

4. ALTE DISPOZITIVE ELECTRONICE

4.1. Dispozitive multijonțiune

Dispozitivele multijonțiune sunt dispozitive semiconductoare din siliciu, care au în structura lor mai mult de două jonțiuni PN. Un asemenea dispozitiv se comportă ca un comutator cu două stări stabile și este folosit în circuite pentru comanda sau conversia puterii electrice: redresoare comandate, invertoare, generatoare de semnale de putere, circuite de comandă a motoarelor, protecția la supratensiuni și supracurenți etc. Cele două stări stabile sunt cea de blocare (curent foarte mic prin dispozitiv și rezistență mare la borne) și cea de conducție (rezistență și tensiune la borne de valori mici). Dispozitivele multijonțiune reprezentative sunt dioda PNP, tiristorul, diacul, triacul. În funcție de sensul de trecere a curentului prin dispozitiv, acestea pot fi unidirecționale sau bidirecționale.

a) Tiristorul

Considerat cel mai important comutator electronic de putere, tiristorul este un dispozitiv multijonțiune unidirecțional (permite trecerea curentului într-un singur sens), cu patru straturi și un electrod de comandă (grilă sau poartă). Simbolul tiristorului convențional este cel din fig. 4.1.1.a - cele trei terminale numindu-se anod (A), catod (K) și grilă (G) - iar structura internă simplificată este prezentată în fig. 4.1.1.b. Dispozitivul poate fi reprezentat sub forma unui circuit echivalent, realizat cu două tranzistoare bipolare complementare, ca în figura 4.1.1.c. Când $U_{AK} > 0$, cele două tranzistoare funcționează în regim activ normal și curenții lor de colector respectă relația (2.1.3). Considerând sensurile convenționale ale curenților I_A , I_G și I_K , pot fi scrise următoarele relații:

$$I_A = I_{E1}, \quad I_K = I_{E2}, \quad I_{B2} = I_G + I_{C1}, \quad (4.1.1)$$

$$I_K = I_{E2} = I_{B2} + I_{C2} = I_{C1} + I_G + I_{C2} = \alpha_{N1} I_A + I_{CB01} + I_G + \alpha_{N2} I_K + I_{CB02}. \quad (4.1.2)$$

Din relația (4.1.2) rezultă expresia curentului I_K , care se exprimă apoi în funcție de I_A și I_G :

$$I_K = \frac{\alpha_{N1} I_A + I_{C0} + I_G}{1 - \alpha_{N2}} = I_A + I_G. \quad (4.1.3)$$

Curentul anodic al tiristorului se obține de forma

$$I_A = \frac{\alpha_{N2} I_G + I_{C0}}{1 - (\alpha_{N1} + \alpha_{N2})}; \quad (4.1.4)$$

s-a folosit notația $I_{C0} = I_{CB01} + I_{CB02}$.

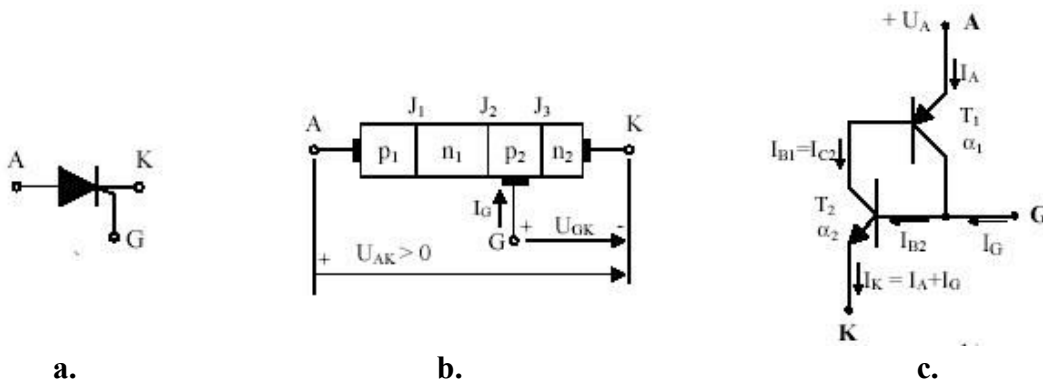


Fig. 4.1.1. Tiristorul: a. simbol; b. structură internă; c. circuit echivalent.

