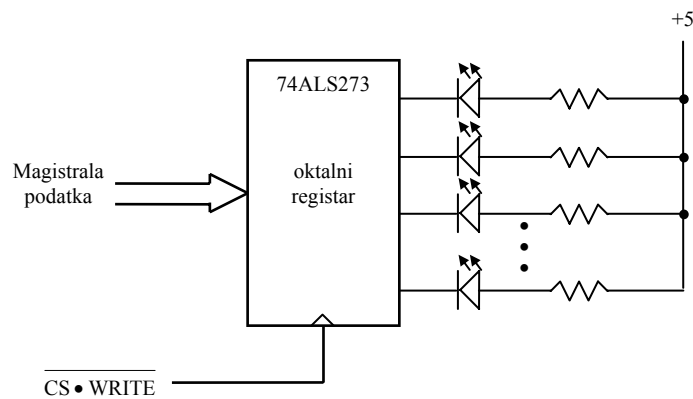


(a)



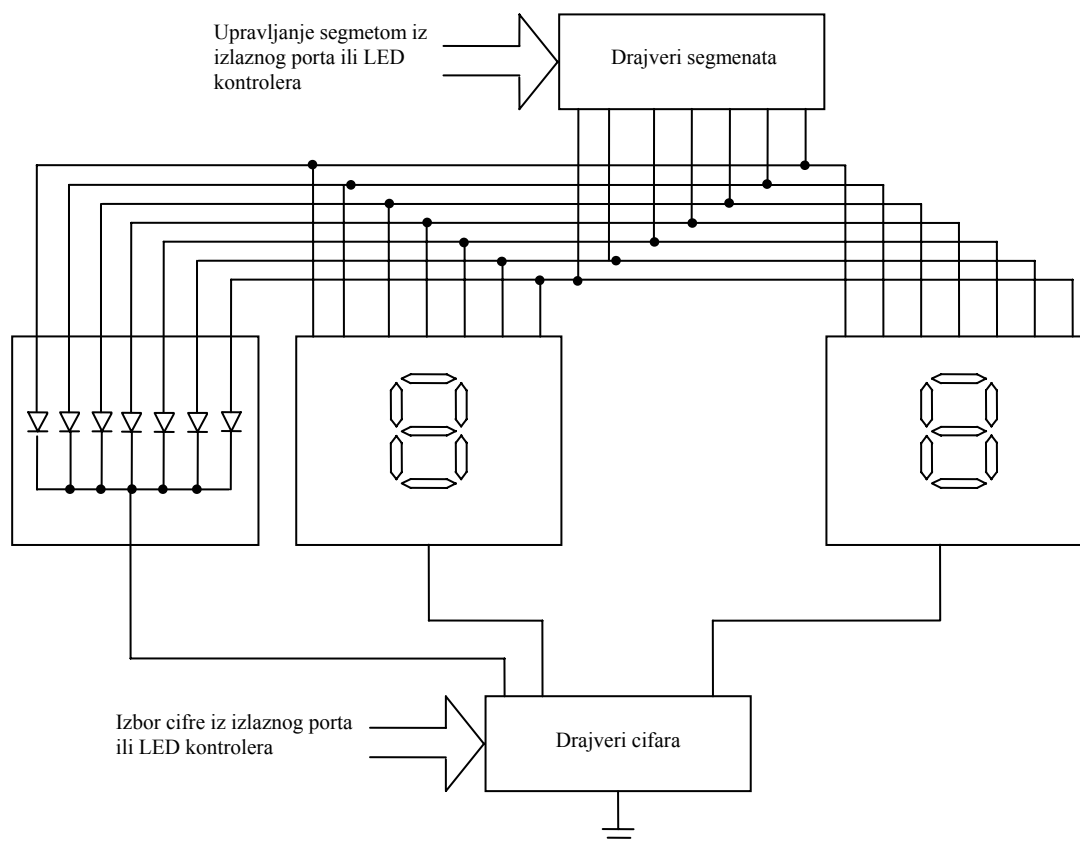
(b)

Sl. 6.41. (a) Strujno-naponska karakteristika za tipični crveni LED. (b) Osnovno kolo LED drajvera.



Sl. 6.42. LED drajver iz TTL izlaznog porta.

Svaki ulaz integrisanog kola sa slike 6.42 koristi se za prikaz samo jednog znaka. Za prikazivanje većeg broja znakova koristi se šema prikazana na slici 6.43 koja radi na principu vremenskog multipleksa.



Sl. 6.43. Osnovni multipleksirani LED interfejs.

Na slici 6.43 svi displeji su tipa sa zajedničkom katodom (*common cathode*), tj. katode svih segmenata su povezane zajedno. Da bi multipleksirani prikaz korektno radio neophodno je ugraditi upravljačku logiku u hardver ili softver. U tom slučaju, neophodno je repetitivno obavljati sledeće funkcije:

- generišu se segmentni podaci za cifru 1,
- aktivira se drajver za cifru 1,
- aktivira se prikaz cifre 1,
- deaktivira se drajver za cifru 1,
- generišu se segmentni podaci za cifru 2,
- aktivira se drajver za cifru 2,
- aktivira se drajver za cifru 2,
- deaktivira se drajver za cifru 2,
- ponavlja se procedura za svaku cifru, a zatim se vraćamo na cifru 1.

Učestanost multipleksiranja prikaza je određena od nekoliko faktora. Svaka cifra se mora osvežavati više od 30 do 60 puta u sekundi da bi se izbegao fliker efekat (treperenje slike). Operacija osvežavanja je najefikasnija ako je učestanost osvežavanja reda 1kHz. Pri ovoj frekvenciji (1kHz) temperatura LED elementa je proporcionalna srednjoj struji. U obzir se mora uzeti i broj cifara u prikazu. Da bi se svaka cifra 10-cifarskog displeja osvežavala sa frekvencijom od 1kHz frekvencija multipleksiranja mora biti 10kHz. Apsolutno minimalna učestanost multipleksiranja 10-cifarskog displeja je $10 \text{ cifara} \cdot 30\text{Hz} = 300\text{Hz}$. Kod multipleksiranog LED prikaza, svaka cifra se veoma brzo uključuje i isključuje. Kod 10-cifarskog displeja, svaka cifra je uključena 10% od ukupnog vremena, pa zbog toga struja pobude LED elemenata može biti mnogo veća. LED elementi imaju neobičnu karakteristiku da, što je struja veća (ali manja od max. dozvoljene) prikaz je efikasniji. Na primer, ako se LED aktivira sa 100mA za

10% od ukupne periode, elemenat će svetleti znatno jače u odnosu na to ako se aktivira sa 10mA u toku trajanja cele periode. Naime, najveći broj LED-ova (20-50)% efikasnije svetli ako se pobuđuju impulsno, a ne kontinualno.

6.5.4. Displej sa tečnim kristalom - LCD

LCD-ovi imaju veliki broj prednosti. Osnovna je ta što za pobudu troše vrlo malo energije (10 puta manje od LED-ova). Mogu da rade na naponima manjim od 2-3V. Imajući u vidu da zahtevaju vrlo male pobudne struje mogu se direktno pobuđivati od strane MOS integrisanih drajverskih kola.

LCD-ovi imaju svoje nedostatke. Nasuprot drugim tipovima prikaza LCD-ovi ne emituju svetlost, oni samo reflektuju svetlo ambijenta. Ne mogu se gledati u tamnoj prostoriji. LCD-ovi rade u ograničenom temperaturnom osegu. Na nižim temperaturama, prikaz menja stanje veoma sporo. Na visokim temperaturama, displej ne funkcioniše zbog hemijskih promena u tečnom kristalu. Neki od LCD-ova imaju loš kontrast i ograničeni ugao gledanja. Prikazi zasnovani na LCD ovima teži su za realizaciju zbog složenije i kompleksnije interfejs elektronike (različitih načina pobude i upravljanja osvežavanjem).

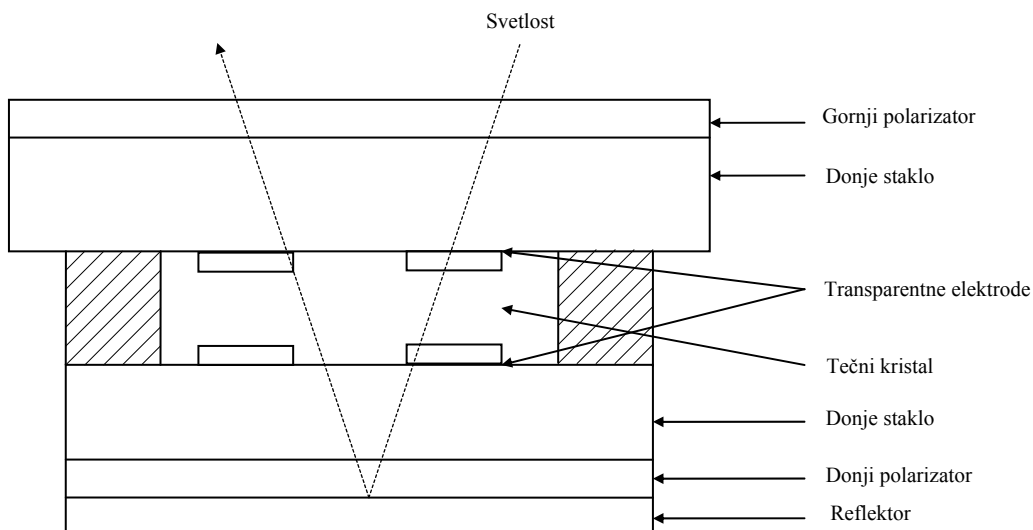
Način rada LCD-ova

Postoji nekoliko tipova LCD-ova. Najčešće, u eksploataciji, srećemo TNFE (*Twisted Nematic Field Effect*). Drugi tipovi su:

- "dichronic" - imaju veći kontrast i veći ugao gledanja; reprodukuju boju, a za pobudu zahtevaju viši napon; novijeg su datuma.
- "supertwisted" - imaju povećan kontrast; prave se za veće displeje, molekuli kristala se mogu savijati za 270° za razliku od 90° kod TAFE-a; tehnološki se teže izrađuju; novijeg su datuma.
- "dynamic scattering" - najstarijeg su datuma; prvenstveno se koriste za velike displeje, imaju relativno veliku potrošnju.

Ključni deo LCD-ova je sam tečni kristal. Tečni kristal je supstanca čiji se molekuli orijentišu. Na slici 6.44 prikazana je konstrukcija tipičnog LCD-a. Dva staklena dela formiraju osnovnu strukturu. Između stakala nalazi se vrlo tanak sloj tečnog kristala. Unutrašnja površina svake staklene površine presvučena je transparentnim, provodnim slojem metalnog oksida. Na obe strane staklenih površina postavlja se polarizer, a na zadnjem staklu reflektor.

Oba polarizera (prednji i zadnji) jedan u odnosu na drugi su rotirana za 90° tako da u normalnoj situaciji svetlost kroz oba polarizera ne prolazi. Materijal od tečnog kristala ima veoma neobičnu osobinu: rotira polarizaciju svetlosti za 90° kada svetlost prolazi kroz njega. Na ovaj način polarizovano svetlo, koje prolazi kroz polarizer sa prednje strane, u tečnom kristalu se rotira za 90° i prolazi kroz polarizer sa zadnje strane. Svetlo se zatim reflektuje sa zadnje strane displeja i prolazi nazad preko displeja. Na ovaj način displej se ponaša kao ogledalo. Reflektor se često boji da bi se povećala vidljivost i boja pozadine.



Sl. 6.44. Konstrukcija LCD-a.

Kao što se vidi sa slike 6.45, unutrašnja površina staklenih ravni presvlači se transparentnim elektrodama koje definišu oblik osnovnih elemenata slike (piksela) koji se prikazuju. Na slici 6.45 prikazan je princip rada displeja koji koristi direktnu pobudu.

Kada između ploča ne postoji napon, reflektovana polarizovana svetlost sa donje strane LCD-a, kao što je prikazano na slici 6.45a, se rotira za 90° u tečnom kristalu. Drugim rečima, smer polarizacije svetlosti koja se odbija sa donje ploče je takav da svetlost nesmetano prolazi kroz LCD stvarajući belu površinu. Kada postoji dovoljno veliki napon između elektroda, kristali teže da se poravnavaju u smeru rezultujućeg električnog polja tako da 90° uvrtnja optičke ose više ne postoji. Svetlost nije više usmeravana u kristalu i prolazi direktno preko LCD-a bez promene u njenoj polarizaciji pa se apsorbira od strane drugog polarizera. Na ovaj način prikaz je na tom mestu mračan (slika 6.45b). Kada se napon isključi inicijalno stanje se obnavlja a LCD postaje ponovo transparentan.

Ovaj efekat je iskorišćen da se kreira koristan displej na taj način što se edsuje (nanosi) oksid metala na staklo sa ciljem da se formiraju pojedine tačke ili segmenti na prikazu. Kod najjednostavnijeg LCD tipa, kod koga se svaki segment nezavisno pobuđuje, na jednom delu stakla povezuju se svi segmenti, a taj deo se zove zadnja ploča (backplane). Drugi delovi stakla imaju svaki segment izveden kao posebnu vezu. Ako se zadnja ploča poveže na masu (0V) tada se svaki segment može individualno uključiti dovođenjem na svaki segment napona koji je iznad određenog praga čime se zahteva promena stanja molekula tečnog kristala.

LCD-ovi nemaju oštar naponski prag koji se dovodi do uključivanja (on) ili isključivanja (off). Na slici 6.46 prikazana je zavisnost kontrasta u odnosu na napon tipičnog displeja.

Napon do 1,5V ima vrlo mali efekat. Iznad tog napona segment postaje sve tamniji, a mračan je na oko 2,8V. Kako ne postoje dobro definisane "on" i "off" tačke, nivoi kontrasta od 10% i 90% se koriste za određivanje maksimalnog i minimalnog napona u toku projektovanja displej drajvera.

Tipičan način montaže LCD-a prikazan je na slici 6.47.

Kada je LCD-ove potrebno čitati i u mraku, potrebno je obezbeđivati neki tip osvetljenja. Oni se mogu osvetljivati svetlom sa strane ili svetlom sa pozadine. Reflektor na zadnjoj površini LCD prikaza često se zamenjuje transreflektorom, koji propušta određeno svetlo a reflektuje drugo. Na ovaj način je obezbeđen rad sa ili bez zadnjeg svetla. Zadnje svetlo je obično elektroluminiscentna lampa, koja je veoma tanka i osvetljava skoro ukupnu površinu.

Pobuda LCD-ova naizmeničnom strujom

Pobuda LCD-ova je zaista komplikovana. Ako se između zadnje ploče i transparentno nanetih električnih segmentnih linija dovede jednosmerni napon, dešavaju se hemijske promene u tečnom kristalu koje dovode do toga da se vek displeja skрати. Zbog toga je neophodno električnom segmentu dovesti električno polje, a da je pri tom srednji pobudni napon blizu 0V. Ovo se izvodi naizmeničnom pobudom (tj. AC pobudom).

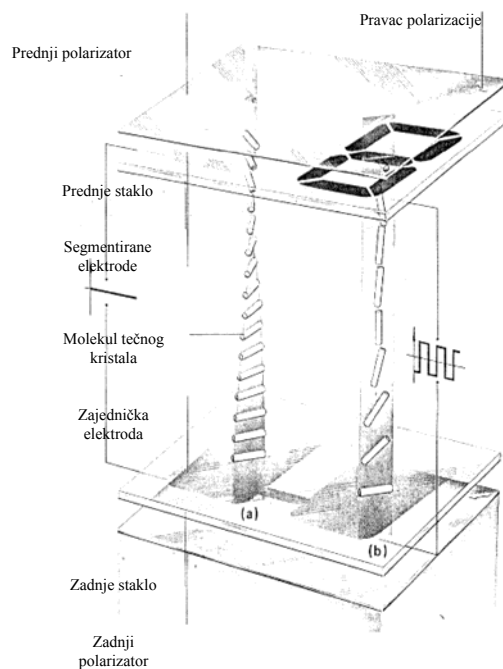
Prostije kazano LCD piksel u zavisnosti od napona koji se dovodi između gornje i donje elektrode se može naći u jednom od sledeća dva stanja:

- "off"-stanje - svetlost koja prolazi kroz LCD stvara svetlu površinu na ekranu. Ovo se javlja kada je piksel isključen, tj. naponska razlika između elektroda je nula.
- "on"-mračno stanje - svetlošću se brani prolaz kroz LCD i stvara utisak mračne tačke. Ovo se kreira dovođenjem malog napona na donju i gornju elektrodu između kojih se nalazi tečan kristal.

Kao što smo već napomenuli dovođenjem jednosmernog (DC) napona između donje i gornje elektrode dolazi do elektrohemijских degradacija u tečnom kristalu. Zbog toga pobudni napon crne površine (stanja crno) mora biti promenljiv, čija frekvencija u cilju izbegavanja efekta flikera mora biti veća od 30Hz, a ostatak jednosmerne komponente manji od 100mV.

Metodi koji se koriste za upravljanje stanjem LCD piksela, tj. tehnike pobuđivanja, zavise od tipa aplikacije a možemo ih svrstati u sledeće grupe:

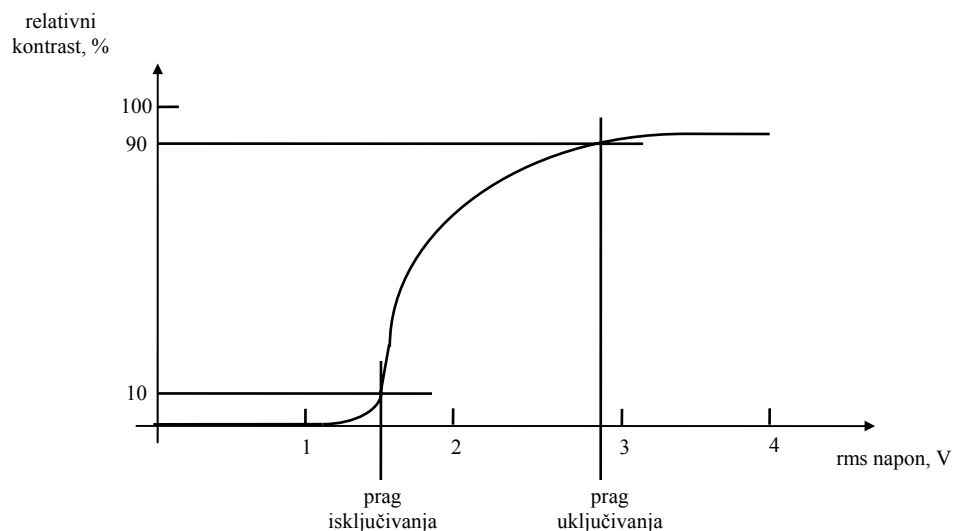
- kod jednostavnijih LCD-ova, kao što su numerički displeji, koristi se direktna pobuda, takođe poznata kao statička pobuda.
- kod LCD-ova tipa ravna ploča, ne može se vršiti upravljanje velikog broja piksela direktnom pobudom, pa je multipleksirana pobuda efikasnije sredstvo.



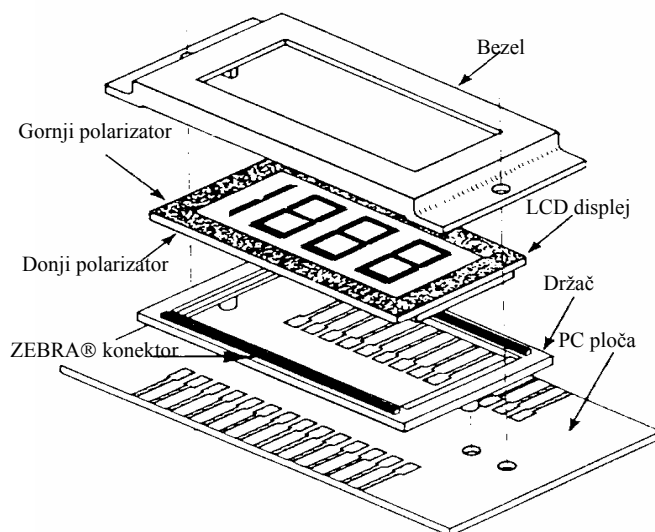
Sl. 6.45.

Direktna pobuda

Kod LCD-ova koji se direktno pobuđuju, svaki piksel se upravlja dovođenjem napona između elektroda (jedan za svaki piksel) i zadnje ploče koja je zajednička za sve piksele. Zadnja ploča se pobuđuje simetričnim pravougaonim impulsima čiji je maksimalni nivo veći od napona potrebnog da se stvori crna tačka. Da bi se selektovao piksel (postavio u stanje tamno) napon zadnje ploče (backplane voltage) se invertuje i dovodi na odgovarajuću piksel elektrodu sa ciljem da se generiše RMS napon (napon efektivne vrednosti) koji će biti dovoljan da aktivira taj piksel. Elektrode neselektovanih piksela se pobuđuju pomoću napona zadnje ploče, a to rezultira da između elektroda zadnje ploče i elektroda piksela (nalazi se na prednjoj strani LCD-a) ne postoji potencijalna razlika. Na slici 6.48a prikazano je jedno tipično kolo koje se koristi za direktnu pobudu. Ovo pobudno (drajversko) kolo koristi XOR gejtove za naponsku pobudu različitih piksela.



Sl. 6.46. Kontrast u funkciji napona za tipični LCD.