Când tiristorul este polarizat direct ($U_{AK} > 0$), tensiunea U_{GK} asigură comanda comutării dispozitivului:

- Dacă $U_{GK} \leq 0$, T_1 și T_2 sunt blocate, curentul anodic este foarte mic ($I_A \cong I_{C0}$), iar rezistența dispozitivului între A și K este foarte mare. Tiristorul este blocat.
- Dacă $U_{GK} > 0$, j_{BE1} este polarizată direct. Asigurând $U_{GK} > U_{BEon}$, I_{C2} crește și aduce în conducție pe T_1 (pentru că $I_{B1} = I_{C2}$). Astfel, I_{C1} crește determinând o conducție mai puternică a tranzistorului T_2 . Datorită buclei de reacție pozitivă, în scurt timp, ambele tranzistoare ajung în starea de saturație. Rezistența anod-catod și tensiunea U_{AK} scad drastic, tiristorul fiind în starea de conducție. După intrarea în această stare, tensiunea U_{GK} poate să dispară, întrucât valoarea lui I_{C1} este suficientă pentru a asigura curentul I_{B1} necesar menținerii stării de saturație a tranzistorului T_2 .

La polarizarea inversă a tiristorului ($U_{AK} < 0$), curentul invers prin dispozitiv are valori foarte mici, care cresc odată cu valoarea curentului de grilă. Când tensiunea inversă atinge valoarea de străpungere, curentul invers prin dispozitiv crește brusc. Străpungerea tiristorului este distructivă.

Trecerea tiristorului din starea de blocare în cea de conducție se numește *amorsare*, iar trecerea inversă (din starea de conducție în cea de blocare) se numește *blocare*. La tiristorul convențional, amorsarea utilă este cea prin curent electric de comandă (I_G). Există însă și amorsări parazite (nedorite): prin creșterea temperaturii sau prin *efect du/dt* . Semnalul de comandă, aplicat grilei, poate fi o tensiune continuă sau sub formă de impulsuri, iar timpii de comutație (de trecere dintr-o stare stabilă în cealaltă) ai tiristorului sunt diferiți.

Caracteristica statică $I_A = f(U_A)$ este prezentată în fig. 4.1.2, în care $U_A = U_{AK}$, U_{B0} este tensiunea de amorsare la un curent de grilă zero, I_H și U_H sunt valori de menținere ale curentului, respectiv tensiunii, iar U_{BR} este tensiunea de străpungere a dispozitivului. Pe caracteristică s-au marcat trei zone: 1 – de blocare la polarizare directă, 2 – de conducție, 3 – de blocare la polarizare inversă.

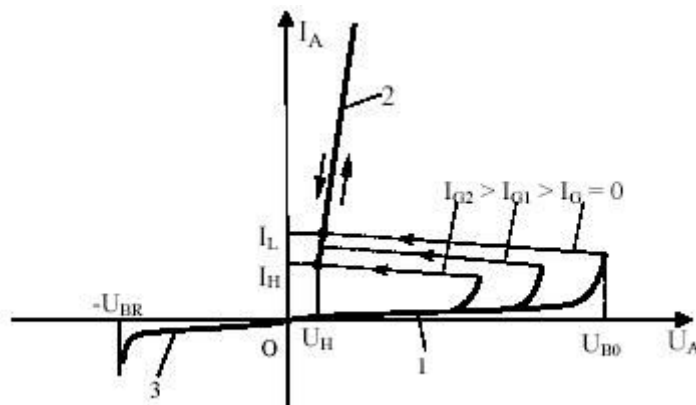


Fig. 4.1.2. Caracteristica statică $I_A = f(U_A)$ a tiristorului

Blocarea tiristorului se realizează în două moduri:

- prin scăderea curentului I_A sub valoarea de menținere I_H (de exemplu, prin întreruperea circuitului anod-catod, situație în care I_A se anulează);
- prin aplicarea unei tensiuni U_{AK} negative, cu modulul mai mic decât valoarea de străpungere U_{BR} (de exemplu, la schimbarea polarității tensiunii U_{AK}); această modalitate este recomandată când U_{AK} este o tensiune alternativă.

Dintre principalele tipuri de tiristoare mai pot fi menționate următoarele:

- tiristorul *tetrodă*, care este prevăzut cu două grile (câte una pentru fiecare regiune centrală), ambele utilizate pentru comanda amorsării dispozitivului;
- tiristorul *bioperațional* (numit și *cu stingere pe poartă*), care folosește grila atât pentru comanda amorsării cât și pentru comanda blocării dispozitivului;
- *fototiristorul*, la care amorsarea se realizează prin efect fotoelectric.

b) Diacul

Diacul este un dispozitiv semiconductor bidirecțional (permite trecerea curentului în ambele sensuri); are o structură simetrică, cu cinci straturi (fig. 4.1.3.b) și este prevăzut cu două terminale (T_1 și T_2). Simbolul dispozitivului este cel din fig. 4.1.3.a. La aplicarea unei tensiuni pozitive între terminale ($U_{21} > 0$), diacul se amorsează (intră în conducție) la atingerea valorii U_{B0} , iar la aplicarea unei tensiuni $U_{21} < 0$, amorsarea se produce când $U_{21} = -U_{B0}$. Caracteristica statică a diacului, reprezentată în fig. 4.1.3.c, este simetrică față de originea sistemului de axe; s-au folosit notațiile: $I = I_{21}$, $U = U_{21}$. Dispozitivele din această categorie sunt de putere mică, au tensiuni U_{B0} de ordinul zecilor de volți și sunt folosite în circuitele pentru comanda tiristoarelor și triacelor.

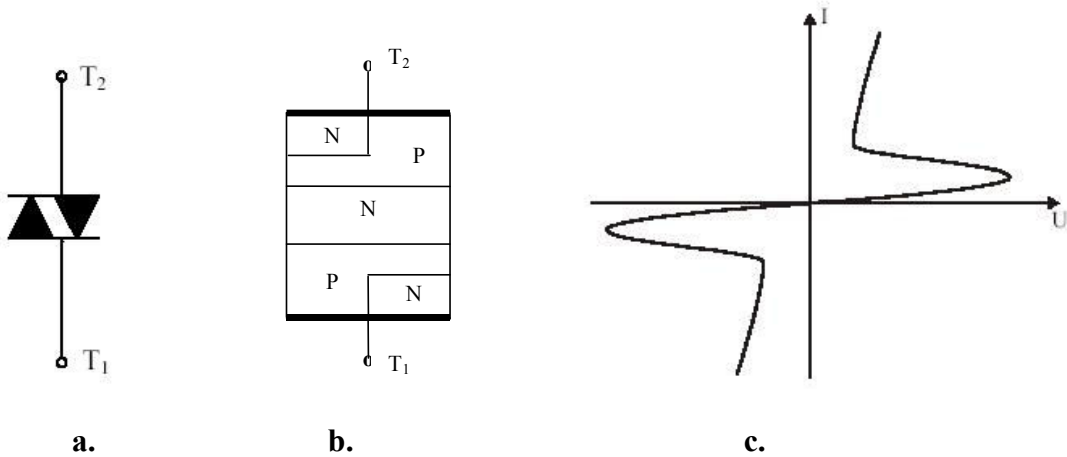


Fig. 4.1.3. Diacul: a. simbol; b. structura internă; c. caracteristica $I=f(U)$

c) Triacul

Acest dispozitiv multijoncțiune se realizează ca o structură cu șase straturi și cu electrod de comandă (fig. 4.1.4.a). Triacul poate fi comutat în starea de conducție pentru ambele sensuri ale curentului principal, cu orice polaritate a semnalului grilei. Caracteristica statică $I=f(U_{21})$ este reprezentată în fig. 4.1.4.c, iar simbolul dispozitivului este cel din fig. 4.1.4.b. Tensiunea de comandă poate fi continuă, redresată sau în impulsuri.