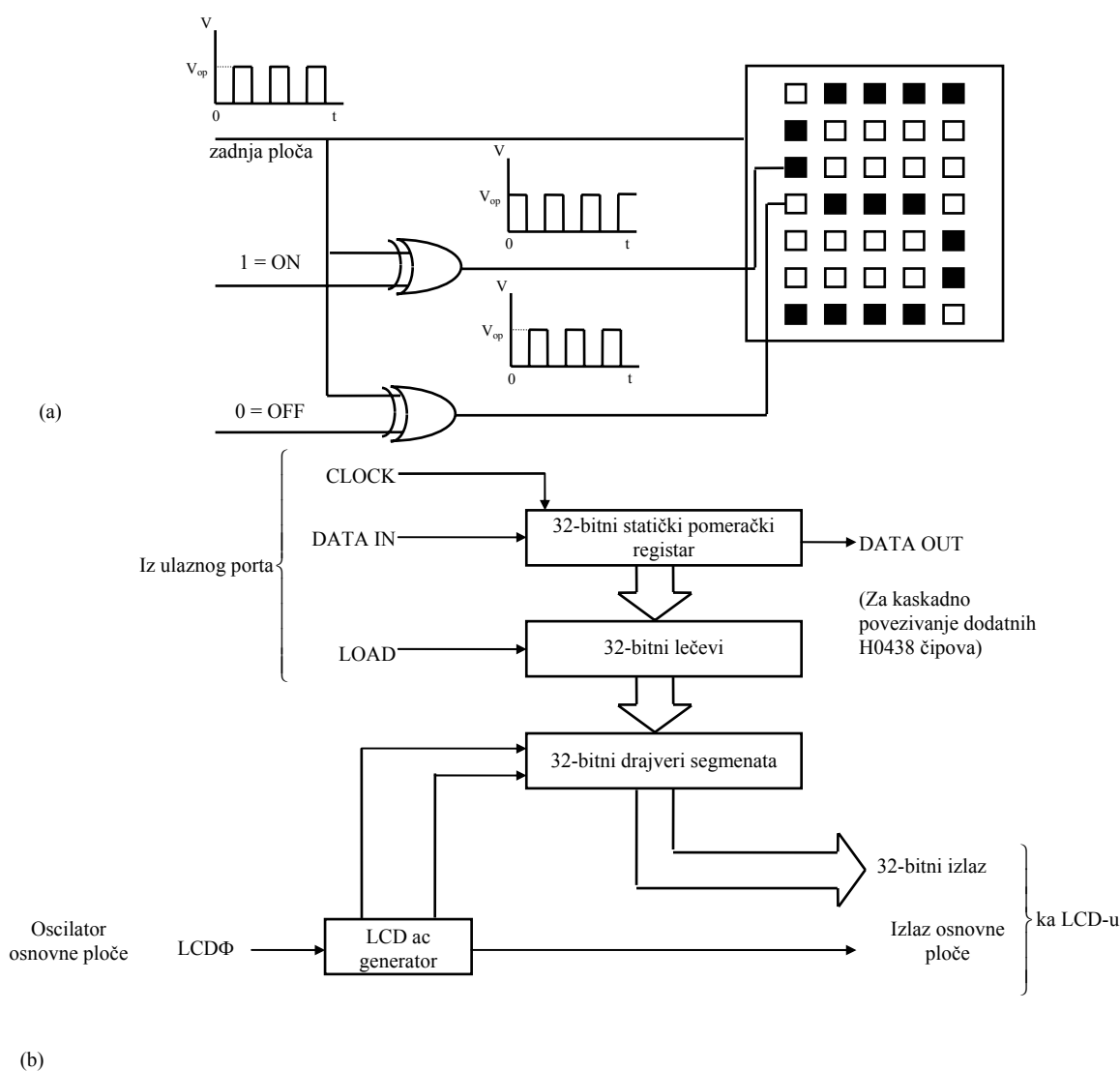


Sl. 6.47. Montaža LCD-a sa konektorima od provodnog elastomera (Zebra).

Na slici 6.48b prikazana je interna struktura jednog LCD pobudnog čipa firme Hughe H0438A. Ovaj čip pobuđuje 32 segmenta nemultipleksiranog LCD prikaza (četvorocifreni 7 segmentni displej sa decimalnom tačkom). Veći broj ovakvih čipova moguće je kaskadno vezati. Na nivou čipa ne postoji dekodiranje, što znači da je mikroprocesor taj koji individualno upravlja samim segmentom.

Multipleksirani LCD

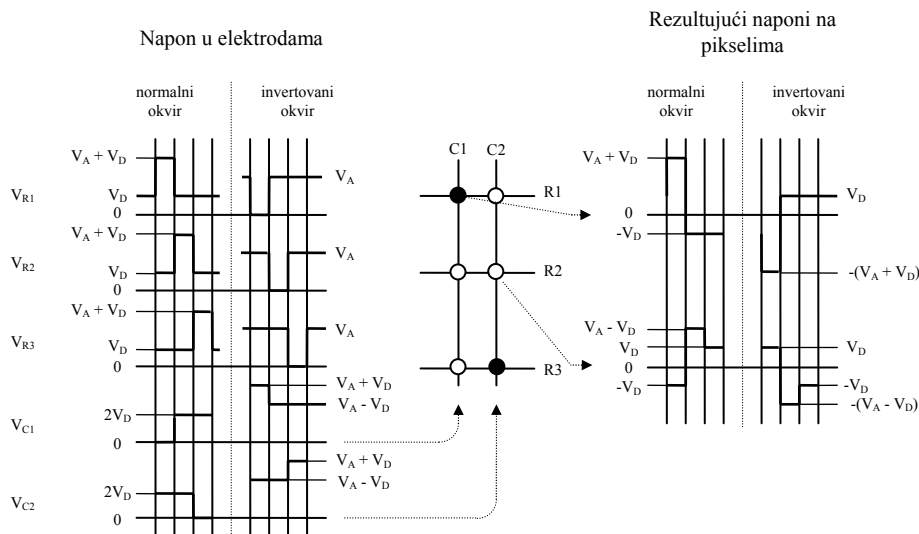
Glavni nedostatak direktnog načina pobuđivanja je broj signalnih linija koje treba povezati na LCD: po jedna za svaki elemenat prikaza i jedan za zadnju ploču. Za četvorocifarski 7-segmentni numerički displej sa decimalnom tačkom potrebno je ukupno dovesti 33 linije ($4 \cdot (7+1) + 1$), a za osmoznakovni 16-segmentni alfanumerički potrebno je 129 linija. Instalacija ovako velikog broja linija ne samo da dovodi do teškoća zbog mehaničkog izvođenja nego i uslovljava i ugradnju velikog broja drajvera. Kod displeja koji su matrično organizovani direktna pobuda zbog velikog broja veza je u potpunosti nepraktična. Zbog toga prirodno se nameće logički zaključak o korišćenju principa multipleksiranja. Tehnika multipleksiranja, kod LCD prikaza, za razliku od LED prikaza se dosta teško izvodi iz sledećih razloga: vreme potrebno da se jedan LCD elemenat uključi i isključi je relativno dugo (na sobnoj temperaturi 50 do 100ms). LCD se menja sporo, jer se molekuli u tečnom kristalu fizički pomeraju, a tečni kristal je kao materijal izuzetno viskozozan (što je temperatura niža promene su sporije). Napomenimo da kontrast LCD displeja nije osetljiv na polaritet signala nego na efektivnu vrednost napona između obe elektrode.



Sl. 6.48. (a) Deo direktnog pobudnog kola za LCD, koji pokazuje kako se XOR logička kola mogu koristiti za uključivanje i isključivanje piksela. (b) Interna struktura pobudnog čipa H0438A.

Kod LCD-ova tipa ravna ploča, elektrode se satoje od paralelnih provodnika koji se postavljaju na gornje i donje staklene površine. Elektrode su, jedne u odnosu na druge, postavljene pod uglom od 90° , tako da se na jednoj ploči formiraju elektrode vrste, a na drugoj elektrode kolone. Broj spoljnih kontakata, koji je u ovom slučaju potreban, jednak je broju kolona, plus broj vrsta, plus nekoliko kontakata koji su potrebni za direktno upravljanje.

Piksel se aktivira (postaje taman) dovođenjem napona dovoljno velike RMS vrednosti između vrste i kolone. Pojedinačni izbor piksela je moguć multipleksiranom pobudom. Signalima impulsnog karaktera moguće je postaviti piksel u stanje tamno, ako je RMS vrednost veća od "turn-on" (*off-threshold* napona sa slike 6.46) napona. Dovođenjem impulsa različitih faza na elektrodama vrsta, vrši se selekcija piksela svake vrste. Nakon što je svaka vrsta selektovana, impulsi koji odgovaraju obliku prikaza te vrste, dovode se na elektrode kolona, tako da se pikseli postavljaju u stanje osvetljeno ili zatamnjeno u zavisnosti od napona između elektroda vrste i kolone koje odgovara njihovoj fizičkoj poziciji na prikazu. Da bi se eliminisala jednosmerna (DC) komponenta, napon na svakom pikselu se invertuje nakon prikazivanja svake slike (minimalna frekvencija slike prikaza je 30Hz) kao što je prikazano na slici 6.49.



Sl. 6.49. Talasni oblici drajvera za deo LCD-a tipa ravna ploča. Naponski nivoi su izabrani tako da RMS napon na pikselu ima samo dve vrednosti: jednu za crnu tačku i drugu za svetlu tačku.

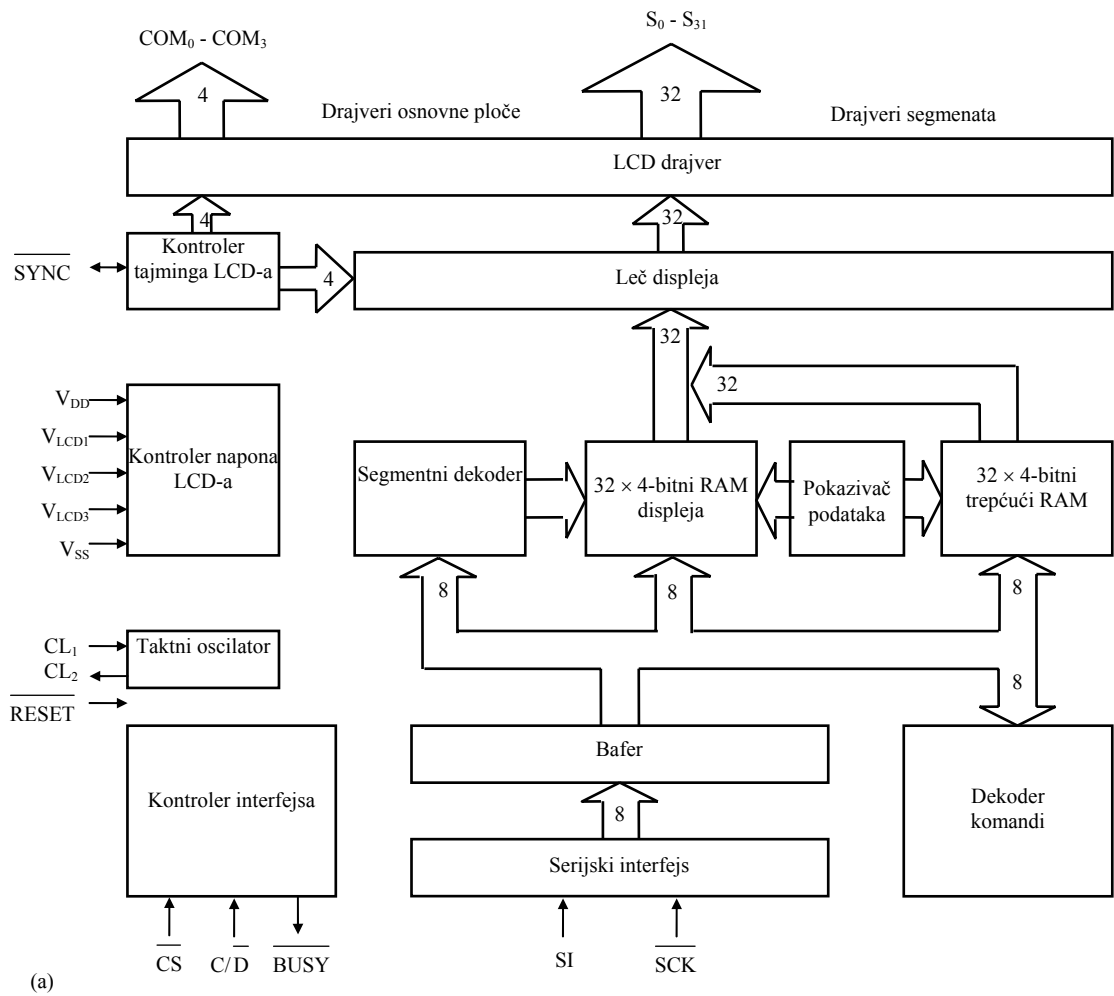
Naponski nivoi V_A i V_D moraju da zadovolje odnos $V_A \approx V_D \sqrt{N}$ gde je N odnos multipleksiranja ($1 : N$), koji za slučaj ravnog panela odgovara broju vrsta. Vrednosti V_A i V_D se moraju birati shodno tipu korišćenog kristala u displeju i željene sjajnosti.

Korišćenjem šest naponskih polarizujućih nivoa dobija se najbolji mogući diskriminacioni rad za konvencionalu naponsku pobudu. Diskriminacija predstavlja odnos ON i OFF RMS napona i smanjuje se kako se odnos multipleksiranja povećava (Tabela 6.3). Prostiye kazano, kada odnos multipleksiranja treba da bude veći od 1:200 ili više, diskriminacija je vrlo mala. Kada je diskriminacija kod prikaza TNFE tipa mala, vidni ugao prihvatljivog odnosa kontrasta (odnos osvetljaja svetlog i tamnog piksela) je suviše uzak.

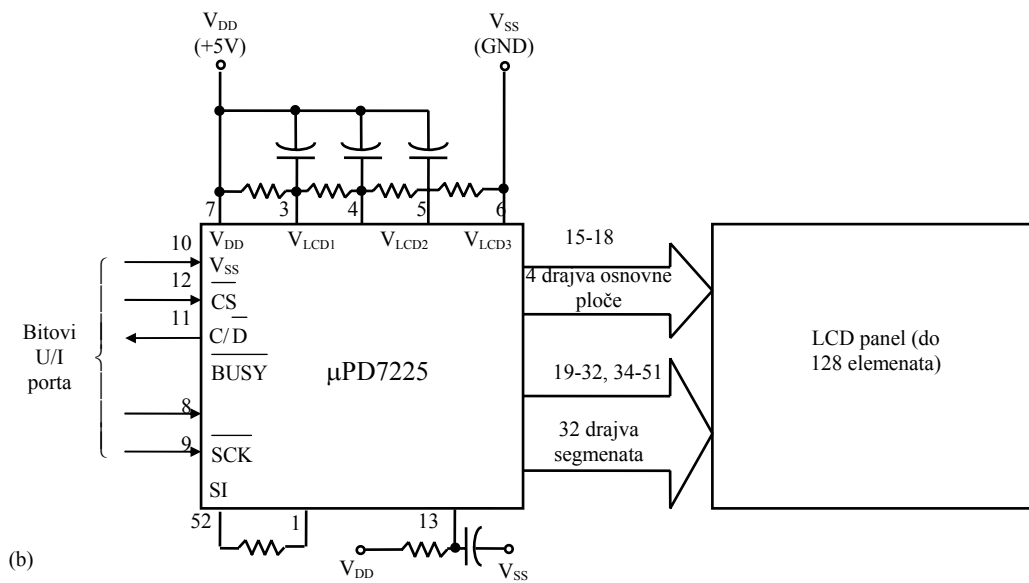
Tab. 6.3. Efekat faktora multipleksiranja na diskriminaciju.

faktor multipleksiranja l	1	2	16	64	100	200
diskriminacija, V_{on}/V_{off}	∞	2.41	1.29	1.134	1.106	1.073

Veliki broj integrisanih kontrolera za multipleksirane LCD prikaze postoji danas na tržištu. Tipičan predstavnik je fleksibilno LCD pobudno integrisano kolo NEC μ PD 7225, čija je blok šema prikazana na slici 6.50. Pin SI se koristi za serijski unos podataka, na SCK pin se dovodi serijski takt. CS omogućava da se čip odazove na serijski ulaz. $C/\overline{D}$ ulaz određuje kada podatak na serijskom ulazu treba interpretirati kao podatak ili komandu. BUSY izlaz ukazuje da li je čip spreman da primi podatak ili komandu. Komande i podaci predaju se kontroleru μ PD7225 shodno vremenskom dijagramu koji je prikazan na slici 6.51.

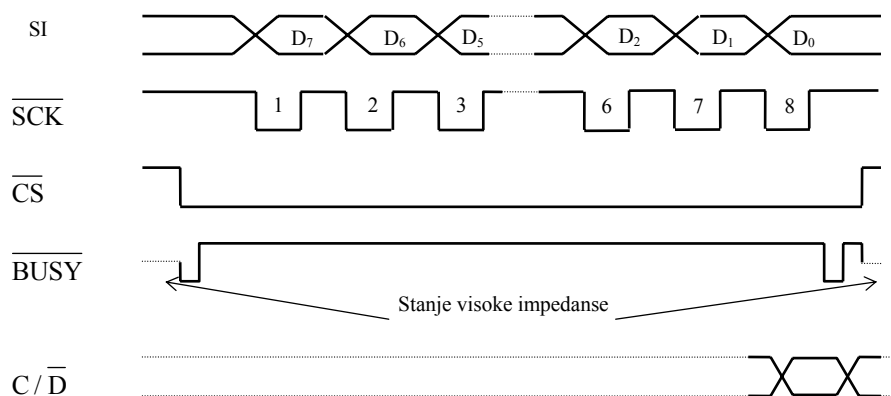


(a)



(b)

Sl. 6.50. (a) Blok dijagram LCD kontrolera NEC 7225. (b) Konfiguracija sistema čipa 7225.

Sl. 6.51. Vremenski dijagram za interfejs mikroporcesora ka čipu μ PD7225.

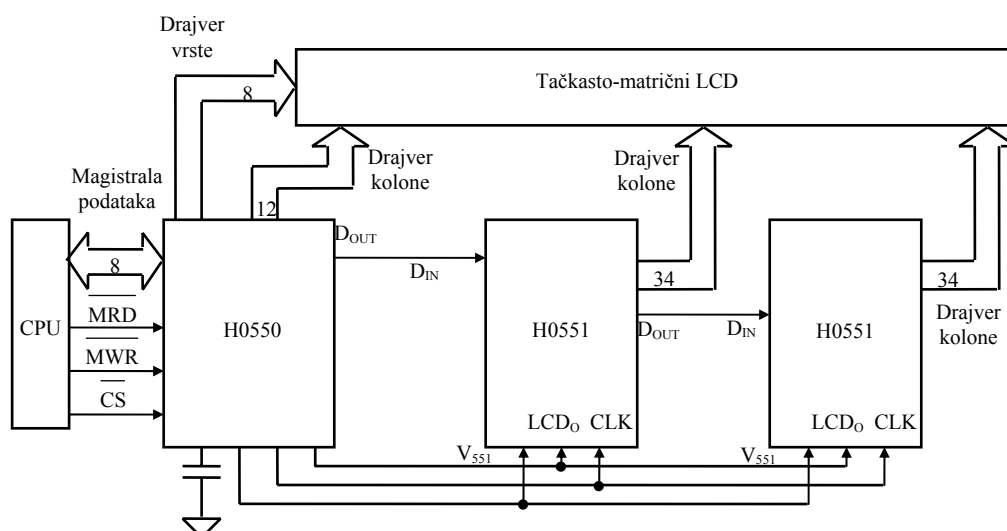
Više detalja o čipu μ PD7225 može se naći u kataloškim podacima firme NEC koji se odnose na rad ovog čipa.

LCD displeji su takođe dostupni kao moduli u kojima su ugrađena upravljačka i drajverska kola. LCD moduli su posebno popularni kod tačkasto-matričnih displeja velikog obima. Na slici 6.52 prikazan je jedan tipičan tačkasto-matrični displej modul.



Sl. 6.52. Modul tačkasto-matričnog alfanumeričkog LCD displeja.

Na slici 6.53 prikazan je blok dijagram tipičnog LCD modula. Displej kontrolerom IC H0550 ostvaruje se sprega mikroprocesora i upravljačke elektronike displeja. Integrirana kola H0551 koriste se kao dodatni drajveri kolona.

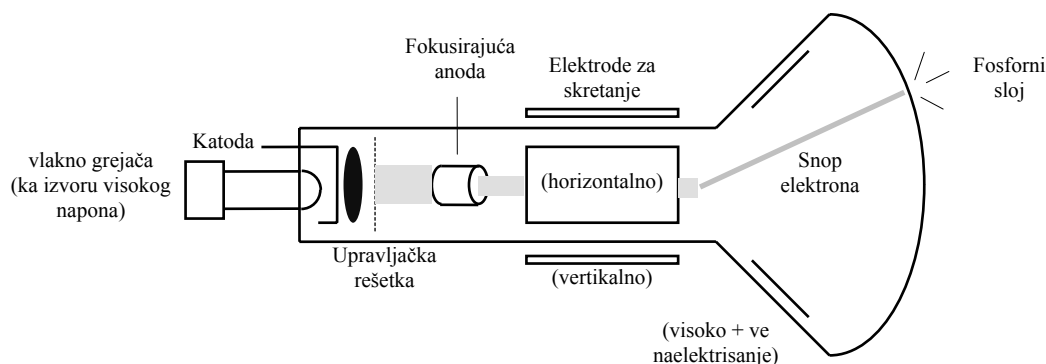


Sl. 6.53. Blok dijagram modula tačkasto-matričnog LCD displeja.

Strukturom prikazanom na slici 6.53 moguće je pobuđivati displej sa osam vrsta od po 80 kolona, tj. u jednoj liniji je moguće prikazati po 16 znakova.

6.5.5. CRT displeji

CRT displeji su jedna od najstarijih tehnologija za prikaz a sigurno i najpopularnija. Osnovna prednost CRT displeja je njihova relativno velika fizička površina prikaza. I pored toga što je njihovo sprežanje sa računarskim sistemom dosta složeno oni se kao jedinice za prikaz najčešće koriste. CRT prikazi koriste istu osnovnu tehnologiju za prikaz kao i televizija. Elektroni se emituju od strane katode koje se zbog emisije indirektno zagreva (slika 6.54).

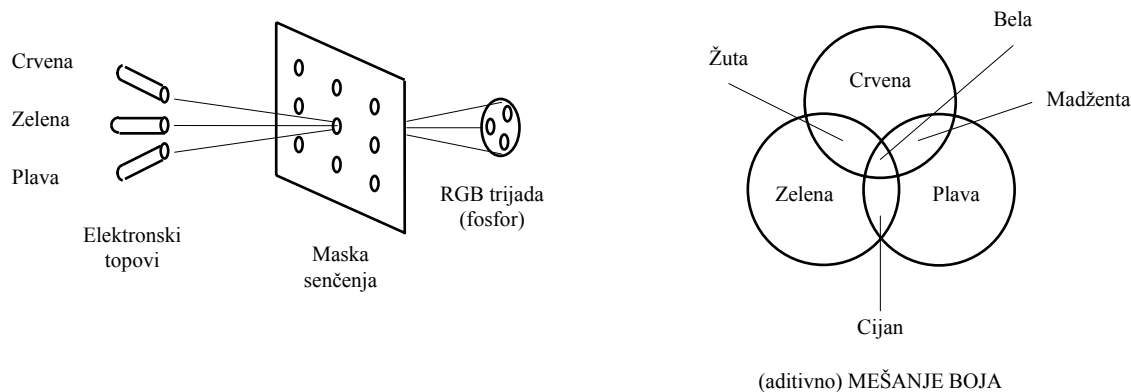


Sl. 6.54. Princip rada CRT displeja.

Snop elektrona sa katode se upravlja od strane rešetke. Ovi elektroni se zatim ubrzavaju prema ravni ekrana pomoću visokog napona koji se dovodi na anodu. Kada elektronski mlaz udara na površinu fosfora koja je nanosena na unutrašnju stranu ekrana, fosfor emituje svetlo. Elektronski mlaz se usmerava na određenu tačku ekrana pomoću kalemova za skretanje.

Dovođenjem odgovarajućih signala posebno na horizontalne a posebno na vertikalne kalemove moguće je skrenuti ulaz na bilo koju tačku ekrana. Ovaj način skretanja se zove elektromagnetno skretanje, nasuprot elektrostatičkog skretanja koje koristi ravni za skretanje, instalirane unutar cevi, a primenjuje se kod osciloskopskih CRT-ova. Postoji takođe i mehanizam za fokusiranje mlaza koji se ugrađuje u grlo (vrat) cevi; obično se fokusiranje ostvaruje elektrostatički, a može biti i elektromagnetno.

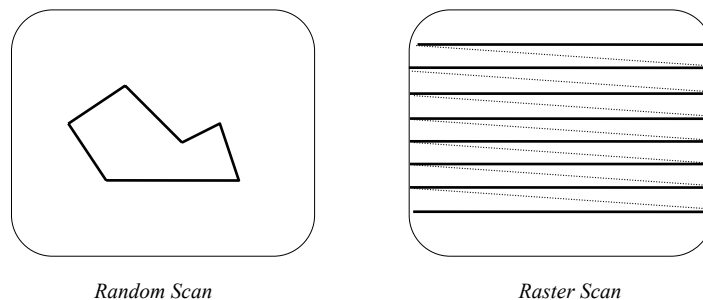
Intenzitet elektronskog mlaza, a shodno tome i rezultantna sjajnost ekrana, menja se upravljачkom rešetkom (direktno je proporcionalna broju elektrona koji se emituju od strane katode). Anoda za fokusiranje se koristi za formiranje oštrog, konvergentnog mlaza elektrona na površini ekrana.



Sl. 6.55. Kolor CRT displej.

Kolor CRT prikazi koriste tri elektronska topa, od kojih prvi generiše crveni (*Red*), drugi zeleni (*Green*), a treći plavi (*Blue*) osvetljaj na ekranu prikaza. R, G i B su primarne komponente boje. R, G i B fosfori grupišu se na površini ekrana u grupe od po tri, pri čemu je svaki ulaz usmeren ka svom kolor-osetljivom pikselu. U okviru svake grupe RGB fosfora, vrši se aditivno mešanje pa se na taj način dobija informacija o boji. Na slici 6.55 prikazan je način formiranja kolor piksela na CRT ekranu, zajedno sa aditivnim načinom mešanja.

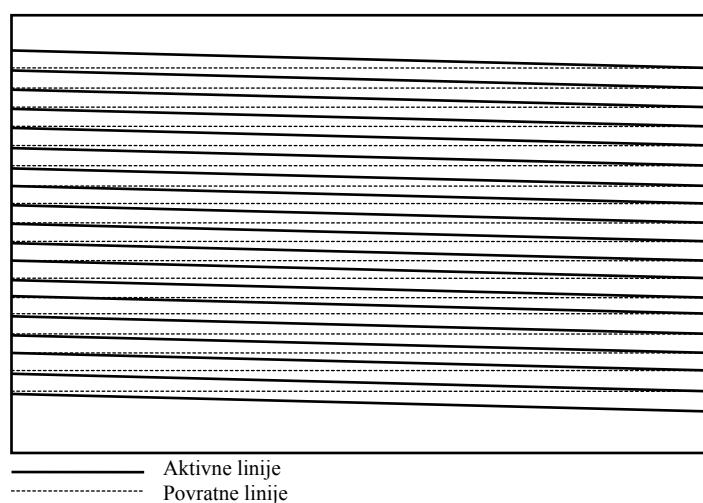
Postoje dve metode za upravljanje kretanjem elektronskog mlaza po površini ekrana, a one su prikazane na slici 6.56.

Sl. 6.56. Vektorski grafički i *raster scan* CRT displeji.

Kod vektor-grafičke šeme, elektronski mlaz se premešta na bilo koju lokaciju ekrana pa se na taj način crta određena slika. Kako fosfor emituje svetlo kratak period nakon što pobuda prestane, sliku je potrebno kontinualno obnavljati.

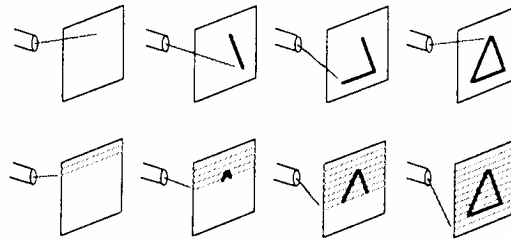
Da bi se izbegao fliker efekat, ukupna slika se mora obnavljati i više od 30 puta u sekundi. Da bi se ovaj efekat izbegao koriste se specijalne CRT cevi koje pamte ukupnu sliku sve do trenutka kada ona treba da se obriše ili promeni. Cevi koje mogu da pamte su veoma skupe. Na tržištu postoje CRT cevi koje dozvoljavaju da se neka informacija pamti, a druga obnavlja, ali je na žalost i njihova cena izuzetno visoka.

Češće korišćena tehnika za skretanje mlaza po ekranu CRT-a je analiza rasterom (*raster scan*). Umesto da se ulaz trasira po željenom obliku koji treba prikazati, elektronski mlaz uvek prelazi po jednoj standardnoj putanji, tj. duž horizontalnih linija. Na slici 6.57 prikazan je oblik putanje elektronskog mlaza kod CRT-ova sa raster analizom. Analiza uvek počinje od gornjeg levog ugla, pomera se horizontalno prema desnoj strani, a zatim veoma brzo vraća na levu stranu.

Sl. 6.57. *Raster scan* šema. Aktivne linije su prikazane punom linijom, a povratne linije isprekidanom.

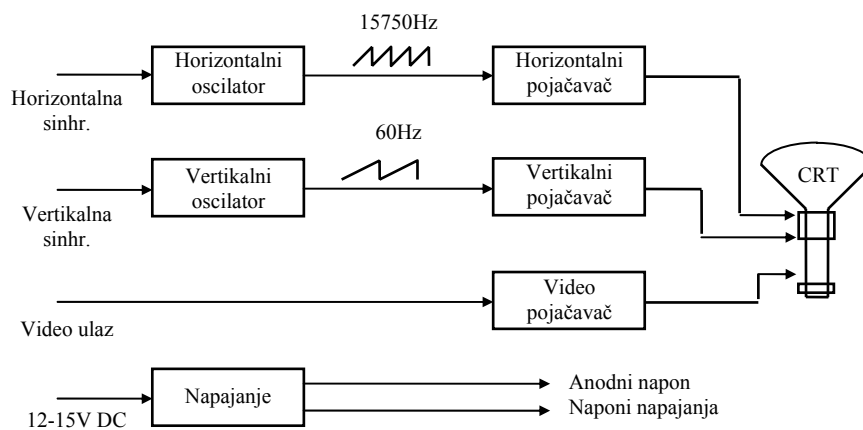
U toku povratka mlaza sa desne strane na levu stranu, pomoću napona na upravljačkoj rešetki, vrši se zatamnjenje prikaza (ne vidi se povratni mlaz). Put sledeće analizatorske linije je paralelan sa prethodnom samo što je pomeren malo naniže. Analiza se ponavlja sve dok se ceo ekran ne popuni gusto raspoređenim horizontalnim linijama. Na kraju zadnje linije, mlaz se brzo vraća na vrh ekrana, a taj period se zove vertikalni povratak. Skup horizontalnih linija se zove *raster*. Upravljanjem intezitetom elektronskog mlaza duž svake analizatorske linije kreira se slika prikaza.

Na slici 6.58 slikovito je prikazan način kreiranja slike na ekranu prikaza kod CRT-ova koji rade na principu vektorske i raster analize.



Sl. 6.58. Poređenje metoda random scan i raster scan za generisanje slike na ekrana.

CRT displeji koji koriste raster analizu se najčešće koriste kod računarskih sistema, a poznati su pod imenom CRT monitori. Osnovni elementi CRT monitora prikazni su na slici 6.59.



Sl. 6.59. Osnovni elementi CRT monitora.

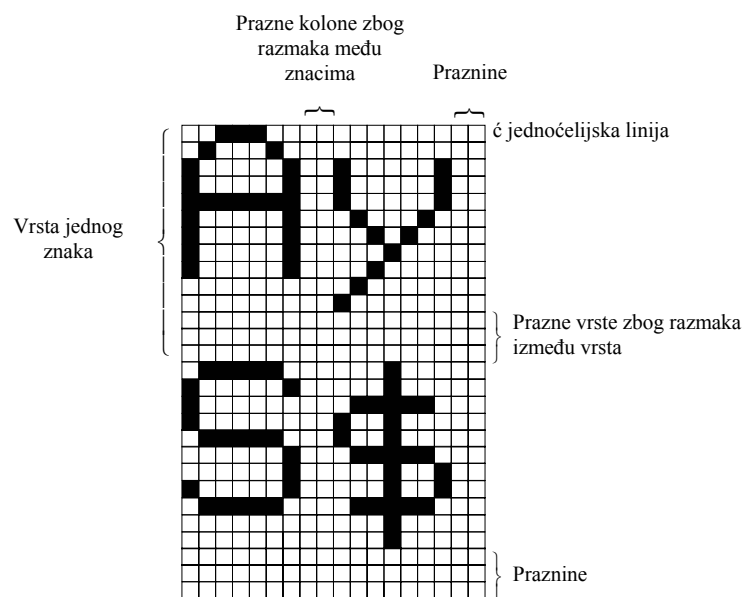
Horizontalni i vertikalni oscilatori generišu testeraste napone koji se koriste za skretanje elektronskog mlaza. Sinhronizacija ovih oscilatora se vrši pomoću horizontalnih i vertikalnih sinhro impulsa. Video signal se prvo pojačava, a zatim dovodi na katodu (rešetku) CRT-a. Amplituda video signala srazmerna je osvetljaju odgovarajuće tačke prikaza. Deo CRT monitora čine kola za generisanje visokog napona.

Kolo koje predstavlja spregu između magistrale računara i CRT monitora zove se CRT kontroler. Tri osnovna signala koja CRT kontroler mora da generiše za CRT monitor su: video informacija, horizontalni sinhro-impuls (HSI), i vertikalni sinhro-impuls (VSI). HSI i VSI se koriste za sinhronizaciju horizontalnog i vertikalnog mlaza sa video informacijom.

6.5.6. Znakovno orijentisani CRT kontroleri

Najfleksibilniji CRT displeji omogućavaju računarskom sistemu da upravlja svakom tačkom prikaza. Ovakvi displeji rade na principu bit preslikavanja, pošto sadržaj jednog bita (ili nekoliko bitova) memorije određuje osvetljaj svake tačke na ekranu. Ovakav pristup se standardno koristi za grafičke prikaze. Znakovno orijentisani displej kontroleri ne omogućavaju potpuni grafički prikaz, zahtevaju ugradnju manje memorije od onih koji koriste princip bit preslikavanja, a samim tim i cena im je znatno niža.

Znaci na CRT displeju se formiraju koristeći se tačkastom matricom koja može biti formata 5×7, 7×9, 7×11 i dr. Oblast koja se rezerviše za znak, sadrži prazan prostor i tačkastu matricu, i zove se znak ćelije.



Sl. 6.60. Znakovna matrica 7×11 u ćeliji 9×14.

Na slici 6.60 prikazana je matrica 7×11 sa dve blanko tačkice između znakova u koloni i tri blanko tačkice između znakova vrsta tako da je ćelija znaka formata 9×14. Svaka vrsta tačkica u okviru znaka zove se *linija ćelije*.

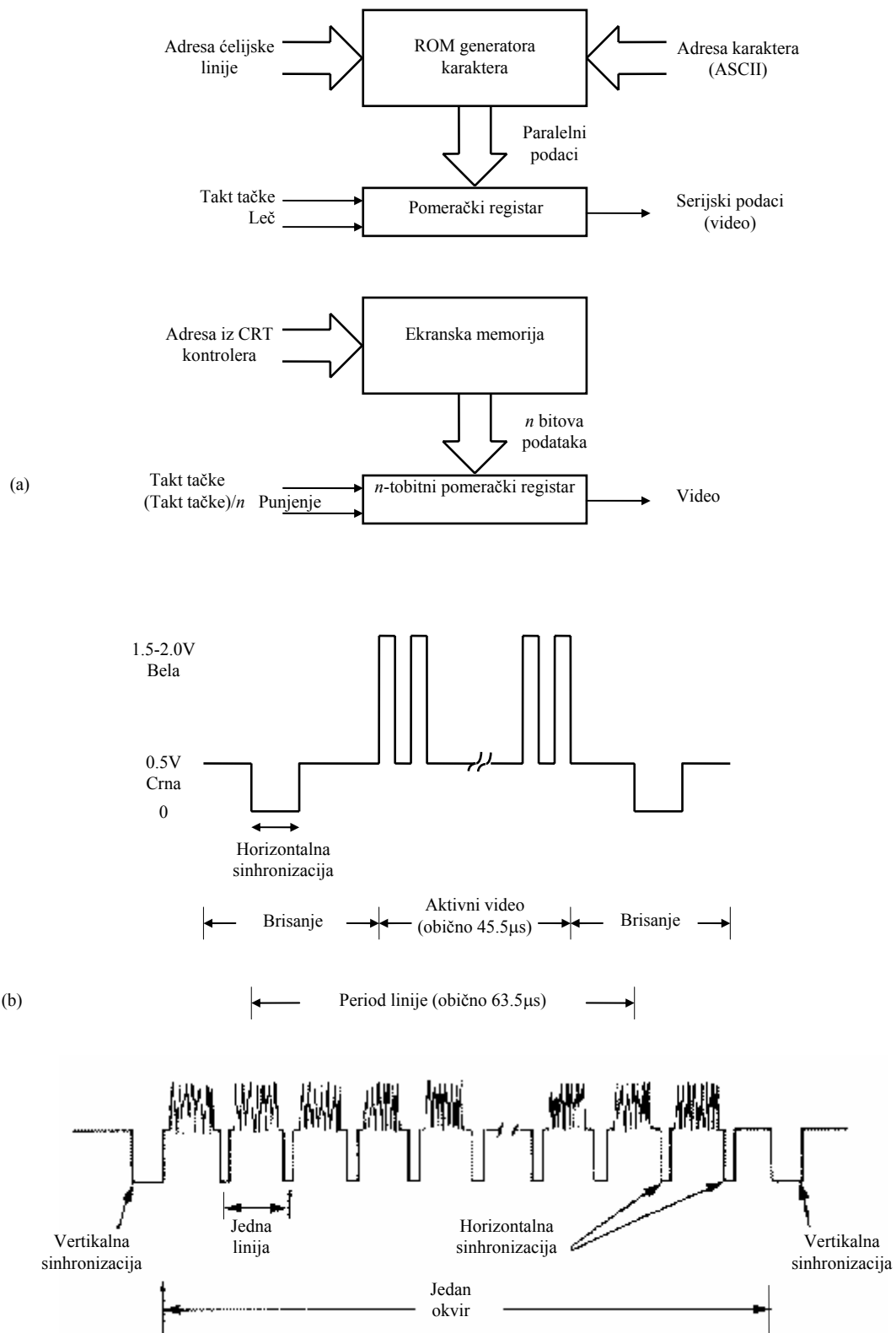
Tačkasti oblik svakog znaka koji se prikazuje smešta se u memoriju koju zovemo *karakter-generator*. Na slici 6.61a prikazani ulazi i izlazi tipičnog karakter generatora i njemu pridruženi pomerački registar. Jedan deo adresa specificira znak koji se prikazuje, a drugi deo broj linijske ćelije. Izlazi karakter generatora obezbeđuju informaciju o svim bitovima linijske ćelije. Ovi bitovi se pune u pomerački registar i taktuju na serijskom izlazu sa frekvencijom tačke čime se generiše video signal (slika 6.61b i 6.61c).

Ključni zadatak CRT kontrolera je da obezbedi odgovarajuće kodove znakova i ćelijsko linijske adrese karakter generatora koji su u saglasnosti sa kretanjem mlaza na ekranu CRT-a. U toku trajanja jedne linije potrebna je samo jedna ćelijsko linijska adresa. Na slici 6.62 prikazana je sekvenca potrebna za prikaz jedne vrste znakova.

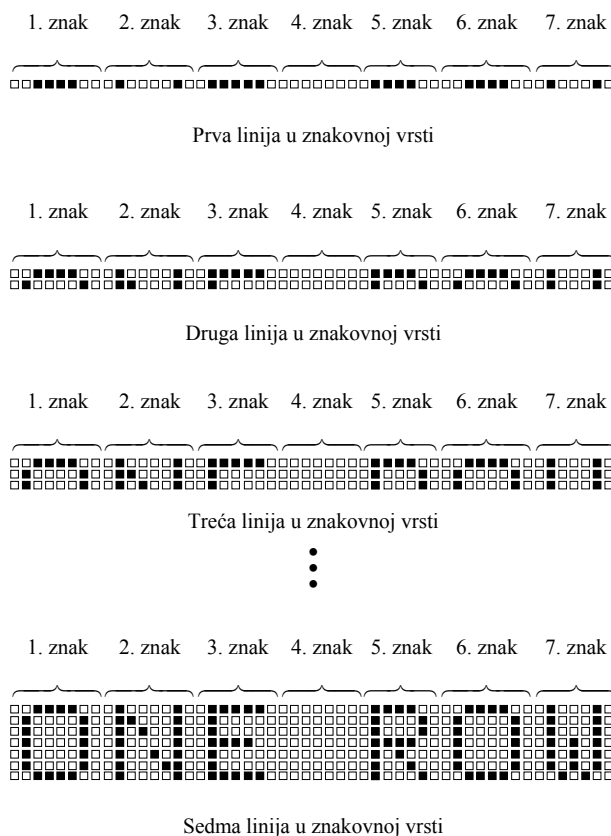
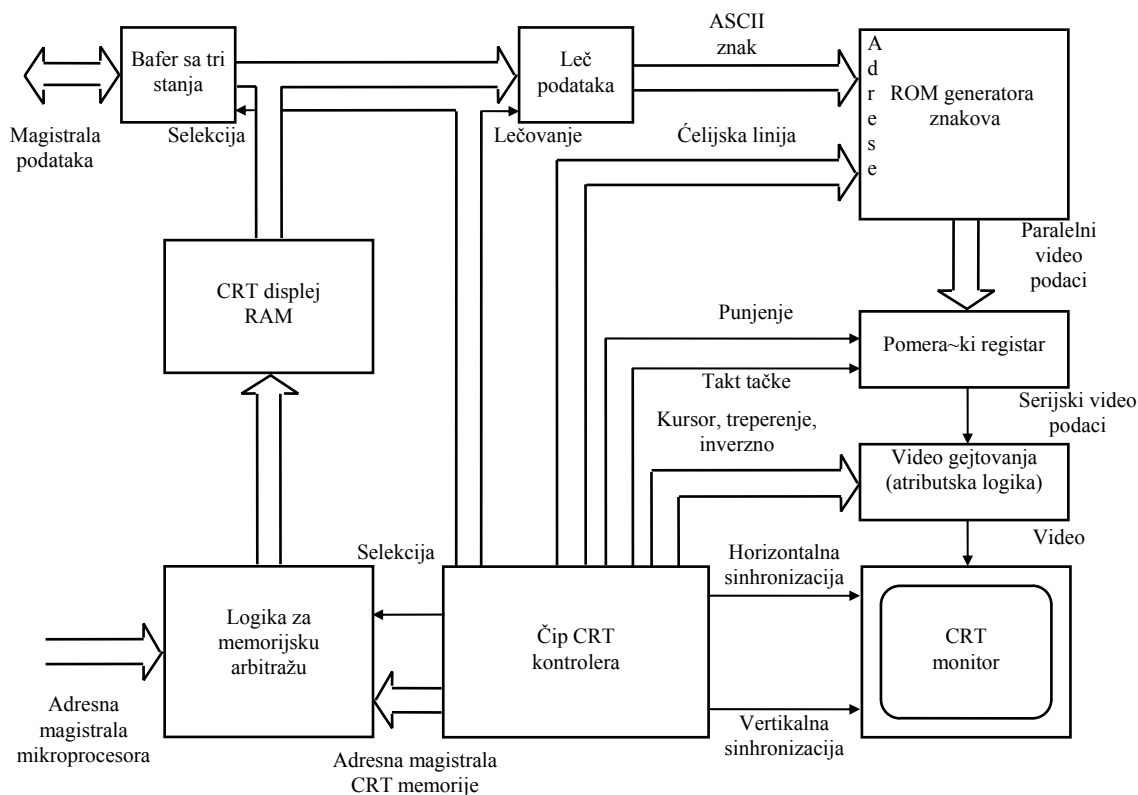
U toku prve analizatorske linije, prikazuje se prva linija ćelije prvog znaka, nakon toga sledi prva linija ćelije drugog znaka, itd., do prve linije ćelije zadnjeg znaka u vrsti. Nakon horizontalnog impulsa i perioda potiskivanja slike po horizontali, počinje prikazivanje sledeće analizatorske linije. U toku ove linije, prikazuje se druga linija ćelije prvog znaka, pa sledi druga linija ćelije drugog znaka, itd.

Ova sekvenca se ponavlja sve dok se ne prikaže i zadnji znak u zadnjoj liniji ćelije. Nakon toga, slede dve ili tri blanko linije koje se koriste za razdvajanje prikaza jedne vrste znakova od druge.

Na slici 6.63 prikazan je opšti blok dijagram CRT kontrolera.



Sl. 6.61. (a) Ulazi i izlazi karakter generatora. (b) Kompozitni video signal za jednu liniju. (c) Kompozitni video signal za jedan okvir.

Sl. 6.62. Generisanje znakova kod *raster-scan* tehnike.

Sl. 6.63. Blok dijagram CRT interfejsa.

CRT displej RAM (nazvana *refresh memory*) sadrži po jednu lokaciju za svaku moguću poziciju znaka. Mikroprocesor upisuje u ovu memoriju znake koje treba prikazati, a CRT kontroler ih čita u odgovarajuće vreme. Kako oba, mikroprocesor i CRT kontroler, zahtevaju pristup istoj memoriji, potrebna je nadgradnja logike koja rešava konflikte i istovremene pristupe CRT-ovoj displej memoriji. Arbitraža se obično rešava na jedan od sledeća dva načina:

- mikroprocesor pristupa CRT displej RAM-u samo u toku vertikalnog intervala slike.
- mikroprocesor pristupa CRT displej RAM-u u toku vertikalnog i horizontalnog povratnog intervala slike tj. intervala potiskivanja.

6.5.7. Grafički CRT displeji

Postoji nekoliko načina koji se koriste za generisanje raster analize kod grafičkih displeja.

Jednostavno proširenje znakovno orijentisanih displeja se može ostvariti dodavanjem grafičkih znakova u karakter generatoru. Određenim semi-grafičkim znakovima kao što su kvadrati, pravougaonici, linije ili drugi simboli mogu se crtati različite šeme. Ograničeni broj raspoloživih semi-grafičkih simbola čini ovo rešenje fleksibilnim.