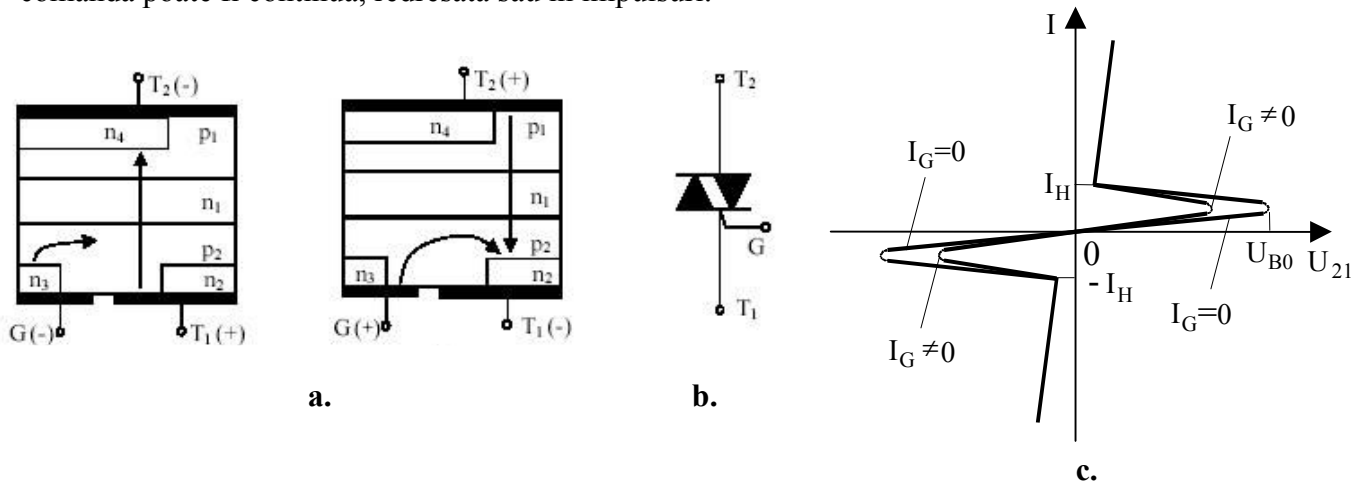


Fig. 4.1.4. Triacul: a. structura internă; b. simbol; c. caracteristica $I_T = f(U_{21})$

4.2. Dispozitive optoelectronice

Dispozitivele optoelectronice pot fi împărțite în trei categorii: fotoemițători (transformă direct energia electrică în radiație luminoasă), fotodetectori (detectează radiația luminoasă prin intermediul unor procese electronice) și fotoelemente (transformă direct radiația luminoasă în energie electrică). La realizarea acestor dispozitive se folosesc materiale semiconductoare speciale,

pe bază de siliciu(Si), galiu(Ga), arseniu(As), fosfor(P). Funcționarea celor mai multe dispozitive optoelectronice se bazează pe două fenomene fizice fundamentale: *efectul fotoelectric intern* (care apare ca urmare a absorbției radiației electromagnetice în corpul solid), *recombinarea radiativă a purtătorilor de sarcină în corpul solid*.