Potpuna grafička mogućnost dobija se korišćenjem bit-preslikanog displeja, kod koga je za svaki piksel na ekranu definisan po jedan ili veći broj bitova. Na primer, za crno-belu sliku minimalno je potrebno 1 bit/pikselu.

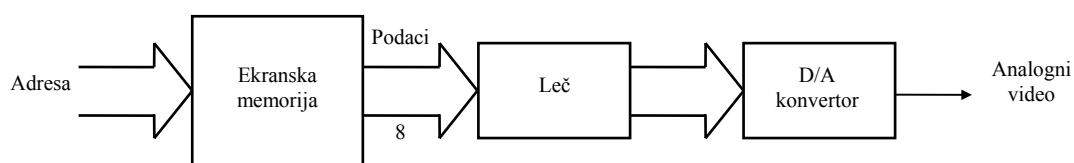
Za reprodukciju boja ili sive skale potrebni su bitovi. Na primer, koristeći 8 bitova/pikselu moguće je reprodukovati 256 različitih boja ili nijansi sivog. Kao što je prikazano u Tabeli 6.4 zahtevi za veličinom memorije kod grafičkih displeja brzo se povećavaju za povećavanjem rezolucije.

Tab. 6.4.

Rezolucija	Br. piksela	Memorija u bajtovima za različite brojeve bitova po pikselu		
		1 bit	4 bita	8 bitova
240 × 200	48,000	6k	24k	48k
480 × 400	192,000	24k	96k	192k
640 × 512	372,680	40k	160k	320k
1280 × 1024	1,310,720	160k	640k	1280k

6.5.8. Grafički CRT kontroleri

Grafički CRT kontroleri u mnogim aspektima su slični alfanumeričkim CRT kontrolerima. Svi zahtevi u pogledu sinhronizacije, adresiranja memorije, arbitraže i generisanja takta su identični. Glavna razlika je ta što podaci iz CRT RAM memorije umesto da prolaze preko karakter generatora se direktno koriste za generisanje informacije o tačkama. Na slici 6.64 prikazan je deo za generisanje video signala osnovnog monohromatskog bit-preslikanog grafičkog displeja.



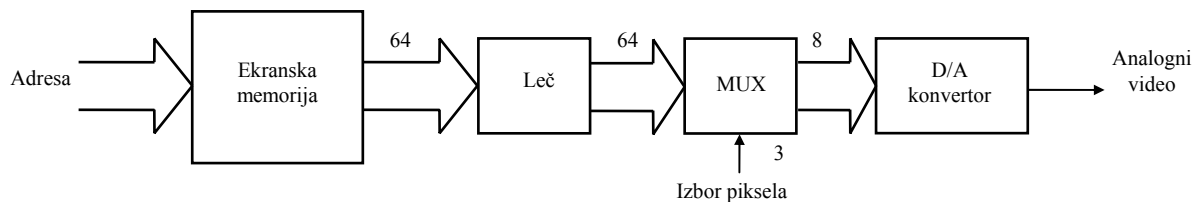
Sl. 6.64. Generator video signala kod monohromatskog bit-preslikanog grafičkog displeja.

Osam bitova iz svake lokacije memorije ekrana specificira stanje osam sukcesivnih impulsa (ne postoje nijanse sivog). Često se kod grafičkih displeja memorija ekrana umesto sa standardnim memorijskim čipovima realizuje sa čipovima sa dvostrukom pristupom kod kojih je interno ugrađen pomerački registar. Ovi čipovi su poznati kao video RAM-ovi i eliminišu sudare kod pristupa zajedničkoj memoriji ekrana koji se javljaju između CPU-a i CRT kontrolera. Neki od pomeračkih registara simultano se pune sa po nekoliko bajtova istovremeno, čime se zahtevi za pristup RAM-ovima u značajnoj meri smanjuju.

Da bi obezbedili reprodukcije nijansi sivog, potrebno je više od 1 bita/pikselu; sa 8 bitova/pikselu ostvaruje se 256 nijansi sivog, što je zadovoljavajuće za veliki broj aplikacija.

Broj bitova po pikselu se često zove broj bit-ravni, pošto se memorija može vizuelizirati kao broj ravni, od kojih je svaka 1 bit/pikselu. Na slici 6.64 prikazano je kolo za generisanje video signala sa 256 nijansi sivog. Svaki bajt memorije ekrana odgovara jednom pikselu. Svih 8 bitova kombinuju se D/A konvertorom pa se na taj način generiše slika sa 256 nijansi sivog. Uočimo da se na ovaj način značajno povećava vreme pristupa ekranskoj memoriji. Jedan od načina da se smanje zahtevi za veoma čest pristup memoriji ekrana, ogleda se u njenoj

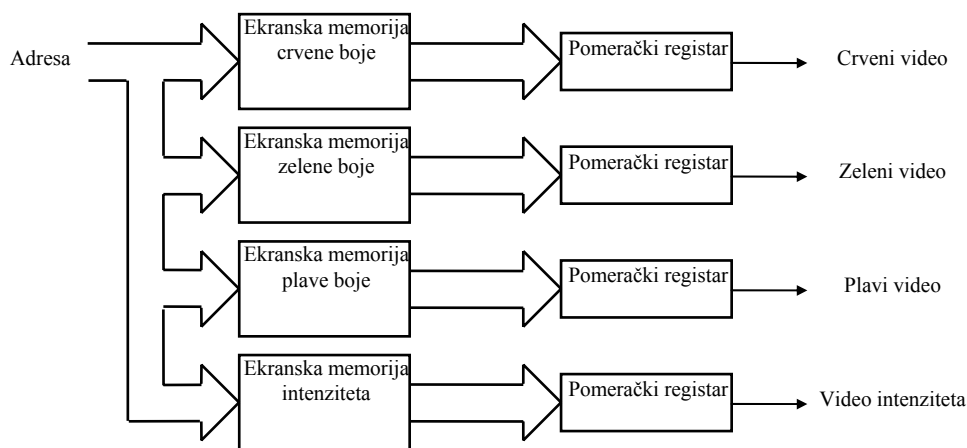
reorganizaciji čitanja. Umesto da se čitaju u jednom taktu po 8-bitova (slika 6.64) vrši se čitanje po 64 bita (slika 6.65).



Sl. 6.65.

Multiplikserom (slika 6.65) se bira koji će se od osam piksela (bajtova) prikazivati.

Kolor CRT kontroleri moraju generisati tri video signala: crveni (R), zeleni (G) i plavi (B). Najjednostavnija implementacija koristi po jedan bit za svaki signal pa se na taj način ostvaruje reprodukcija od osam boja. Na slici 6.66 prikazan je blok dijagram dela video generatora CRT kontrolera za osam boja.

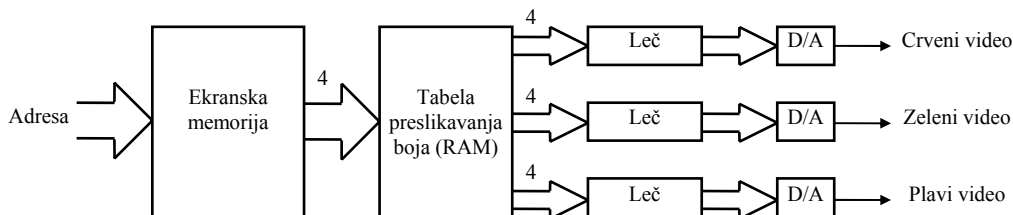


Sl. 6.66. Blok dijagram video generatora CRT kontrolera sa osam boja.

Posebno memorijsko polje se koristi za svaku boju, a svim poljima pristupa se paralelno. Sva tri video signala se istovremeno taktuju na izlazima pomeračkih registara. Tehnika rada sa osam boja se lako proširuje na 16 boja dodavanjem četvrtog bita koji se koristi za osvetljaj. Ako je potreban veći broj boja, koriste se analogni RGB monitori, pri čemu se na izlazu svakog memorijskog polja koristi po jedan D/A konvertor za svaku boju.

Kolor tabele preslikavanja

I pored toga što je poželjno da se na grafičkom displeju prikaže veliki broj boja, najveći broj slika koristi relativno ograničeni izbor. Često da bi se na zadovoljavajući način rešio ovaj problem koriste se kolor tabele preslikavanja čija instalacija u značajnoj meri smanjuje potrebe za kapacitetom memorije ekrana. Na slici 6.67 prikazan je sistem koji koristi kolor tabele preslikavanja. Tabela preslikavanja se sastoji od veoma brzog RAM-a u kome se informacija upisuje programski od strane aplikacionog programa (ovaj detalj nije prikazan na slici 6.67).



Sl. 6.67.

Tabelom preslikavanja prevode se "kolor brojevi" iz memorije ekrana u RGB podatke za DAC-ove (Digitalno Analogne konvertore). U primeru sa slike 6.67, četiri bita memorije ekrana se koriste za svaki piksel. Na ovaj način, samo 16 različitih boja se može istovremeno prikazivati. Ipak ovih 16 boja nisu fiksne. Upisom željenih vrednosti u tabelama preslikavanja bilo koja od 4096 boja (nazvana paleta) se može dodeliti svakoj vrednosti od broja boje do 16. Ovakvo rešenje zahteva ugradnju znatno manje memorije. Tabela preslikavanja je memorija malog kapaciteta i ima 16 reči od po 12 bitova, ali treba da ima vreme pristupa koje je kraće od vremena trajanja jednog piksela.

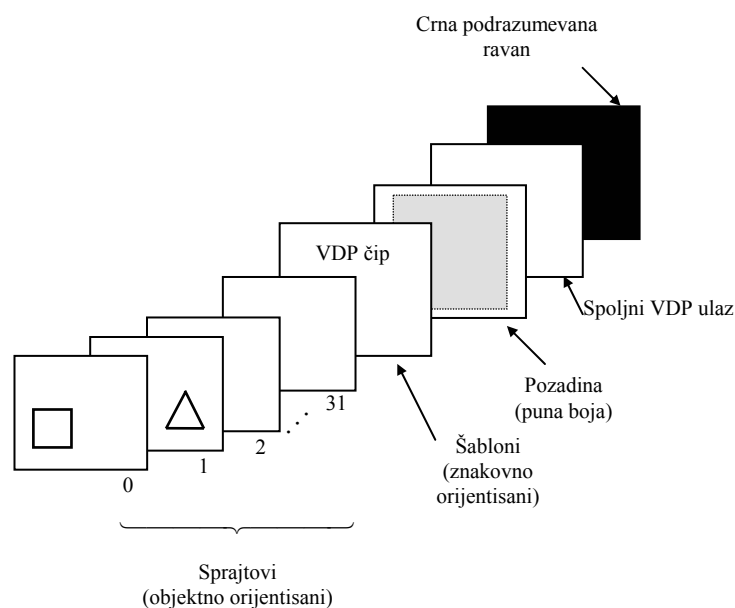
Generisanje grafičkih slika

Displeji koji rade na principu bit-preslikavanja (*bit-mapped*) su veoma fleksibilni, ali zahtevaju ugradnju izuzetno složenog softvera koji podržava njihov rad. Analizirajmo, na primer, šta je sve potrebno obaviti da bi se pomerio grafički objekat sa jedne pozicije, piksel po piksel. Ovo takođe zahteva zamenu boja pozadine na obrisanim pozicijama. Svaki piksel objekta mora se zatim upisati na novu lokaciju. Ove funkcije se često zovu "*raster ops*". Pomeranje bloka piksela, koji ne mora memorijski biti poravnat na bajtovskim granicama se često zove "*bit boundary block transfer*" ili "*bit-blit*" (tj. *bitblt*).

Ugradnjom specijalnog hardvera u CRT kontroler koji obavlja funkcije crtanja linija između dve tačke, crtanje kruga specficiranog radijusa i dr., zadaci sistema koji se odnose na crtanje mogu se u značajnoj meri ubrzati. U sistemima visokih performansi se često ugrađuju specijalizovane grafičke mašine koje predstavljaju veoma brze procesore.

Video displej generatori

Video displej generatori su CRT kontroleri fabrikovani na jedinstvenom čipu koji imaju veći broj funkcija u poređenju sa tipičnim CRT kontrolerskim čipovima. Veći broj njih može da radi u alfanumeričkom ili grafičkom načinu rada. Na svom izlazu generišu kompozitni video signal, a zatim, jedino spolja, zahtevaju ugradnju ekranske memorije. Nasuprot standardnim CRT kontrolerskim čipovima. Nasuprot standardnim CRT kontrolerskim čipovima, oni imaju ugrađenu na čipu logiku za prikaz tačaka i karakter generator. Ovi čipovi su programabilni ali često imaju ograničene mogućnosti. Tipičan predstavnik video displej generatora je TMS 9118. Ovaj čip je projektovan za korišćenje u kolor televiziji, i ima ugrađen veći broj funkcija koje imaju za cilj da smanje obradu i zahteve za ugradnju memorije kod sistema za animaciju (kao što su video igre). Rezolucije displeja je 256×192 i 15 boja plus podrška transparentnom načinu rada. Prikaz koji ovaj čip podržava može se zamisliti kao niz ravni, jedna iza druge, kao što je prikazano na slici 6.68.



Sl. 6.68.

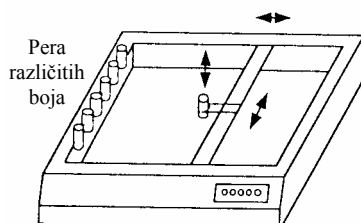
Ravni su poredane od prednje ka pozadini. Prve 32 ravni su objektno orijentisane ravni. Objekti se mogu definisati kao matrice formata 8×8 , 16×16 ili 64×64 piksela. Svaka ova ravan se može pomeriti bilo gde po ekranu promenom vrednosti registra koji ukazuje na poziciju tog objekta. Ravni su poredane po prioritetu, tako da jedna ravan preklapa drugu. Iza objektno orijentisanih ravni je ravan oblika. Ova ravan može raditi u nekoliko načina rada. Svi načini rada su blokovsko orijentisani (9918 ne koristi bit preslikavanje). U Graphics I i II načinima rada ekran se deli na 768 blokova sa po 8×8 piksela. U Graphics I načinu rada može se definisati 256 različitih oblika, a svaki oblik može koristiti samo dve boje. Graphics II je fleksibilniji način rada, jer dozvoljava 768 različitih blokova, svaki blok je jedinstven, a koristi se veći broj boja. Iza karakter orijentisane ravni nalazi se "backdrop" ravan koja se može postaviti na bilo koju boju. Ova ravan obuhvata celu površinu ekrana tako da se može koristiti kao kolor ivica prethodnim prikazima.

6.6. Ostali izlazni uređaji

6.6.1. Ploteri

Štampači i ploteri su uređaji koji se koriste za pravljenje trajnih kopija (hardcopy) izlazne informacije računara. Ploteri se, u zavisnosti od tehnika koje se koriste za crtanje po medijumu za zapis, mogu podeliti na sledeće dve klase:

- **Ploteri koji koriste vektorski način zapisa** - karakterišu se kao uređaji koji generišu slike pomoću niza diskretnih ili povezanih vektora (linija). Vektorski ploteri za crtanje najčešće koriste pera. Pero se dovodi u kontakt sa papirom. Crtanje linija se vrši pomeranjem pera. Kada se linija iscrta pero se podiže i pomera na novu lokaciju gde je potrebno crtati novu liniju. Ne postoji redosled po kome se crtaju linije. Zbog toga, mehanizam za pokretanje po X i Y osi mora biti dvosmeran, a ploter sposoban da se vrati na poziciju kojoj je prethodno pristupao i docrta (nacrt) vektor preko one linije koju je već prethodno nacrtao. Brzina kretanja pera je ≈ 20 inča/s. Na slici 6.69 prikazan je izgled jednog vektorskog plotera sa 6 boja.



Sl. 6.69. x-y ploter.

Vektorski ploteri koji koriste pera obično mogu crtati po papiru ili filmu. Kao materijal za crtanje se koristi mastilo. Obično se pera ređaju, kao što je prikazano na slici 6.69, u karusel.

- **Ploteri koji za zapis koriste raster tehniku** - najvažnija razlika u odnosu na vektorske plotere ogleda se u načinu crtanja. Kod plotera koji koriste raster tehniku crtanje slika se obično izvodi generisanjem niza tačaka umesto linija. Ova tehnika slična je tehnici polutoniranja koja se koristi za štampanje novina, a vizuelni sistem čoveka integriše tačke u sliku. Tačke se mogu kreirati pomoću velikog broja različitih tehnika. Jedan od načina je aktiviranje pinova glave za štampanje na tačkasto-matričnom štampaču prilikom prolaska glave iznad papira. Druga je da se kreiraju tačke koristeći se kserografskom tehnikom kao što se izvodi kod elektrostatičkih štampača. U oba slučaja, crtaju se tačke na papiru prilikom analize papira po X osi (po X osi se pomera glava matričnog štampača). Analiza može biti elektronska ili mehanička. Papir se, nakon toga, pomera po Y osi na narednu analizatorsku liniju. Važna karakteristika je ta da se papir pomera samo u jednom smeru. Drugim rečima, raster ploter mora da poznaje svaki detalj u slici pre nego što počne crtanje, jer ne postoji mogućnost povratka nazad i crtanje jedne linije preko druge. Ovo zahteva da se proces konverzije vektor→raster obavi nad sadržajem cele slike a nakon toga crtanje slike može da počne. Ova aktivnost se obično izvodi softverski u glavnom (host) računaru ili u specijalno projektovanom hardveru. Prednost raster procesa je ta što je vreme crtanja slike nezavisno od toga da li je slika složena ili ne (tj. sadrži veliki ili mali broj linija, označene površine ili ne).

Postoje dva pitanja koja treba sagledati kada se analiziraju ploteri, a to su:

- Koliko inteligencije treba ugraditi u ploter - pitanje lokalne inteligencije uključuje veliki broj faktora, neki od tih su:

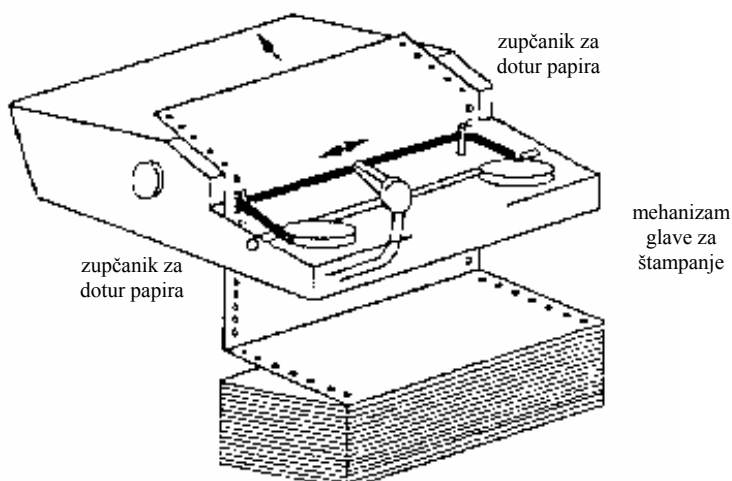
- kod elektrostatičkih plotera se koristi napon od 600V za nanošenje tonera na papir, pa postoji opasnost kontakta operatera sa ovim naponom;
- da se ne dozvoli operateru nekorektno rukovanje čime se može oštetiti ploter;
- da operater prekine crtanje ako ono ne ide kako valja;
- obezbediti operateru da sprovede proceduru samotestiranja plotera, čime se mogu izolovati neke greške;
- obezbediti mogućnost operateru da prekine rad plotera ako se vrši iscrtavanje na površinama gde ne postoji papir.
-
- Kako ploter treba da komunicira sa aplikacionim softverom glavnog računara - najčešće se sprega ploter↔glavni računar ostvaruje preko serijske komunikacione linije. Ovakav tip komunikacije nalaže da ploter ima ugrađen veliki memorijski bafer koga host jedanput puni, a zatim prelazi na obavljanje drugih aktivnosti.

Faktori koji utiču na kvalitet plotera su:

- medijum za crtanje (papir, film)
- površina za crtanje (A0, A2, A4)
- rezolucija (500 tačaka/inču kod raster plotera je dobra, a 200 tačaka/inču je nezadovoljavajuća za kvalitetno crtanje)
- tačnost (važna je kod crtanja štampanih ploča i vođenje određenih tehnoloških procesa)
- potreba za korišćenjem većeg broja pera i postizanje zasićenja boja
- senčenje i popunjavanje površina
- nivo korisničke intervencije da bi se podržavao rad plotera
- nivo podrške host računara za uspešan rad plotera
- pouzdanost
- cena
- vreme crtanja i kvalitet - dva važna kriterijuma za x-y plotere koji rade sa promenom pera
- vreme odziva (brzina i ubrzanje) - imaju veoma važan uticaj na ukupno vreme crtanja. Brzina pera je veoma kritična kod crtanja pravih dugih linija i popunjavanja velikih površina. Vreme ubrzanja pera je veoma kritično kod crtanja oštih krivih linija i kratkih nepovezanih linija.

6.6.2. Štampači

Štampači se koriste za dobijanje izlaza iz računara na izlaznom medijumu, najčešće papiru u štampanoj formi. Takav oblik izlaza, koji se naziva "*hard copy*", pristupačan je korisnicima za korišćenje na neograničeno.



Sl. 6.70. Opšti izgled serijskog štampača.