4.2.1. Fotodetectori și fotoelemente

Fotodiodele, celulele solare, fototranzistoarele bipolare și unipolare și fototiristoarele sunt fotodetectori sau receptori de lumină, fabricați din siliciu. Funcționarea acestor dispozitive se bazează pe efectul fotoelectric, care constă în generarea unor perechi electron-gol de către fotonii absorbiți de un semiconductor. Dintre fotodetectorii menționați mai sus, celulele solare sunt folosite în convertoarele energie solară - energie electrică; celelalte dispozitive sunt utilizate ca detectoare de radiație luminoasă, în instalațiile de automatizări și de telecomandă.

a) Fotodiode

Fotodiodele sunt realizate din siliciu, sub forma unor joncțiuni PN sensibile la radiațiile luminoase. Simbolul grafic folosit pentru reprezentarea unei fotodiode (FD) este dat în fig. 4.2.1.a. Joncțiunea PN a fotodiodei trebuie polarizată invers (fig. 4.2.1.b). În absența iluminării, prin dispozitiv circulă *curentul de întuneric* (I_D); acest curent este neglijabil, fiind curentul de saturație al joncțiunii. În prezența radiației luminoase, curentul invers prin fotodiodă crește liniar cu fluxul radiației, datorită generării suplimentare de purtători, prin efect fotoelectric. Curentul I , cu sensul de la catod spre anod, este dat prin ecuația caracteristică a fotodiodei,

$$I = I_L - I_D \left[\exp\left(\frac{U_{AK}}{U_T}\right) - 1 \right]. \quad (4.2.1)$$

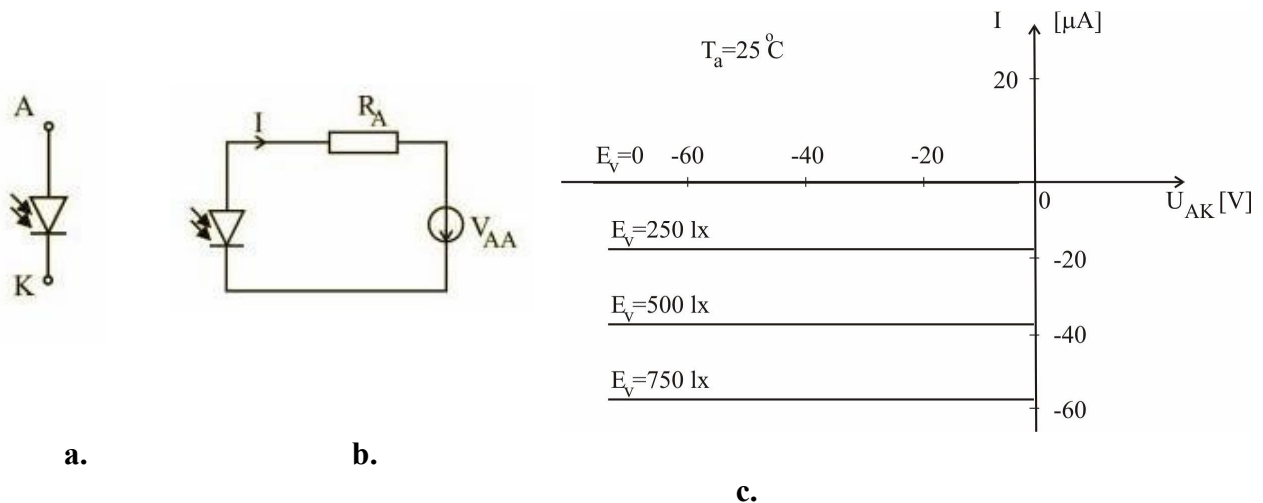


Fig. 4.2.1. Fotodioda: **a.** simbol grafic; **b.** circuit de polarizare; **c.** caracteristici statice

În ecuația (4.2.1), I_L este *curentul de scurtcircuit* sau *fotocurentul*, proporțional cu fluxul luminos E_V . Acest curent străbate FD iluminată, în absența polarizării. Curentul invers al fotodiodei este puternic dependent de distanța și de unghiul sub care este iluminată joncțiunea. În fig. 4.2.1, sunt prezentate caracteristicile statice ale unei fotodiode, pentru diferite valori ale iluminării E_V .