Pre štampanja, sve binarne informacije moraju se dekodirati. Kao rezultat dekodiranja informacija dobijaju se signali kojima se upravlja tipografskim simbolima štampača. Tehnologija nanošenja "mastila" na papir u cilju formiranja željenih oblika ili znakova (tj. štampanja) može se ostvariti korišćenjem velikog broja različitih

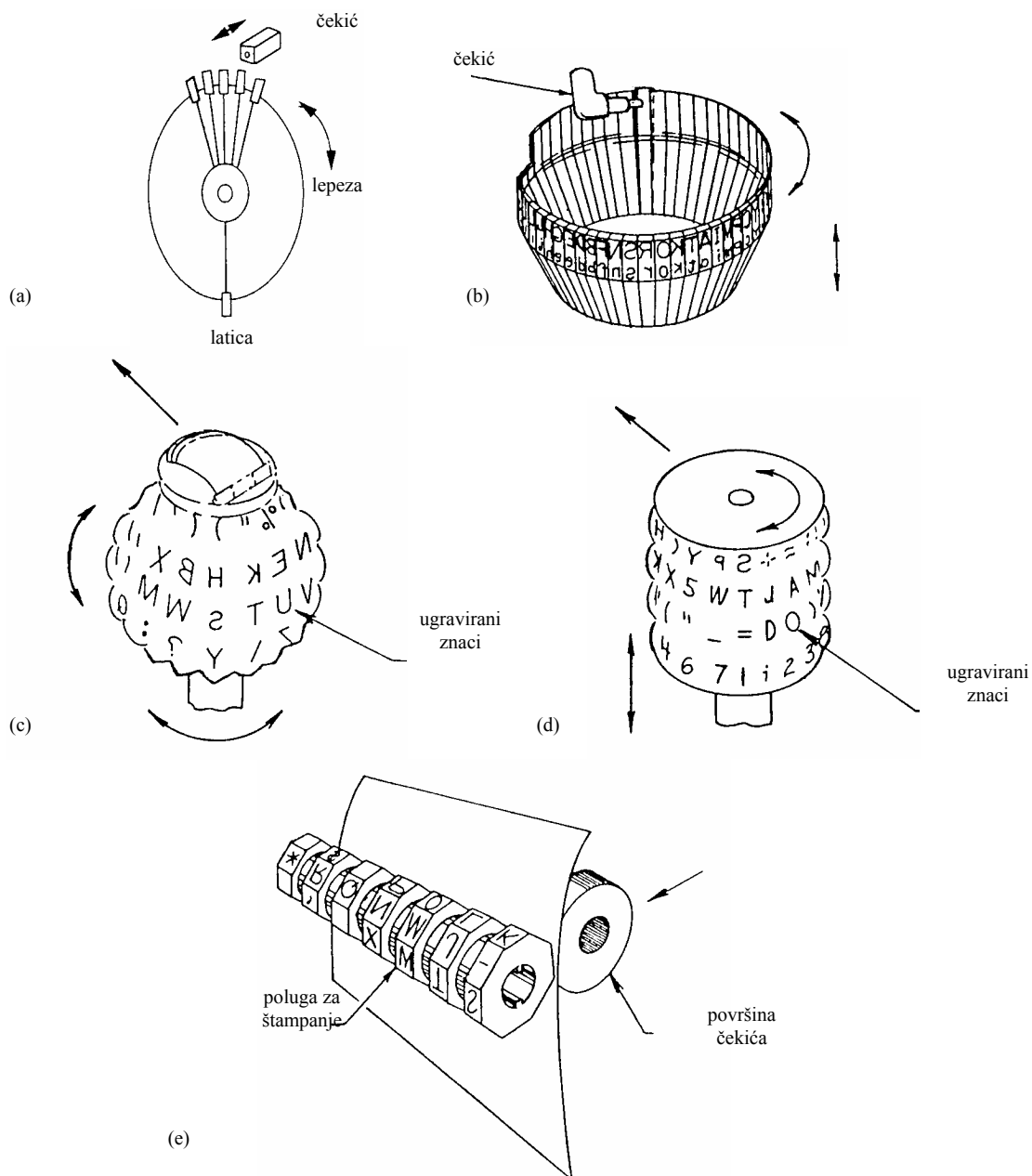
tehnologija štampanja, od kojih se svaka može koristiti u različitim konfiguracijama. Postoji više vrsta štampača ali uglavnom se oni mogu ravnopravno klasifikovati na jedan od sledeća tri načina:

- serijski i linijski štampači
- štampači koji rade na udarac ili ne (*impact* ili *non-impact*)
- tačkasti ili sa formiranim znakovima (*dot matrix* i *fully-formed (engraved) character*). Štampači sa formiranim znakovima često se zovu i "letter-quality" štampači.

6.6.3. Serijski štampači

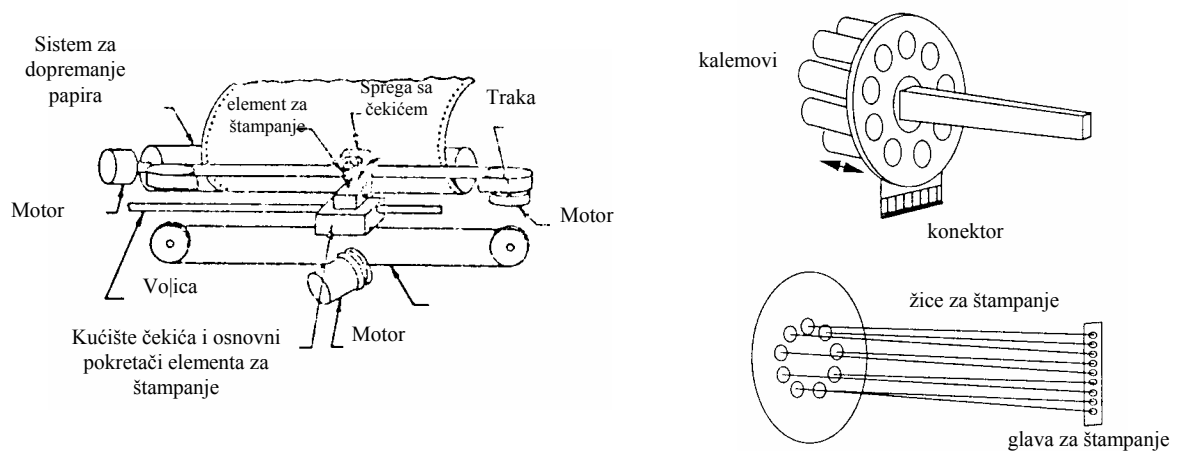
Štampaju znak po znak, tj. jedan znak u jednom ciklusu. Ovi štampači se obično realizuju na principu:

- rotirajućeg mehanizma za štampanje koji se realizuje u obliku: lepeze, kupe, glave, cilindra, poluge (kada se kod štampanja koristi formirani znak).



Sl. 6.71. a) Serijski štampač sa lepezom. b) Serijski štampač sa kupom. c) serijski štampač sa loptom. d) Serijski štampač sa cilindrom. e) Serijski štampač sa polugom.

- mehanizam za štampanje sa translatorsnim pomeranjem - tipični štampači ovakvog tipa su: matrični štampači (slika 6.70. i slika 6.72), termički i dr.



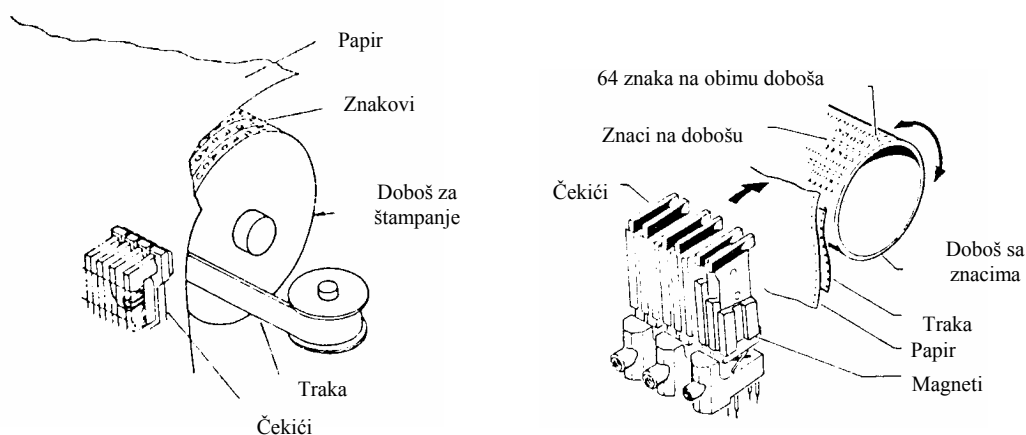
Sl. 6.72. Mehanizam za štampanje kod matričnog štampača sa izgledom glave za štampanje

Princip rada ovih štampača objasnićemo na primeru štampača sa lepezom. U toku procesa štampanja, točak sa lepezom koji je montiran na nosač pomera se levo i desno (preko papira) pomoću koračnog (step) motora. Na poziciji gde treba štampati znak, dok se nosač još nalazi u kotinualnom kretanju, točak sa lepezom se rotira (pomoću drugog koračnog motora) tako da se znak koji treba da se štampa pozicionira na mestu ispred čekića. Kada je točak pozicioniran, on se zaustavlja, aktuator se pobuđuje, čekić se pomera i udara savitljivi list lepeze. Na listu lepeze je izgraviran znak koji se otiskuje. List lepeze udara na obojenu (mastiljavu) traku koja se nalazi ispred papira, čime se na papiru stvara vidljivi otisak otkucanog znaka. Sa tačke gledišta realizacije, u štampač je ugrađen veći broj (četiri) koračnih motora ili jednosmernih (DC) servomotora: jedan za pozicioniranje lepeze, drugi za pomeranje mehanizma za štampanje, treći za pomeranje papira, a četvrti za okretanje trake za štampanje.

Brzina štampanja serijskih štampača je mala i kreće se od 10 znakova u sekundi (cps) do 60 znakova u sekundi (cps), ali je kvalitet štampanja dosta dobar. Zbog niske cene ovi štampači dominiraju na svetskom tržištu.

6.6.4. Linijski štampači

Linijski štampači ili paralelni štampači slični su serijskim štampačima sa bubnjem, sa tom razlikom što svako mesto za štampanje sadrži čekić (slika 6.73).

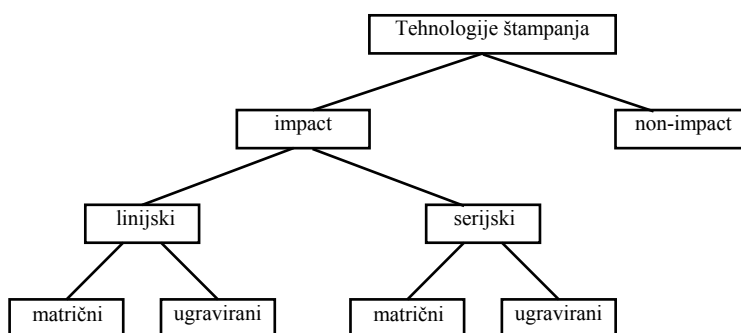


Sl. 6.73. Štampač sa dobošem.

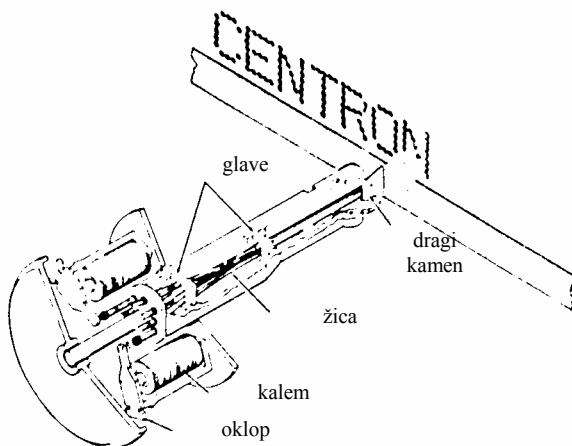
Kao što se vidi sa slike 6.73, postoji onoliko segmenata na bubnju koliko ima znakova za kucanje u redu (liniji). Kod ovog štampača u toku procesa štampanja okreće se svaki segment bubnja na kome su izgravirani svi znakovi. Nakon što se svi segmenti bubnja okrenu aktiviraju se svi čekići i ođednom se štampa ceo red (linija). Na ovaj način se dobija na brzini (nema potrebe za pozicioniranje čekića od jednog do drugog mesta za štampanje). Obično linijski štampač sadrži od 120-134 tipografskih simbola u jednom štampanom redu, a brzina štampanja se kreće od 300-2000 redova u minuti.

6.6.5. Štampači koji rade na udarac (*imapct*) i bez udarca (*non-impact*)

Kod "*impact*" štampača (slika 6.74) oblik znaka se ostvaruje udarcem tipografskog simbola na mastiljavu traku koja zatim stvara otisak na papiru. Svi štampači sa formiranim znacima (*engraved* ili *fully formed*) su "*impact*" tipa. Tačkasti (*dot-matrix*) štampači se izrađuju kao "*impact*" i "*non-impact*". Tačkasti "*impact*" štampači rade na sledećem principu (slika 6.75).

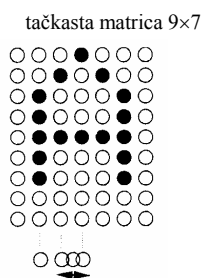


Sl. 6.74. Različite tehnologije štampača.



Sl. 6.75. Tačkasti *impact* štampač.

Svaki znak se štampa u matričnoj formi (slika 6.76).



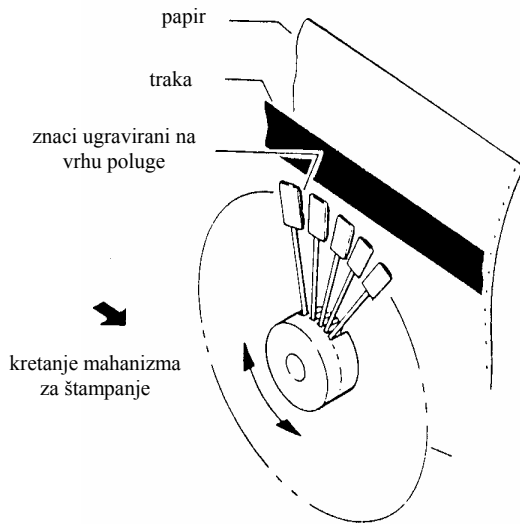
Sl. 6.76. Formiranje znaka korišćenjem tačkaste matrice.

U jednom trenutku istovremeno se štampa cela kolona znaka. Glava za štampanje (slika 6.75) sastoji se od iglica (žica) koje se aktiviraju pomoću odgovarajućih solenoida. Aktivirane iglice vrše pritisak na obojenu traku i na taj način se stvara otisak. Svaka iglica generiše jednu tačku na papiru. Kolona iglica, koja se zove glava za štampanje, pomera se preko papira čime se generiše tekst. Brzina tačkastih štampača je obično 80-300 znakova u sekundi (cps) a njihova cena nije tako visoka.

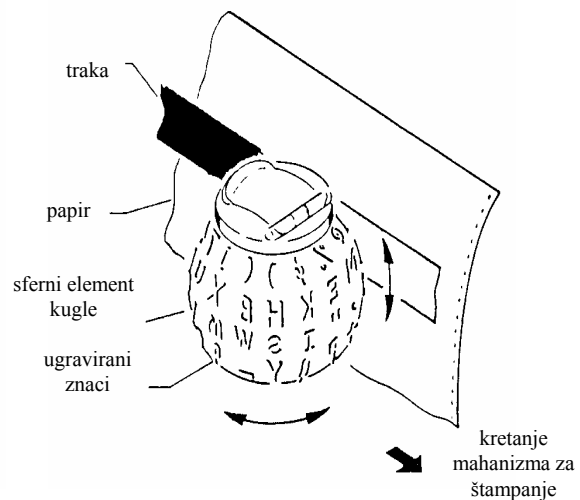
"Impact" štampači poseduju mehanizam za zadavanje udarca koji može biti sa:

- prednje strane (*front striking*)
- zadnje strane (*rear striking*)

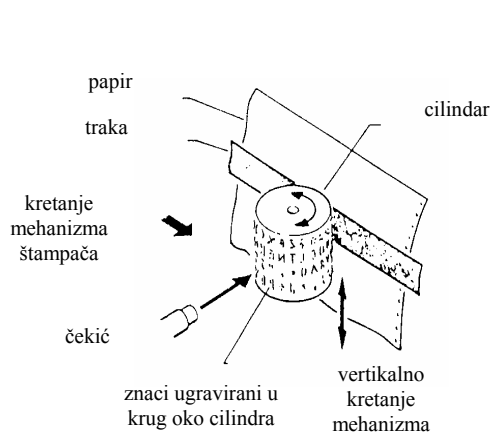
Kod "front striking" tehnike tipografski znak ili matrični pinovi udaraju traku koja se nalazi ispred papira pa se na taj način formira slika. Način formiranja znakova kod "front striking" tehnike prikazan je na slici 6.77 a, b, c i d.



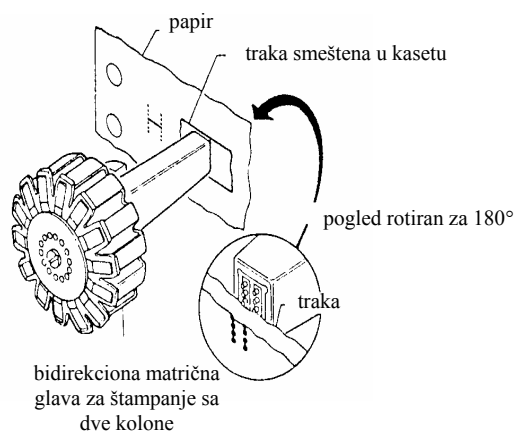
Sl. 6.77. (a) Štampač sa lepezom.



Sl. 6.77. (b) Štampač sa kuglom.



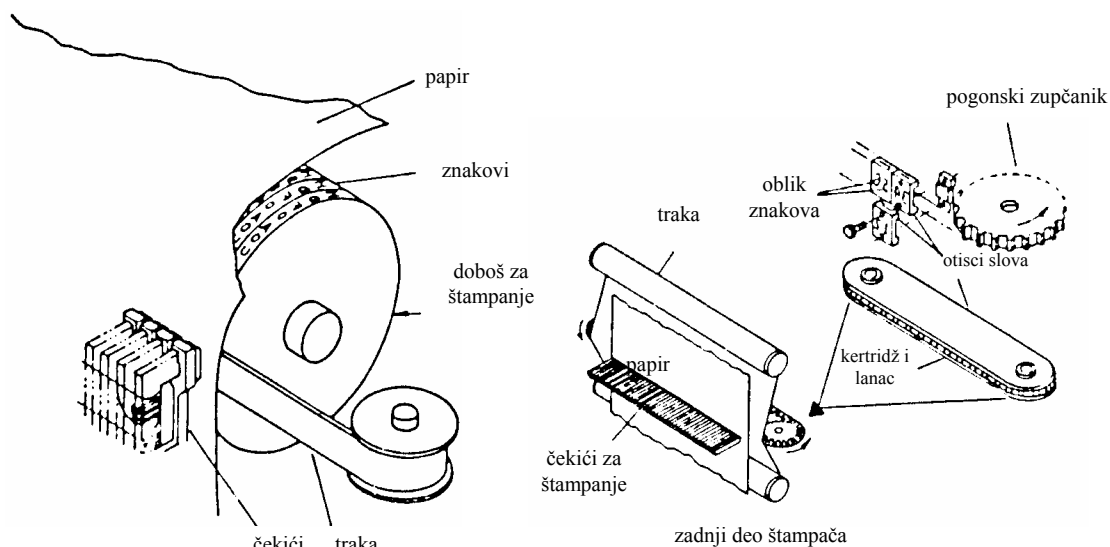
Sl. 6.77. (c) Štampač sa cilindrom.



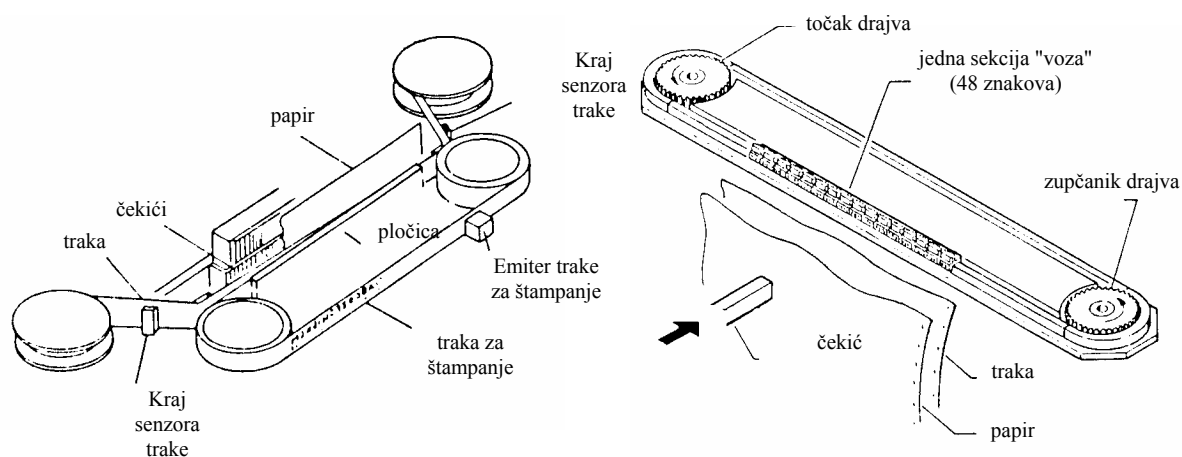
Sl. 6.77. (d) Impact matrični štampač.

Zbog relativno velike inercije mehaničkih elemenata na kojima se nalaze tipografski simboli (glava, lepeza, cilindar itd.) brzina štampanja je obično ispod 60 znakova/sekundi. Sa matričnom glavom (slika 6.77d) može se postići brzina od 300 znakova/sekundi. Postoje i linijski štampači koji rade na principu "front striking" i kod njih se postiže brzina od 2000 linija/minuti.

Kod "rear striking" štampača mehanizam sa čekićem pritiska traku nasuprot kucanom znaku i na taj način se formira slika. Ovakav način formiranja znakova prikazan je na slici 6.77e, f i g. Brzina ovih štampača je u opsegu od 100 do 3000 linija/minuti.

Sl. 6.77. (e) *Rear striking* štampač sa cilindrom.

Sl. 6.77. (f) Uređaj sa znacima na lancu.



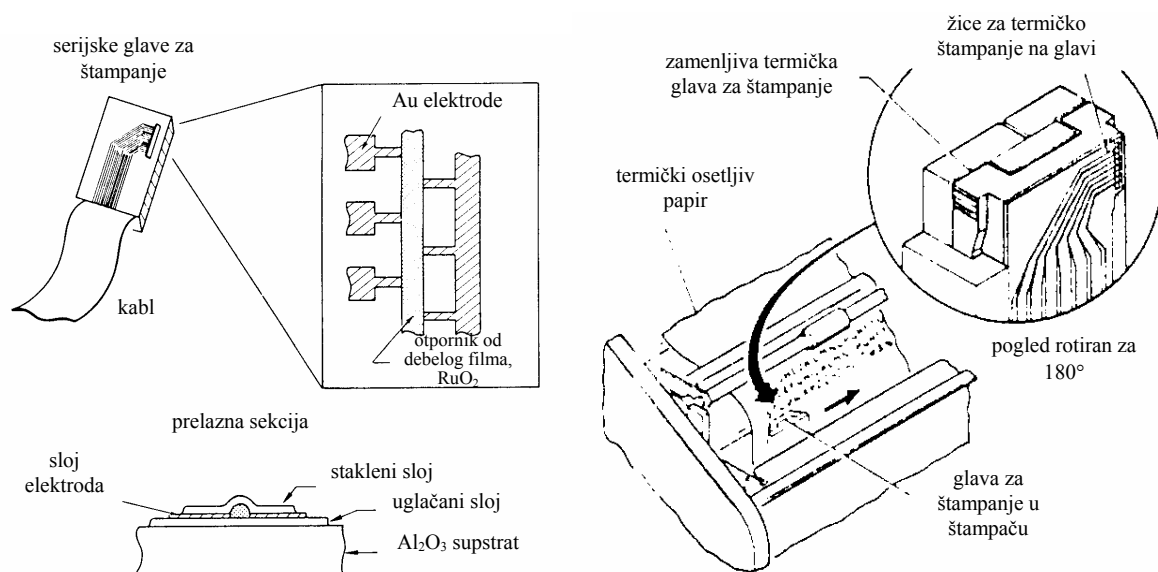
Sl. 6.77. (g)

6.6.6. Štampači koji rade bez udarca

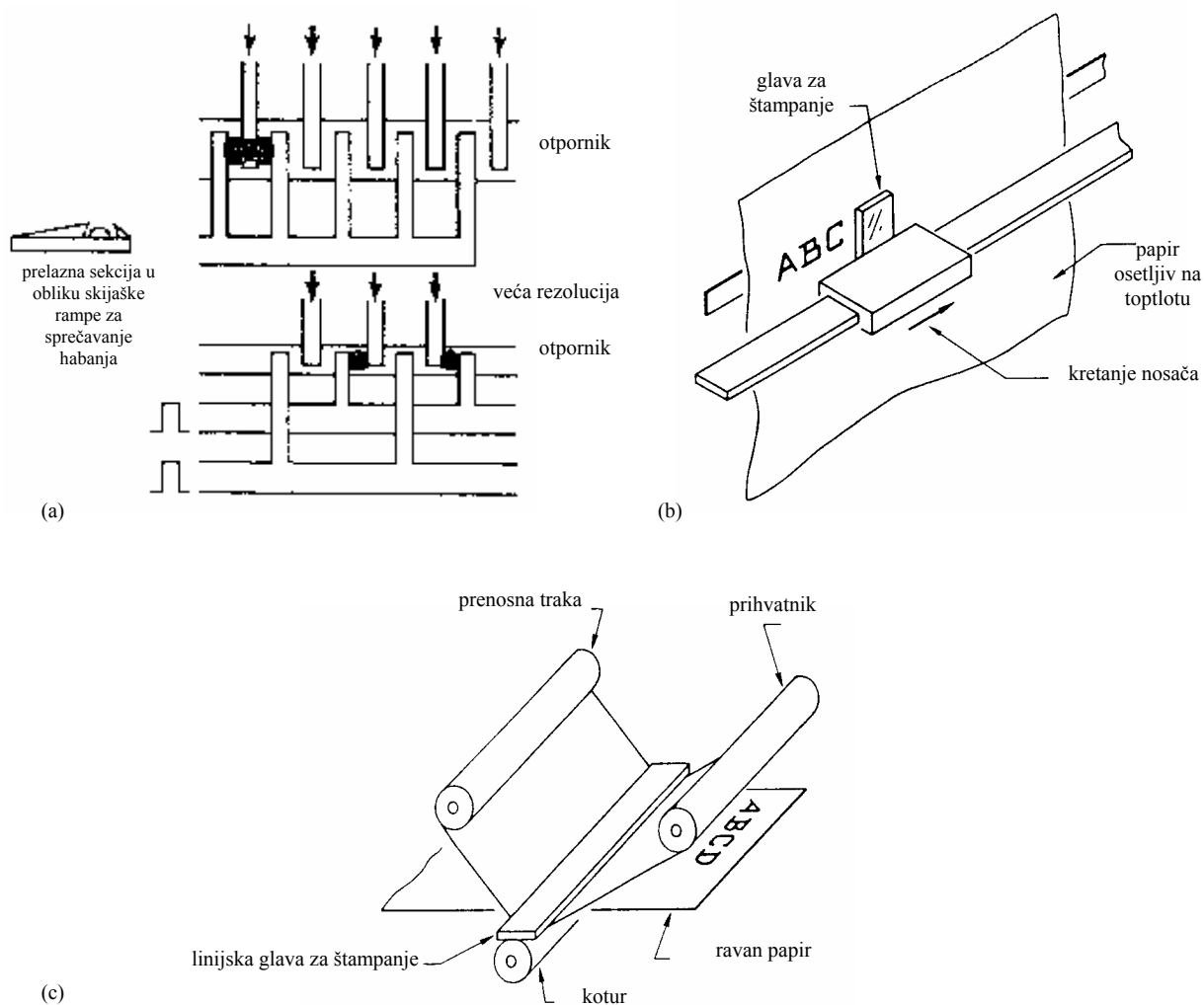
Za realizaciju "*non-impact*" štampača koriste se različite tehnologije koje su zavisne od tipa korišćenog papira. Osnovna osobina svih "*non-impact*" štampača je njihova bešumnost u radu. Najjednostavniji štampači iz ove grupe su termički štampači. Glavu za štampanje (slika 6.78) čine elementi tipa otpornika koji se zagrevaju, a oslobođenom toplotom sagoreva se tačka na površini papira.

Papir za termičko štampanje se proizvodi specijalnim hemijskim postupcima kako bi se stvarale crne površine na onim mestima gde dolazi do kontakta glave i papira. Termički štampači se skoro uvek proizvode kao tačkasto matrični štampači. Glavu za štampanje obično čini kolona otpornih elemenata koja se pomera duž papira i stvara oblike simbola (slika 6.79).

Neki štampači (termički i *impact*) imaju glavu za štampanje koja je veličine širine papira (slika 6.79c). Ovakvi štampači se dosta brzi i vrše kvalitetno štampanje, jer štampaju sve tačke u liniji istovremeno, a pri tome se glava za štampanje ne pomera. Štampač sa slike 6.79c možemo svrstati u grupu štampača koji rade na principu termičkog prenosa (*thermal transfer*). Traka se pravi od specijalne plastične materije presvučena pigmentom. U trenutku kada se traka zagreva pigment se prenosi na papir. Na ovaj način se ostvaruje velika brzina štampanja, mala šumnost, a za štampanje se koristi običan papir.



Sl. 6.78. Levo je uvećani izgled strukture termičkog elementa i prelazna sekcija serijske glave u tehnologiji debelog filma. Desno je izgled termičkog štampača.



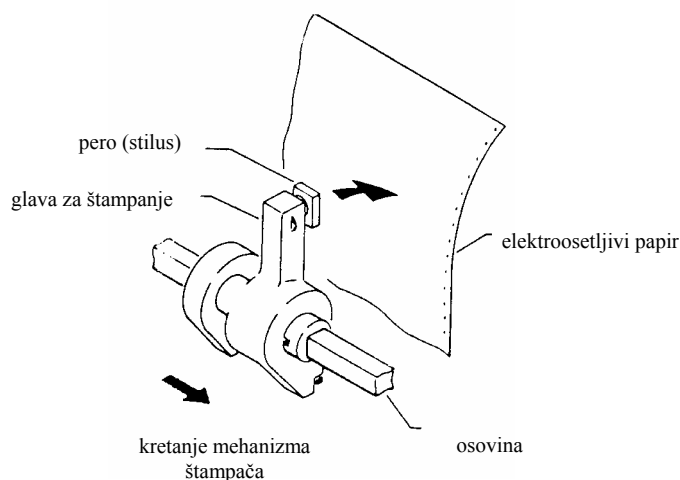
Sl. 6.79. (a) Struktura otporničkih elemenata. (b) Termički serijski štampač. (c) Linijski termički štampač.

Elektroosetljivi "non-impact" štampači

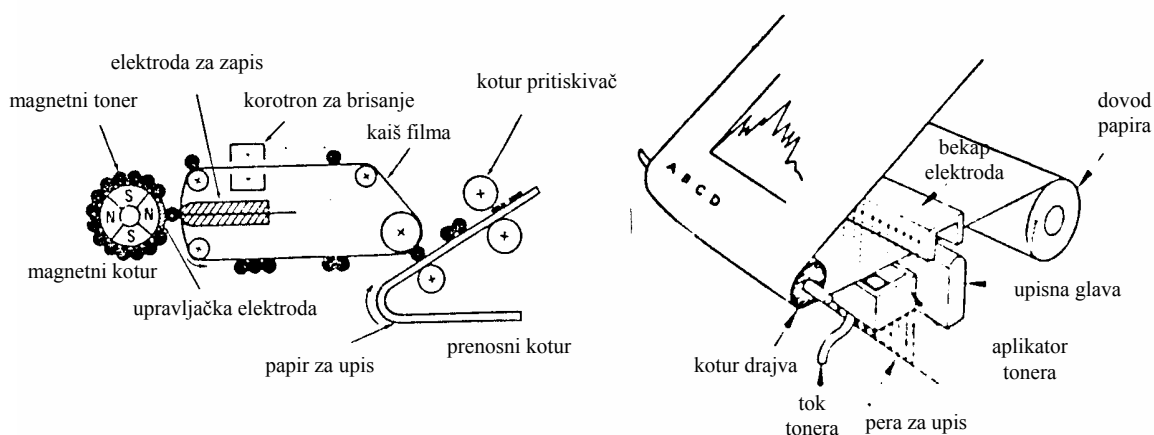
Kod ovih tipova štampača koristi se papir koji je presvučen tankim slojem metala, tj. za papir kažemo da je elektroosetljiv. Kada se na papir dovede napon dolazi do nagorevanja papira (papir postaje crn). Napon se selektivno dodvodi na glavu štampača koja se obično koristi za matrično štampanje. Pomeranjem glave preko papira, naravno uvek uz različitu pobudu, formiraju se znaci na papiru. Na slici 6.80 prikazan je oblik elektroosetljivog štampača.

Elektrostatički "non-impact" štampači

Kod ovog tipa štampača specijalno presvučeni dielektrički papir prolazi ispod polja iglica u obliku stilusa. Na iglice se selektivno dovodi napon pa se znaci na papiru formiraju kao naelektrisane tačke. Papir nakon toga prolazi kroz toner pri čemu naelektrisane oblasti privlače crne čestice. Princip rada jednog elektrostatičkog "non-impact" štampača prikazan je na slici 6.81.



Sl. 6.80. Elektroosetljivi štampač.



Sl. 6.81. Elektrostatički štampač.

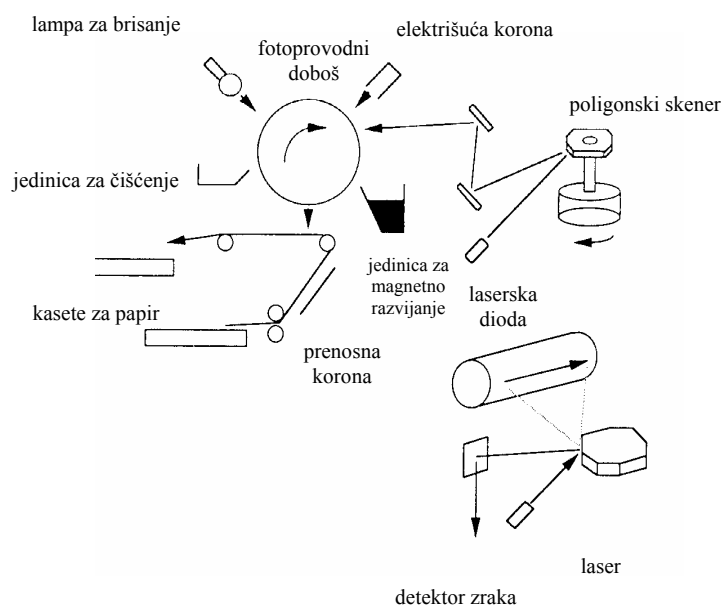
Elektrofotografsko štampanje

Elektrofotografija kao tehnologija je početno bila razvijena za potrebe fotokopiranja, a kasnije, zahvaljujući razvoju laserskih štampača, koristi se i za štampanje teksta, grafika i digitalnih slika. Elektrofotografski štampači odlikuju se izvrsnim kvalitetom štampanja, nisu šumni, relativno su brzi a imaju mogućnost štampanja kako slika tako i tekstova.

Elektrofotografija je kompleksan višestepeni proces kod koga se u procesu štampanja koristi sledećih šest koraka:

1. Naelektrisanje - fotoprovodna površina se izlaže "korona" razelektrisanju da bi se nakon toga uniformno naneo elektrostatički tovar na fotoprovodnu površinu.
2. Ekspozicija - naelektrisana fotoprovodna površina se ekspozira svetlećem snopu odgovarajuće talasne dužine i na taj način se vrši selektivno razelektrisanje. Ako se razelektrisanje javlja na onim oblastima koje će u konačnoj štampanoj verziji biti bele proces se zove naelektrisana oblast (CAD - charged area) ili direktno razvijanje. Ako se razelektrisanje javlja na onim oblastima koje će se štampati kao crne, proces se zove razelektrisana oblast (DAD - discharged area) ili inverzno razvijanje. Kod elektrofotografskih štampača sreću se obe tehnike razvijanja.
3. Razvijanje - čestice crnog tonera pomoću elektrostatičkih ili elektromagnetnih sila prenose se u blizinu fotoprovodne površine. Čestice tonera se elektrostatički privlače na odgovarajuću fotoprovodnu površinu, pa se na taj način razvija latentna slika (oni delovi površine koji nisu bili razelektrisani).
4. Prenos - vrši se prenos razvijene slike sa fotoprovodne površine na deo papira koji kontaktira sa fotoprovodnom površinom.
5. Sagorevanje - slika preneti na papir se fiksira pomoću pritiska, zagrevanja ili pare za rastvaranje.
6. Čišćenje - čisti se površina fotoprovodnog bubnja od ostataka tonera pomoću oštrog grebala, četkice ili na neki drugi način, kako bi sistem bio sposoban da nastavi sa sledećim ciklusom (štampanje naredne stranice).

Laserski elektrostatički štampači zbog izuzetnog kvaliteta štampanih kopija zadnjih godina nalaze sve veću primenu. Na slici 6.82 prikazana je interna konstrukcija tipičnog laserskog štampača.

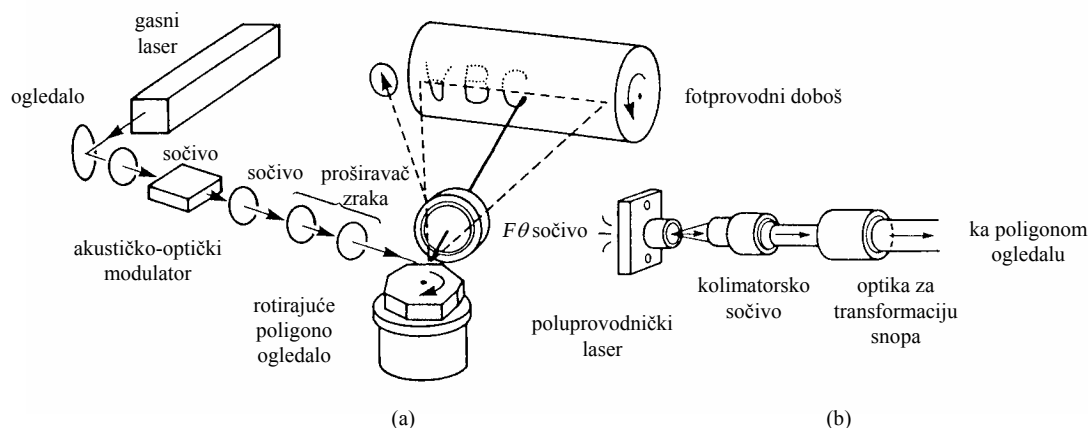


Sl. 6.82. Mehaniizam za štampanje laserskog štampača.

Poluprovodnički laser usmerava snop infracrvenog svetla na šestougaoni analizator. Pomoću ogledala snop svetlosti se usmerava na svetlosno osetljivi doboš. Kako doboš rotira vrši se raster analiza. Koronom naelektrisanja stvaraju se tačke sa pozitivnim naelektrisanjem na dobošu, koje se kontrolišu kada laserski snop padne na površinu doboša. Tačkasti oblici generisani od strane laserskog snopa formiraju kompletnu sliku stranice koju treba štampati. Kada bubanj prolazi pored tonera, čestice tonera se nanose na ona mesta na papiru koja su bila analizirana od strane lasera. Nakon toga papir pod pritiskom prolazi između dva valjka koji se zagrevaju na određenoj temperaturi. Pod uticajem temperature peku se čestice tonera, a pod uticajem pritiska vrši se njihovo čvršće vezivanje kako za papir, tako i između sebe.

Najveći broj elektrofotografskih štampača u današnje vreme koristi lasersku glavu za štampanje. Laser može biti tipa gasni laser (HeNe, HeCd i dr.) ili diodni laser (GaAs). Na slici 6.83 prikazane su dve verzije laserske glave za štampanje.

Kako se gasni laser ne može brzo uključivati i isključivati potrebno je ugraditi neka spoljna sredstva pomoću kojih se vrši prekidanje svetla. Ova se uobičajeno izvodi korišćenjem akustičko-optičkog modulatora. Modulator se sastoji od piezoelektričnog pretvarača koji je nanesen na transparentni materijal čiji je indeks prelamanja izuzetno osetljiv na pritisak. Kada akustičke talase dovedemo u transparentni medijum, dolazi do periodičnih oscilacija u indeksu prelamanja, a to uslovljava različito skretanje elektronskog mlaza. Modulacija laserskog snopa postiže se uključivanjem ili isključivanjem akustičkih talasa.



Sl. 6.83. Dve verzije laserske glave za štampanje. (a) Tipična glava za štampanje sa gasnim laserom. (b) Tipična glava za štampanje diodnog lasera.

Nasuprot gasnih lasera, diodni laseri se mogu direktno modulisati menjanjem struje diode pa shodno tome posebna modulacija nije potrebna.

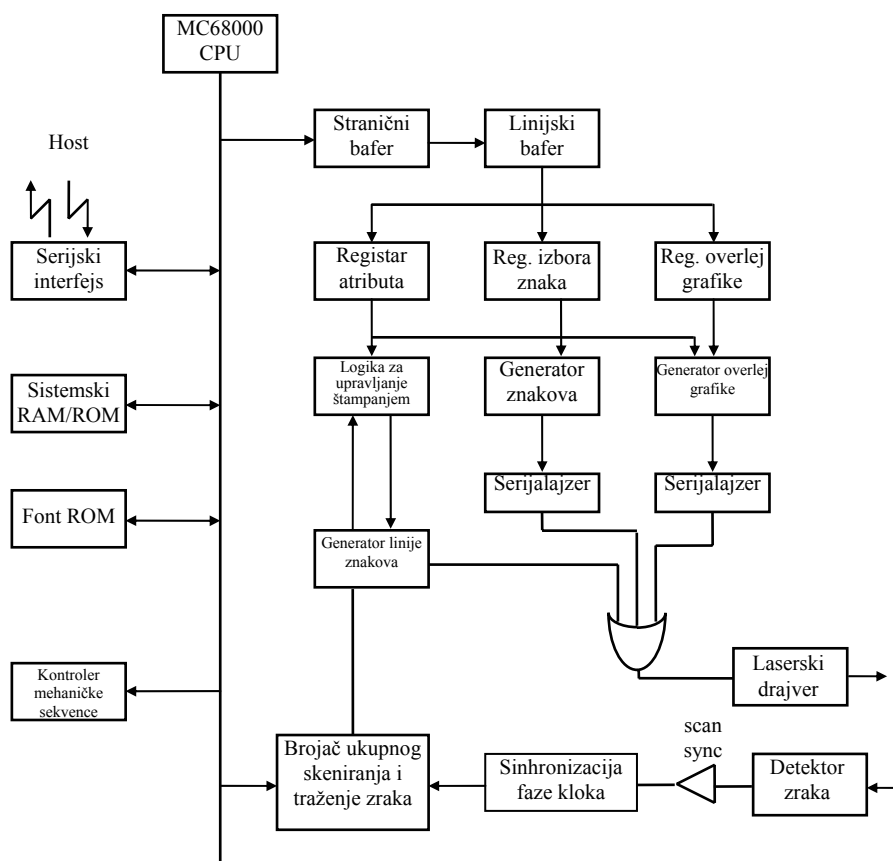
Nezavisno od toga da li se koristi gasni laser ili diodni laser, mlaz mora vršiti analizu fotoprovodne površine bubnja. Veliki broj metoda je bio korišćen da se ostvari ta analiza: rotirajuća poligonska ogledala, holografski analizatori, rezonantni i nerezonantni galvanometri i akustičko-optički modulatori. Trenutno, najčešće korišćeni sistem je rotirajuće poligonsko ogledalo. Kod takvog sistema (slika 6.83a) laserski snop pada na jednu od površina poligonskog ogledala i pada na fotoprovodnu površinu. Mlaz, nakon refleksije od površine ogledala, ima konstantnu linearnu brzinu, a to se izvodi pomoću F-Q sočiva.

Laserski štampači štampaju celu stranicu odjednom. Oni su znatno brži u odnosu na druge štampače. Interfejs štampača mora raspolagati sa dovoljno velikom memorijom kako bi se memorisali svi podaci o jednoj stranici. Kod alfanumeričkih štampača potrebna je memorija kapaciteta nekoliko hiljada bajtova. Kod grafike visoke rezolucije, neophodno je instalirati RAM kapaciteta većeg od 1MB. Pamćenje većeg broja fontova takođe zahteva ugradnju ROM-a ili RAM-a većeg kapaciteta (većeg od 1MB).

Tipični laserski štampač je Apple Laserwriter, koji koristi Canon lasersku mašinu, a upravljan je od strane 16-bitnog mikroprocesora MC68000. Struktura laserskog štampača prikazana je na slici 6.84.

U sistemu je instalirano 1,5MB RAM i 500kB ROM. Sprega hosta sa Laserwriter-om ostvaruje se preko 25-pinskog RS-232C ili 9-pinskog RS-422D tipa konektora, a baudova brzina prenosa informacije je 1200 ili 9600.

Stranice koje se štampaju na Laserwriter-u primaju se u formatu poznatom kao PostScript, konvertuju se u RAM prostoru štampača. ROM se koristi za čuvanje različitih fontova i PostScript definicija koje se prepoznaju od strane štampača (PostScript je jednostavan programski jezik interpretatorskog tipa koji ima ugrađene grafičke primitive, a koristi se da opiše oblik teksta, slika i grafičkog materijala na stranicama koje se štampaju. PostScript izvorni kod se obično generiše kao izlaz iz programa CAD ili programa za obradu teksta (*word processing*)).



Sl. 6.84. Struktura laserskog štampača.

Štampači sa ubrizgavanjem mastila (Ink Jet Printing)

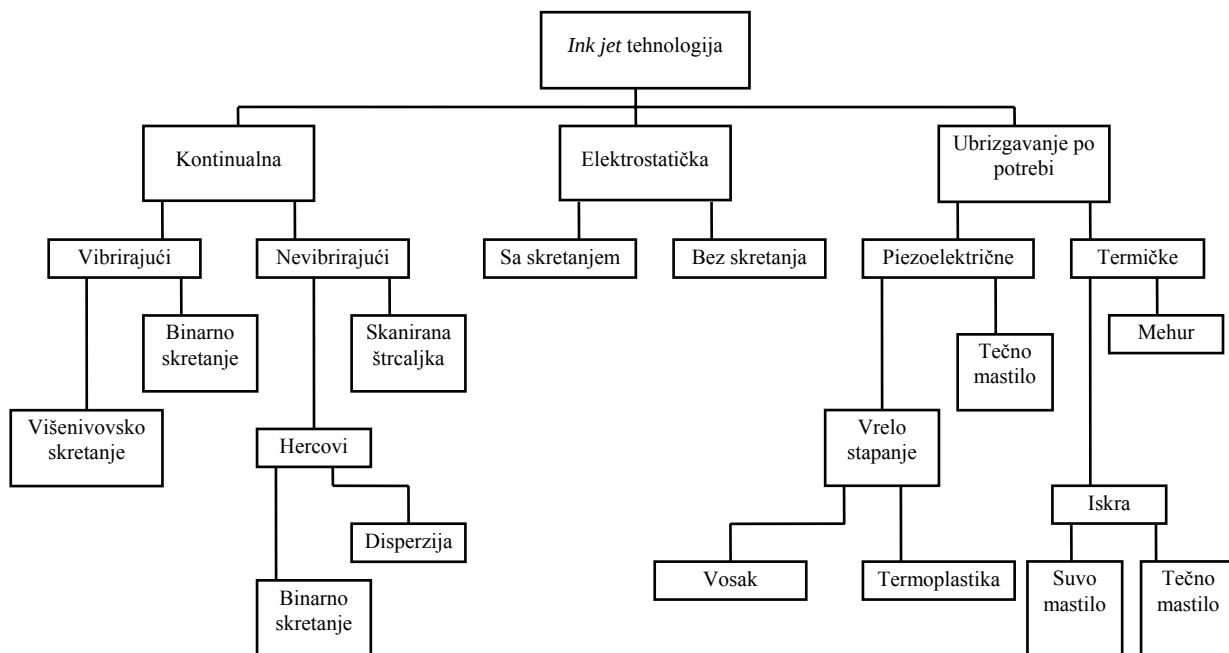
Drugi tip "non-impact" štampača su "ink-jet" štampači, koji rade na principu ubrizgavanja mastila na papir. Mastilo se cepa na serijski niz kapljica, a za izbacivanje tačkica i njihovo nanošenje (prskanje) na željeno mesto na papiru koriste se različite tehnologije. Naime, iz rezervoara se uzimaju male količine mastila, konvertuju se u tačkice i prenose kroz vazduh prema medijumu za štampanje dovođenjem odgovarajućih fizičkih sila.

Kod nekih sistema poznatih kao kontinualni "ink-jet", formiraju se kapljice velikom brzinom, čak i kada ne postoje zahtevi za štampanje. U trenutku kada se izda zahtev za štampanje selektovane kapljice usmeravaju se prema medijumu za štampanje (papiru) pomoću elektrostatičkih ili elektromagnetnih sila. Druga klasa ovih štampača se zove ubrizgavanje po potrebi (*drop-on-demand*), tj. kapljice se formiraju samo po potrebi. Sile koje se koriste za kreiranje i transport kapljica mogu biti mehaničke, elektrostatičke, magnetne ili termičke.

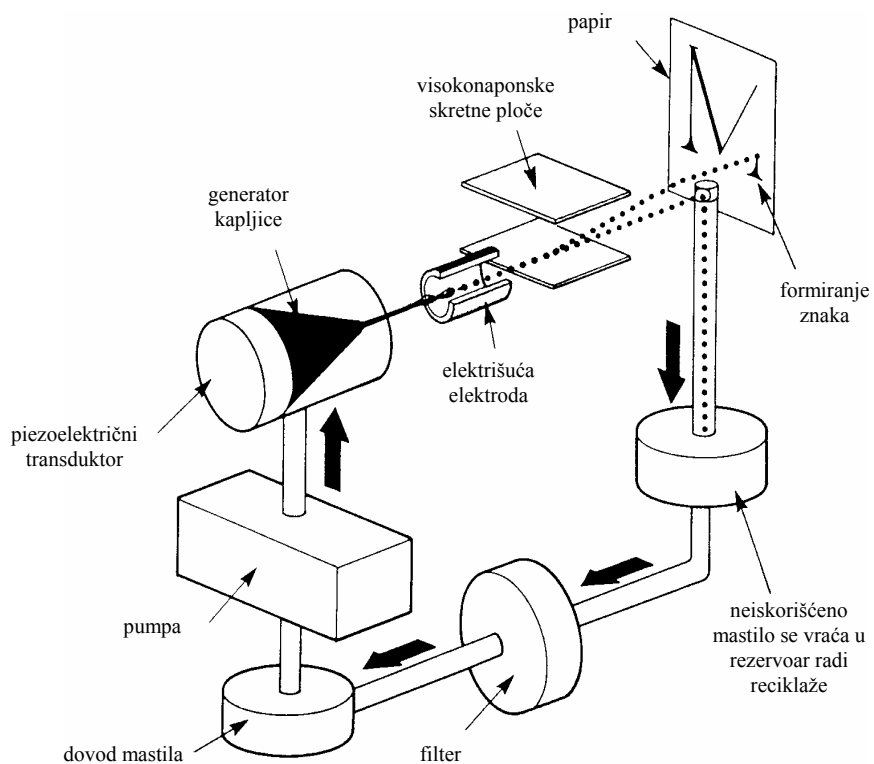
Na slici 6.85 dat je detaljniji prikaz koji se odnosi na podelu i klasifikaciju "ink-jet" štampača.

Kontinualni "Ink-Jet" štampači

Na slici 6.86 prikazan je princip rada kontinualnog "ink-jet" štampača koji radi na principu skretanja sa većim brojem nivoa (*multilevel-deflected*) (slika 6.85). Uniformne kapljice se stvaraju periodičnim perturbacijama mastila, a to se tipično ostvaruje piezoelektričnim pretvaračem. Kapljice se elektrišu pomoću elektrode za naelektrisanje, a zatim se vrši njihovo skretanje pomoću skretnih ploča koje se nalaze na visokom potencijalu. Skretanje kapljica, tj. njihovo pozicioniranje na papiru za štampanje srazmerno je potencijalnoj razlici između skretnih ploča. Nenaelektrisane kapljice skupljaju se i ponovno vraćaju u rezervoar.

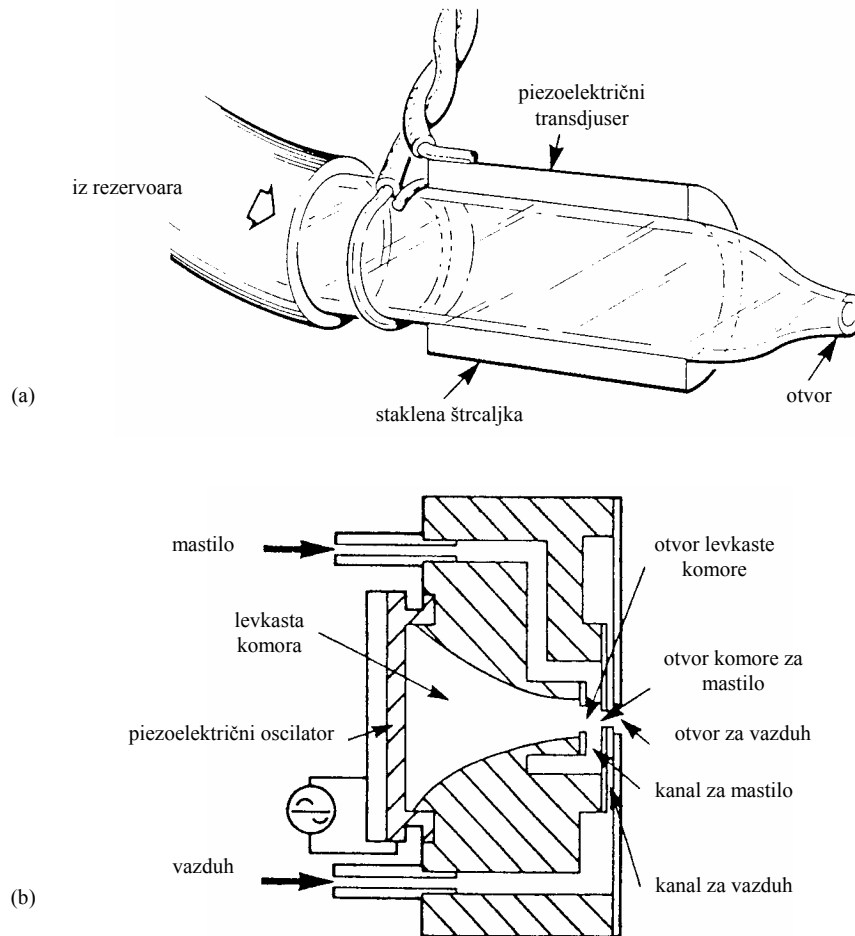


Sl. 6.85. Klasifikacija Ink-jet tehnologija.

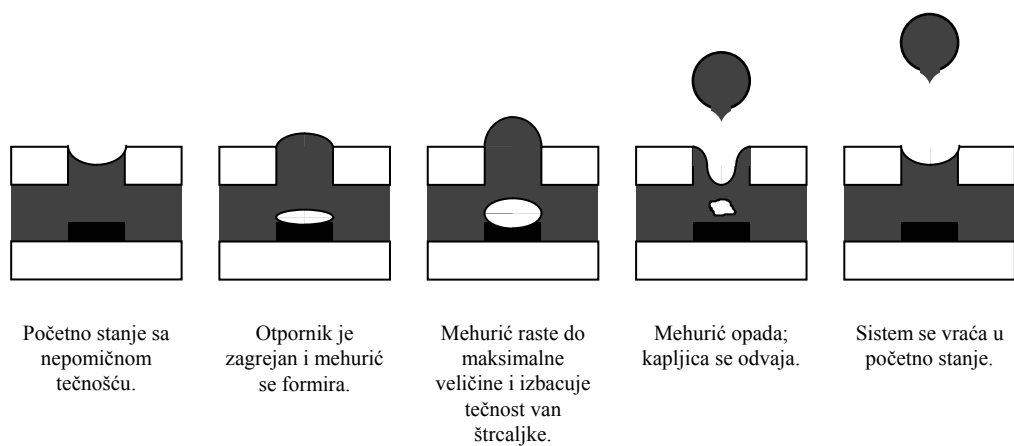
Sl. 6.86. Kontinualni *ink jet* sa piezelektričnom stimulacijom prekidanja i višenivovskim elektrostatičkim skretanjem pri generisanju znaka.

"Ink-Jet" štampači sa ubrizgavanjem po zahtevu

Na slici 6.87 i 6.88 prikazana su dva klasična načina ubrizgavanja mastila kod ovih tipova štampača.



Sl. 6.87. (a) Piezoelektrični generator kapljice na principu talasnog pritiska za tečno mastilo. (b) Prelazna sekcija piezoelektričnog *ink jet* štampača.



Sl. 6.88. Sekvenca izbacivanja kapljice kod *ink jet* štampača na pricipu termičkog formiranja mehurića korišćenjem grejača tankog filma.

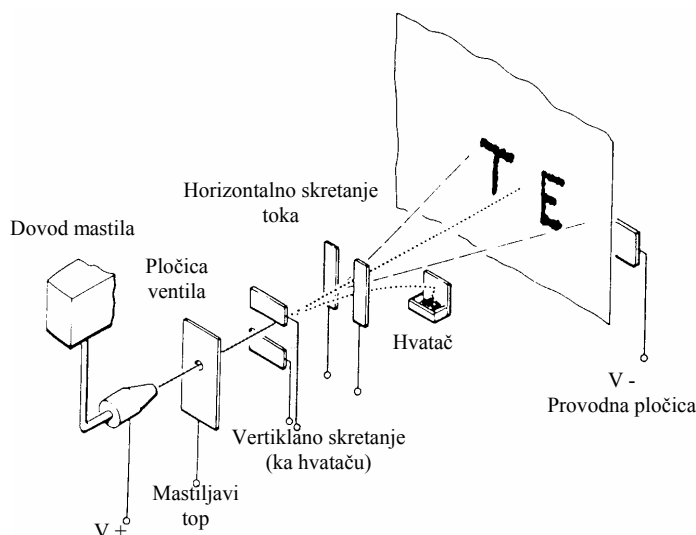
U prvom slučaju (slika 6.87) za naglu kompresiju tečnosti, tj. stvaranje pritiska, koristi se cilindrični piezokeramički elemenat pomoću koga se vrši raspršivanje tačkica sa grlića cevi/horne. U drugom slučaju (slika 6.88) pomoću otpornika vrši se zagrevanje mastila. U mastilu se stvara mehur koji se povećava i na taj način se izbacuje fluid (mastilo) van rupice. Nakon određenog zagrevanja mehur se rasprsne, kapljica napusti grlić raspršivača, a sistem se ponovo vrati u inicijalno stanje.

Kod nekih štampača tehnika ubrizgavanje mastila zamenjuje se tehnikom ubrizgavanja voska. Kod ovakvih štampača slika se pravi dovođenjem voska do tačke topljenja i ubrizgavanjem u vidu kapljice. Prednost tehnike koja se zasniva na ubrizgavanju voštanih kapljica ogleda se u tome što ne može da dođe do začepljenja otvora za ubrizgavanje. Naime, kod tehnike sa ubrizgavanjem mastila dolazi do isparavanja rastvarača mastila čime mastilo postaje gušće a ubrizgavanje otežano.

Pored piezoelektričnog ubrizgavanja, često se u praksi sreće i ubrizgavanje mastila pomoću dijafragme.

Elektrostatički "ink-jet" štampači

Na slici 6.89 prikazan je princip rada ovog tipa štampača. Mastilo se pod nešto većim pritiskom u odnosu na normalni pritisak od 1000mbar nalazi u delu za ubrizgavanje. Pomoću visokog napona (oko 2000V) koji je doveden na elektrodu za ubrzanje koja se nalazi ispred otvora za kapljice vrši se ubrzavanje kapljica i usmeravanje prema papiru za štampanje. Kapljice mastila se zatim dodatno ubrzavaju pomoću visokog napona (oko 7000V ravna elektroda) i usmeravaju na papir pomoću para elektroda za horizontalno i vertikalno skretanje. Kapljice koje se ne usmeravaju na papir prihvataju se u pomoćni rezervoar i nakon filtriranja ponovo vraćaju u rezervoar mastila (ovaj detalj nije prikazan na slici 6.89).

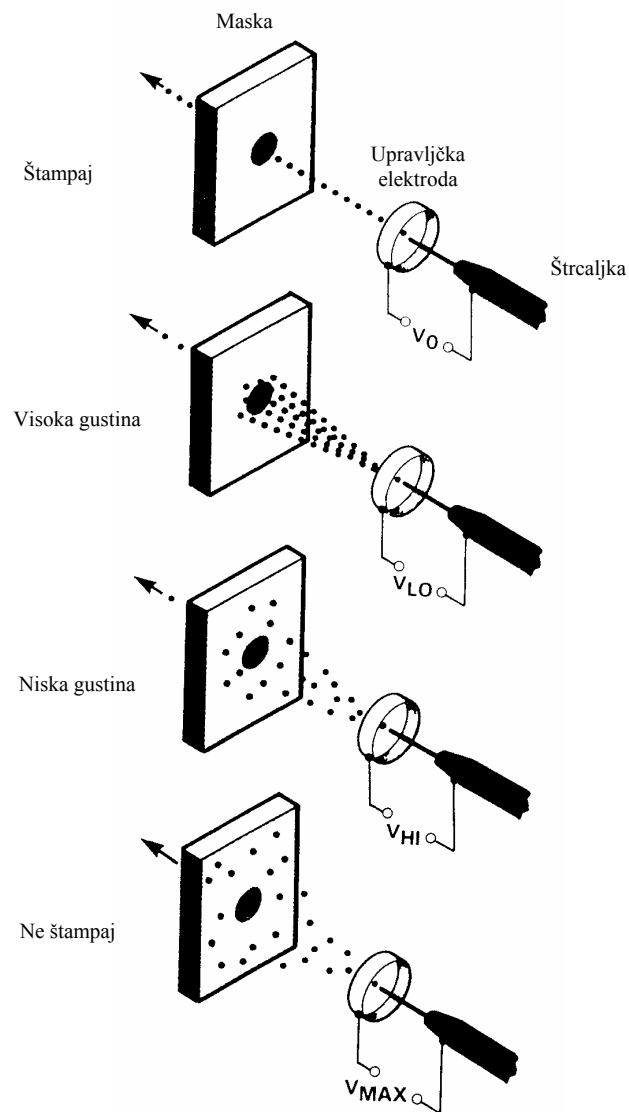


Sl. 6.89. Ink jet sa elektrostatičkim potiskivanjem sa horizontalnim i vertikalnim skretanjem.

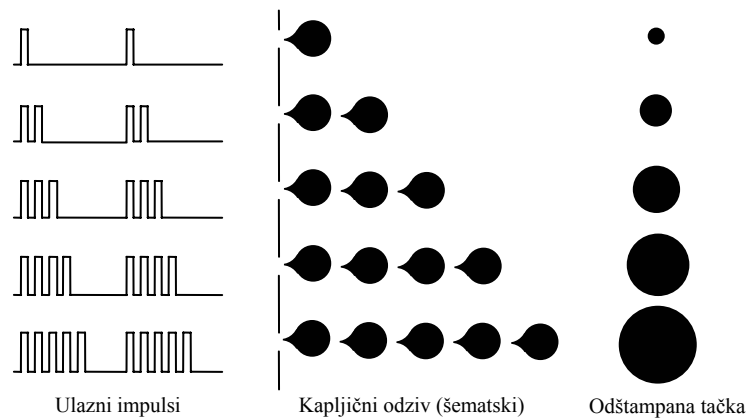
Veličina tačke i superpiksli kod "ink-jet" štampača

Veličina tačkice kod kontinualnih štampača, i štampača koji ubrizgavaju po potrebi, može se regulisati korišćenjem analogne i digitalne tehnike.

Kod kontinualnih "ink-jet" štampača koristi se tehnika Hertzovog rasipanja (slika 6.90). Kao što se vidi sa slike 6.90, broj naelektrisanih čestica koje prolaze kroz otvor maske može se modulirati potencijalnom razlikom između elektrode i prskalice mastila. Kada je napon najmanji, najveći broj kapljica prolazi kroz otvor maske, a kada je napon najveći, najmanji broj kapljica prolazi prema papiru.

Sl. 6.90. Tehnika Hercovog rasipanja kod *ink jet* štampača.

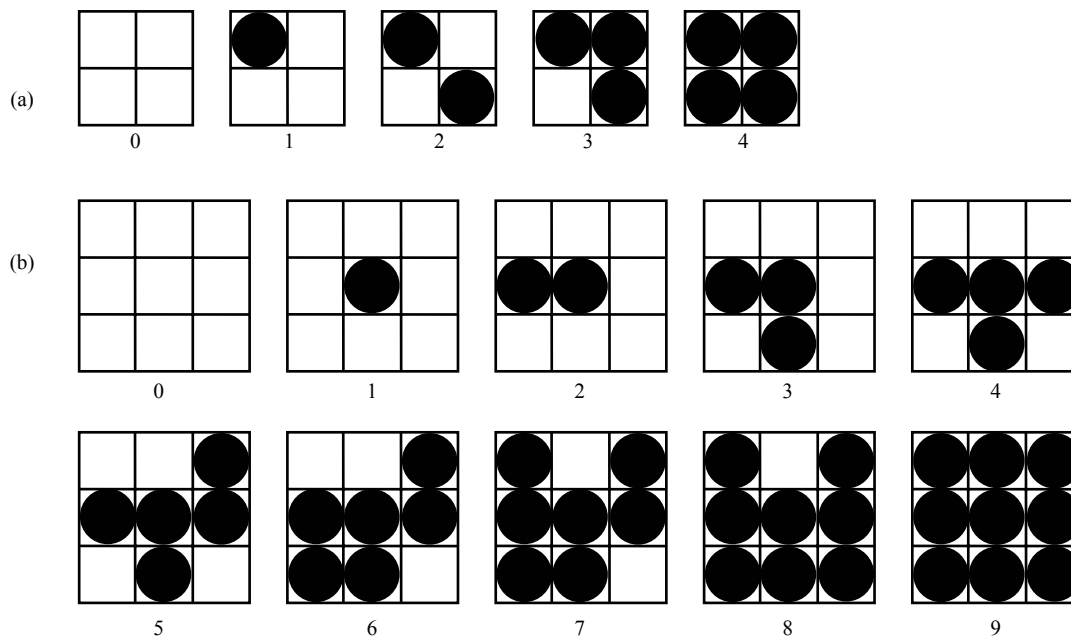
Drugi princip regulacije veličine tačke je digitalni (slika 6.91).



Sl. 6.91. Način modulacije veličine tačke pomoću paketa impulsa.

U ovom slučaju vrši se modulacija broja tačaka koristeći se povorkom impulsa pomoću kojih se reguliše broj kapljica po svakom pikselu.

Najveći broj "hard-copy" uređaja sposobni su da generišu jedinstvenu veličinu (obim) tačke. Ovi štampači mogu simulirati princip štampanja na bazi polutoniranja po ceni lošije rezolucije, naime vrši se grupisanje većeg broja osnovnih elemenata slike (piksela) u jedan superpiksel. Na slici 6.92 prikazano je kako se pomoću 2×2 i 3×3 superpiksela može ostvariti štampanje u više nijansi sivog. Veći broj nivoa se dobija ako su superpikseli veći.



Sl. 6.92. Korišćenje šablona superpiksela u dobijanju različitih nivoa intenziteta. (a) 2×2 ; (b) 3×3 .

Svi tonovi se dobijaju zahvaljujući vizuelnom usrednjavanju crnih i belih piksela od strane čoveka.

Prednosti i nedostaci "non-impact" štampača

Osnovne prednosti "non-impact" štampača su:

- bešumni su,
- kvalitet kopije je izuzetno dobar.

Nedostaci ovih štampača su:

- najveći broj ovih štampača zahteva korišćenje posebnog papira i mastila,
- ne mogu istovremeno praviti veći broj kopija,
- cena im je veća u odnosu na "impact" štampače.

6.6.7. Matrični i štampači sa formiranim znakovima

Kod štampača sa formiranim znacima mehanizam za štampanje (glava, lepeza, bubanj) je sličan kao kod štampanja knjiga i tipa je "impact". Ovi štampači se najčešće koriste za izradu dokumenata i izveštaja, i na svim onim mestima gde je jasnost očitavanja veoma važna. Ograničeni su u smislu broja znakova koji se mogu isporučiti imajući u vidu da svaki znak zauzima određeno mesto (na dobošu, glavi, lepezi itd.). Na primer, kod štampača koji koriste doboš, broj znakova u setu je obično ograničen na 64, 96 ili 128, kod onih koji koriste kaiš ili lanac broj znakova može biti 48, 60, 64, 96, 120 ili 128. Kada se želi promeniti ceo set da bi se kucali novi znaci (ćirilica, latinica, grčka slova, matematički simboli, *italic* slova itd.) potrebno je promeniti mehanizam za štampanje. Na primer, kod štampača sa glavom ili lepezom veoma lako se menja glava ili lepeza, ali kod linijskih štampača sa dobošom, promena nije jednostavna. Kod "dot-matrix" štampača matrično polje može varirati od 5×7 (35) tačkica, 9×7 (63) tačkica, 24×40 (960) tačkica do 30×50 (1500) tačkica. Kod malih matričnih sistema (manje od 100 tačkica), svaka tačka u znaku se jasno uočava. Znaci koji su komponovani sa više od 200 tačkica daju aproksimativno istu sliku kao "fully formed". Znaci i setovi znakova formiraju se elektronski, u obliku matrične slike, koja se nalazi upisana u ROM-u. Jednostavnim promenom čipova (ROM-ova) moguće je menjati oblike

simbola. Kod nekih matričnih štampača, moguće je izvoditi kompresiju znakova (slovo m zauzima više prostora od slova i), menjati visinu i veličinu simbola, itd.

6.6.8. Kolor štampanje

Dokoro, fotografski postupak je bio jedino sredstvo za dobijanje kopije kvalitetnih slika u boji. Fotografsko štampanje je, ipak, realativno skupo, a konvencionalni procesi su kompleksni i vremenski dugi.

Kod najvećeg broja elektronskih kolor štampača, dostupnih danas na tržištu, za prikaz svake tačke postoje ograničenja koja se odnose kako na njenu veličinu tako i njene optičke osobine. Pri punoj rezoluciji, kolor štampači mogu generisati samo tri subtraktivna primara, njihove dvokomponentne kombinacije, i crnu boju. Jedini način da se reguliše osvetljaj i boja je da se vrši štampanje željene frakcije na nešto širem delu u odnosu na prostor potreban za štampanje jedne tačke. Veća (šira) oblast treba u idealnom slučaju da bude dovoljno mala tako da sa normalnog rastojanja gledanja frakcija bude vidljiva kao jedinstvena tačka. Kako je adresibilnost najvećeg broja kolor štampača dostupnih danas reda 150 do 300 tačaka/inču, javlja se zrnasta struktura u slici, tj. ne postoji zadovoljavajuća integracija u oku, koja će dati utisak o potpuno uniformnom kolor osećaju.

Kada slika sadrži puno detalja neophodno je generisati korektni osvetljaj i boju za svaku oblast i da granični prelazi, ili konture, ne budu tako nagli, tj. da su manje uočljivi. Ovo zahteva da oblast modulacije sadrži dovoljan broj adresibilnih tačaka tako da štampanje jedne tačke više ili manje ne dovede do uočljive razlike kada se ta oblast integriše od strane oka. Kvadrat, koga čine 12×12 tačkica koje se mogu štampati, daje u idealnom slučaju 144 nivoa sivog plus belo. Prelazi na ivicama se mogu eliminisati korišćenjem većeg broja nivoa, ali one postaju uočljive kada je broj nivoa manji od 100. Danas se koriste različite tehnike da se izvede digitalna modulacija oblasti na kojoj se vrši štampanje od kojih je najpoznatija tehnika diterovanja (*dithering*).

Tehnika diterovanja obezbeđuje štampanje ograničenog skupa boja korišćenjem diskretnih tačaka, polazeći od Cijan (tirkizna), Magenta (purpurna) i Žute kao osnovnih boja. Usrednjavanjem koje se postiže tehnikom diterovanja obmanjuje se oko u tome da postoje nijanse i na onim mestima gde ih objektivno nema. Postoje dva tipa algoritama diterovanja (slika 6.93):

2	7	6	=15
9	5	1	=15
4	3	8	=15
15	15	15	

(a) Magični kvadrat.

9	7	4
8	5	2
6	3	1

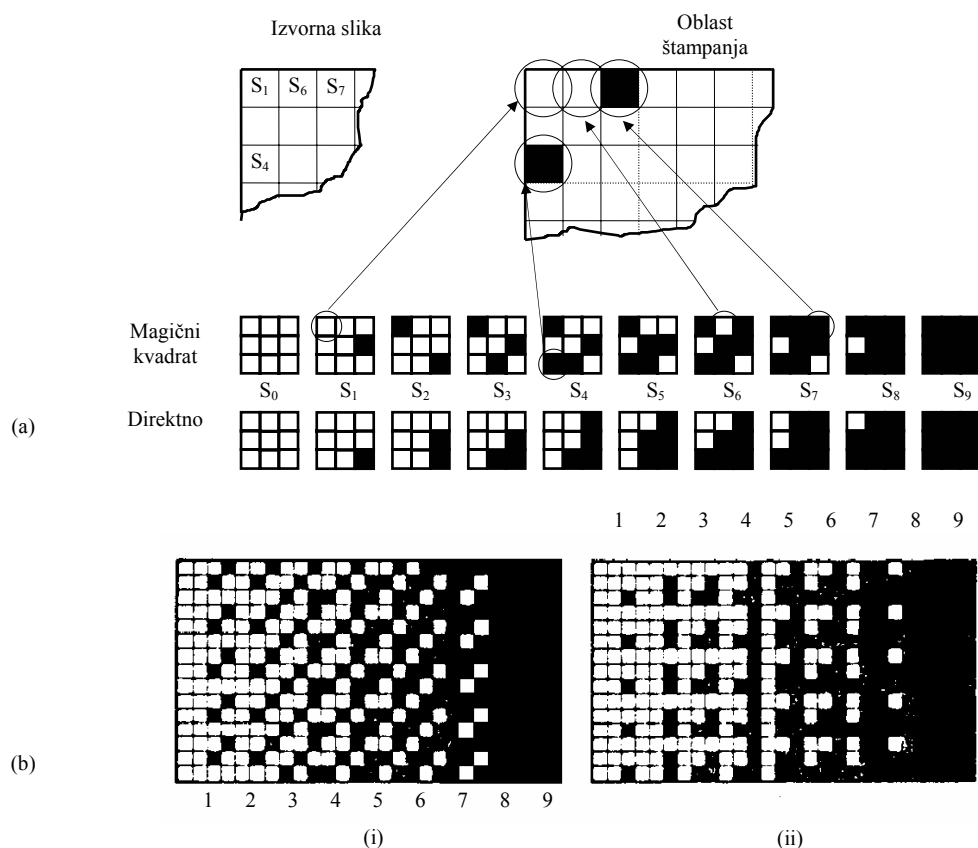
(b) Direktni.

Sl. 6.93. Algoritmi za diterovanje.

Algoritam bojenja se zasniva na popunjavanju kvadratića u numeričkom redosledu sa direktno obojenim elementima sve dok se ne postigne željena nijansa, ostali se ostavljaju kao beli ili se popunjavaju crnom bojom. U ovom slučaju, devet nijansi je moguće a ako se uzme u obzir i bela boja, dobija se deseta nijansa. Primer dobijanja jedne boje (zbog crno bele štampe vidi se kao nijansa sivog) za direktni i magični kvadrat prikazan je na slici 6.94a). Oblast slike se mora zamisliti kao da je sastavljena od $n \times n$ piksela gde je n jednako broju željenih nijansi.

Na slici 6.94b) prikazan je efekat kolor klina (zbog crno bele fotokopije vidi se kao sivi klin) za slučaj kada se koristi tehnika magičnog i direktnog kvadrata. Konačno, koji će se tip algoritma koristiti zavisi od proizvođača štampača. Računarsko kontrolisane kolor "hardcopy" tehnologije dostupne danas na tržištu mogu se podeliti u sledeće kategorije:

- bojenje korišćenjem različitih pera,
- matrično štampanje u boji,
- elektrofotografsko,
- elektrostatičko,
- nanošenje voska,
- sublimaciono-termičko bojenje,
- *ink-jet*.



Sl. 6.94. (a) 1:1 metodologija formiranja slike korišćenjem algoritama za diterovanje. (b) Diterovanje sa bojenjem ivice pomoću: (i) Magičnog kvadrata, i (ii) Direktnog algoritma.

Bojenje pomoću različitih pera koristi se kod plotera i pogodno je za crtanje slika kod kojih dominiraju prave linije i samo se ograničene oblasti jednobojno farbaju (u arhitekturi, mašinstvu itd.).

Matrično štampanje u boji zasniva se na guranju malih pinova na mastiljavu traku, a time indirektno i na papir. Kvalitet reprodukovane slike zbog ograničene rezolucije nije zadovoljavajući.

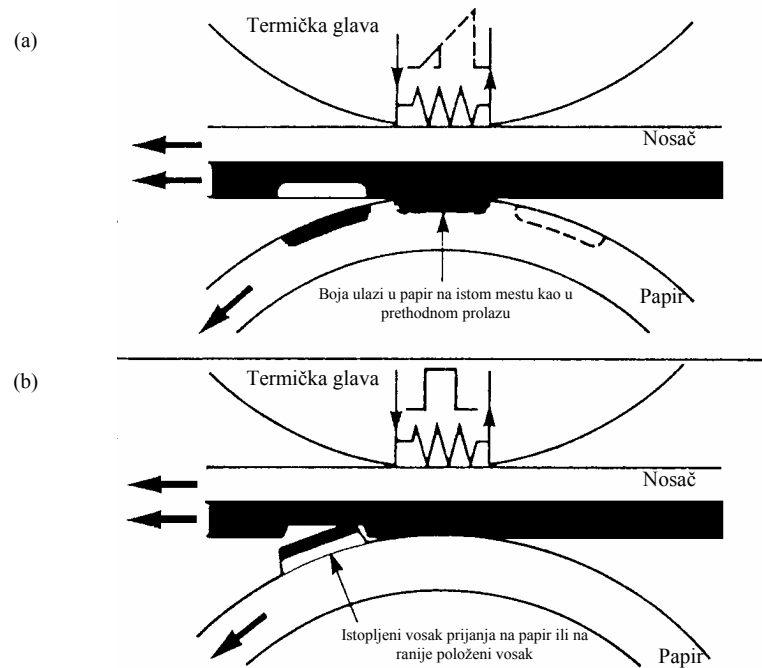
Kod elektrofotografske (kserografske) tehnike postoje tri fotoprovodna bubnja, po jedan za svaku osnovnu boju. Na svaki bubanj se nanosi slika od pigmentiranog tonera u formi pudera. Slika sa svakog bubnja se zatim prenosi na papir, a nakon toga se vrši pečenje tonera pod pritiskom. Za reprodukciju crne boje koristi se poseban crni toner.

Kod elektrostatičkih kolor štampača/plotera koriste se pigmentirani toneri u izoparafinu. Na tkanini, koja je naneta na papir koji je presvučen dielektrikom, u jednom trenutku se štampa jedna boja. Registracija boja se strogo kontroliše. Na žalost čestice tonera su mikronskih dimenzija i ne može se vršiti dobro pečenje na većim površinama, tj. na optički homogenijim celinama kao što je to slučaj kod elektrofotografske tehnike, pa zbog toga reprodukovane slike imaju blede boje.

Kao što smo već napomenuli tehnike koje koriste termički prenos mogu se podeliti na:

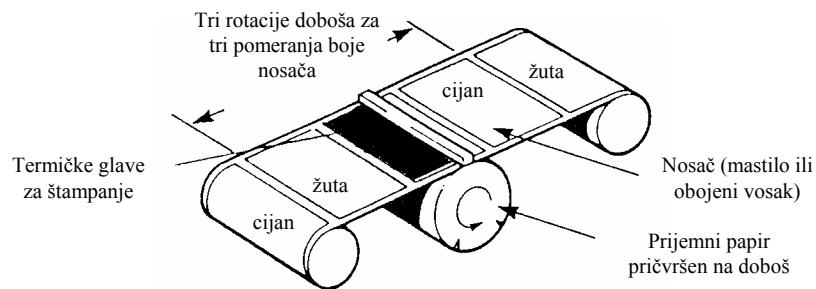
- termičko bojenje (*thermal dye transfer*) - moguće je kontinualno toniranje, tj. analogna reprodukcija,
- termičko voštani prenos (*thermal wax transfer*) - moguć je samo diskretni prenos boja koje se mogu mešati.

Kod obe tehnike da bi se dobile Crvena, Zelena i Plava boja potrebno je koristiti Cijan, Magenta i Žuti vosak/mastilo što zajedno sa Belim papirom daje sedam boja, a sa Crnim voskom/mastilom osam boja. Mešanje boja se postiže tehnikom diterovanja. Osnovni štampački mehanizam za termičko bojenje i termičko voštani prenos prikazan je na slici 6.95.



Sl. 6.95. Bočna elevacija (a) glave za štampanje bojom, i (b) voskom.

Kao što se vidi sa slike 6.95a, kod termičkog bojenja boja se upija u papir, a kod termičko-voštanog prenosa (slika 6.95b) obojeni vosak se nanosi na papir. Na slici 6.96 prikazan je osnovni štampački mehanizam koji se koristi kod obe tehnike.



Sl. 6.96. Osnovni mehanizam za štampanje za prenos boje i voska.

Kod "ink-jet" kolor štampača regulacija intenziteta svake osnovne boje reguliše se emisijom kontinualne povorke kapljica mastila (1-32 kapljice mastila od svake boje se koriste za bojenje svakog piksela). "Ink-jet" štampači mogu koristiti i mastilo u obliku voska (mastilo je u čvrstom stanju na sobnoj temperaturi). Vosak se zagreva do 120°C pa kada pređe u tečno stanje vrši se raspršivanje.

6.6.9. Interfejs štampača

Upravljanje mehanizmom štampača je složeno i zavisi od karakteristike tog mehanizma. Kod tačkasto-matričnih štampača porebno je ugraditi logiku za aktiviranje odgovarajućih solenoida (ili termičkih elemenata) kada se vrši pomeranje glave preko papira. Kod štampača koji koriste kaiš ili lanac način pozicioniranja rotirajućeg točka mora biti preciznije izveden. Svi štampači takođe moraju da upravljaju kretanjem papira.

Detalji koji se odnose na rad upravljačke logike štampača su često komplikovani, i obično se ne tiču projektanta sistema. Ove zadatke treba da rešavaju fabrički projektanti mehanizma štampača. Korisnici ili projektanti sistema obično kupuju od proizvođača mehanizam za štampanje i logiku za upravljanje kao jedinstvenu celinu, ili pak od proizvođača kupuju štampač kao gotov proizvod. Nakon što su problemi oko upravljačke logike štampača rešeni, potrebno je rešiti interfejs štampača koji je relativno nezavisan od korišćene tehnologije štampanja. Najčešće korišćeni interfejsi su serijski interfejsi RS-232C i paralelni interfejs Centronics (Epson). O serijskom načinu prenosa podataka govorićemo kasnije. Serijski štampači često sadrže bafer koji im omogućava da štampač primi podatke za štampanje sa brzinom koja je nezavisna od stvarne brzine štampanja. Bafer može biti kapaciteta jedne linije za štampanje (132 znaka) ili najčešće njegov kapacitet je od 2kB do 4kB. Ako se štampaču podaci predaju brže nego što se mogu štampati, bafer će se prepuniti, pa se zbog toga mora obezbediti neki mehanizam koji će zaustaviti prenos podataka kako se bafer ne bi prepunio. Najčešće korišćeni metod da se to obavi je korišćenje XON-XOFF protokola. XON i XOFF su dva ASCII upravljačka znaka, često nazvana DC1 i DC3 (ovi znaci odgovaraju Control-S i Control-Q respektivno, na standardnoj alfanumeričkoj tastaturi). Kada je bafer štampača skoro pun, štampač predaje računaru znak XOFF čime ga obaveštava da on treba da prestane sa slanjem podataka. Kada je štampač spreman da primi više podataka, on šalje XON znak, a računar nakon toga nastavlja sa predajom.

Centronics tip interfejsa nije oficijelni standard ali se često koristi. Kako on nije pravi standard, ne postoji definisan univerzalan skup signala koji on koristi. U Tabeli 6.5 prikazani su osnovni signali koji se koriste od strane najvećeg broja štampača kod kojih je sprega paralelna. Broj pina označava broj pina na 36-pinskom konektoru.

Znak se predaje štampaču od strane računara postavljanjem linija DATA1-DATA8 u važeće stanje, a nakon toga aktivira se signal STROBE. Na slici 6.97 prikazan je vremenski period događaja koji važi za prenos jednog znaka. Nakon što računar detektuje STROBE impuls on aktivira BUSY čime signalizira računaru da nije spreman da primi drugi znak. Kada se znak odštampa (ili smesti u bafer), BUSY se deaktivira, a prema računaru se generiše signal koji ukazuje na priznavanje prijema ACK. Vreme T prikazano na slici 6.97 je vreme potrebno da štampač prihvati znak i bude spreman za drugi.

Kod najvećeg broja štampača ugrađen je mali bafer podatak, tako da je T znatno kraće od vremena potrebnog za prenos jednog podatka (kada bafer nije pun). Računar, na osnovu testiranja ACK ili BUSY, može da odredi kada štampaču može poslati novi podatak.

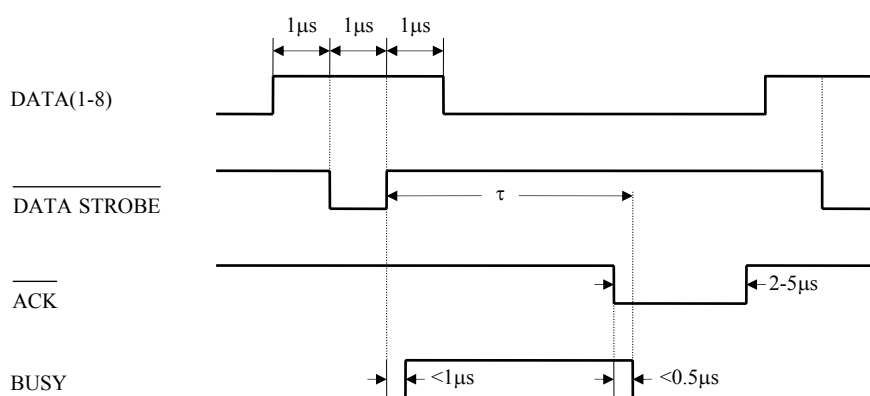
Tipično interfejs kolo štampača prikazano je na slici 6.98.

Svi signali sa izuzetkom ACK su povezani na ulazne ili izlazne portove, tako da se rad interfejsa u potpunosti softverski kontroliše. Softverom se prvo generiše izlazni podaci a zatim aktivira DATASTROBE. ACK se povezuje na ulaz za prekid, tako da softver kontinualno ne testira liniju BUSY. Kada se javi prekid, softver generiše drugi znak. Neki interfejsi ignorišu signal SELECT a INIT signal se može direktno generisati od reset logike računara (INIT signal inicira štampač i potvrđuje da je računar uključen na napajanje. SELECT signal od štampača ukazuje računaru da je štampač stalno povezan (on line) i spreman da primi podatak).

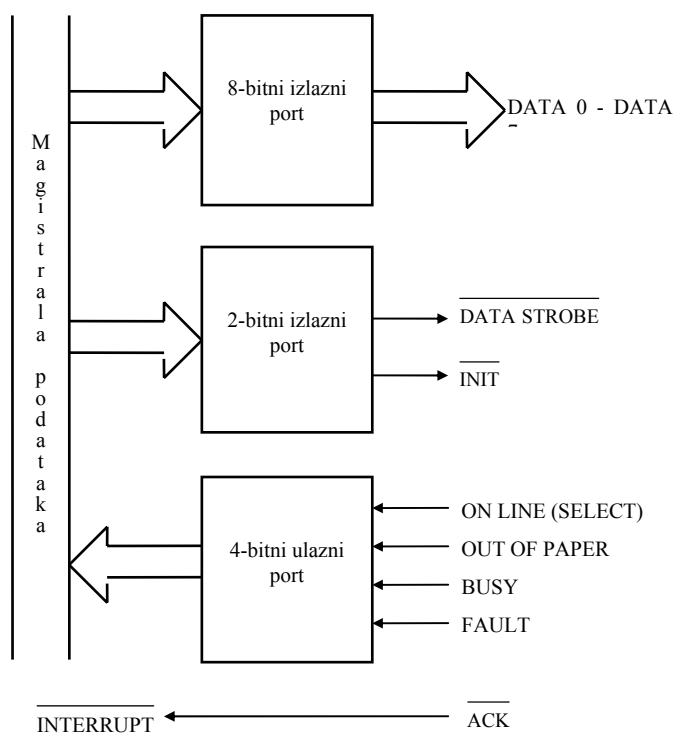
Kada štampaju jednostavan tekst najveći broj štampača je identičan sa softverske tačke gledišta. Sa druge strane, veliki broj štampača omogućava štampanje znakova tipa "boldface", znakova različitih veličina, kao i indeksiranje na gornjoj i donjoj strani. Ovakav tip štampanja se često realizuje upravljačkim znacima koji su deo ASCII skupa, a koji se ne štampaju. Često se koristi "escape" sekvenca. To su sekvence koje čine veći broj znakova, a počinju ASCII "escape" znakom (1B hekza). Ovo omogućava uvođenje većeg broja upravljačkih funkcija samo pomoću jednog upravljačkog znaka. Štampač zna da su znaci koji slede posle "escape" znaka upravljačke funkcije, a ne znaci koje treba štampati, tako da je moguće koristiti bilo koje karakter kodove (kodove znakova). Detalji koji su u uskoj vezi sa ovim upravljačkim funkcijama u velikoj meri zavise od tipa štampača i mogu se naći u izvornoj literaturi štampača koju daje proizvođač.

Tab. 6.5. Signali Centronics interfejsa

Broj pina	Signal	Smer prenosa	Opis
1	DATASTROBE	Ka štampaču	Kada se signal promeni sa nisko na visoko, ulazni podaci se uzorkuju
2	DATABIT 1	Ka štampaču	Linije podataka
3	DATABIT 2		
4	DATABIT 3		
5	DATABIT 4		
6	DATABIT 5		
7	DATABIT 6		
8	DATABIT 7		
9	DATABIT 8		
10	ACKNOWLEDGE	Iz štampača	Nizak nivo ukazuje da je završen unos podatka ili obavljena funkcija
11	BUSY	Iz štampača	Visok nivo ukazuje da štampač ne može da primi podatke
12	PAPER END	Iz štampača	Visok nivo ukazuje da je ponestalo papira
13	SELECT	Iz štampača	Visok nivo ukazuje da je štampač u stanju select (online)
14, 16	GND		Uzemljenje
33			
17	CHASSIS GND		Uzemljenje okvira
18	NC		Ne koristi se
19-30	GND		Povratak sa žica pinova 1 do 11
31	INIT	Ka štampaču	Nizak nivo inicijalizuje štampač
32	FAULT	Iz štampača	Nizak nivo ukazuje na grešku štampača
15, 34	NC		Ne koristi se
35,36			



Sl. 6.97. Vremenski dijagram paralelnog interfejsa Centronics tipa.



Sl. 6.98. Tipično interfejs kolo štampanja.