În general, domeniul spectral de utilizare al FD cuprinde radiațiile vizibilă și infraroșu apropiat. Datorită curentului de întuneric redus, fotodiodele PIN sunt preferate în sistemele de transmisie a informației prin fibre optice. Pentru încapsularea fotodiodelor, se folosesc fie capsule complet transparente din material plastic sau din sticlă, fie capsule standard de diode redresoare, care au o fereastră transparentă la nivelul joncțiunii PN.

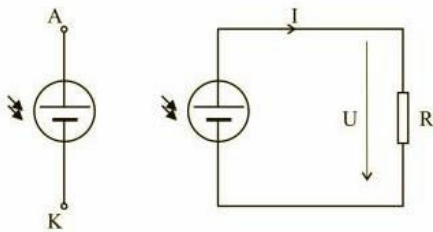
b) Fotoelemente

În esență, *celula solară* sau *fotoelementul* este o fotodiodă cu o arie mai mare, care realizează conversia energiei luminoase în energie electrică (simbolul grafic din fig. 4.2.2.a). Folosind ecuația caracteristică a FD, tensiunea electromotoare în gol, care apare la bornele dispozitivului iluminat, rezultă de forma

$$U_{\infty} \cong U_T \cdot \ln \frac{I_L}{I_S} \cong U_T \cdot \frac{I_L}{I_S} . \quad (4.2.2)$$

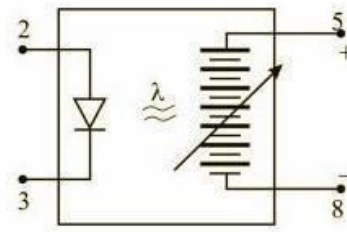
Aproximația este valabilă pentru un flux luminos slab ($1 \dots 150 \mu\text{W}$), iar $U_{\infty} = 0,15 \dots 0,45\text{V}$.

O caracteristică importantă a fotoelementului este absența curentului de întuneric. Neexistând o sursă externă de polarizare, dispozitivul neiluminat nu poate fi străbătut de curent electric. Pentru o radiație solară normală, un astfel de dispozitiv poate furniza o putere maximă de 36mW , într-o sarcină de $4,4\Omega$. Fotoelementele cu suprafața sensibilă mai mică decât 1cm^2 se numesc și *celule fotovoltaice* și generează tensiuni U_{∞} de ordinul $\times 100\text{mV}$, iar cele a căror suprafață sensibilă depășește 1cm^2 se mai numesc *celule solare* și generează tensiuni U_{∞} de câțiva volți. O putere maximă crescută ($\times 100\text{mW} \dots \times \text{W}$) este obținută în bateriile solare, care conțin mai multe celule solare interconectate.



a. b.

Fig. 4.2.2. Celula solară: a. simbol grafic; Fig.4.2.3. PVI - reprezentarea simplificată b. circuitul de utilizare



Există o categorie specială de celule solare, numite *module optice receptoare*, care se comportă ca sursele de tensiune continuă (valoare tipică 5V). Ele sunt realizate în capsule metalice și se lipesc pe cablaje. Zona sensibilă la radiații luminoase este plasată frontal sau lateral pe capsulă, iar uneori are aspectul unei grile. Unele module optice receptoare au încorporate filtre pasive RC.

Optoizolatorul de tip fotovoltaic, cu acronimul PVI este, în esență, o sursă de tensiune continuă variabilă și controlabilă, într-o capsulă cu doar 4 conexiuni. Constructiv, un PVI este o arie miniatură de fotocelule din siliciu, care sunt poziționate la circa 1mm față de un LED (Ga-Al-As) care emite în infraroșu, la pila fotovoltaică (fig. 4.2.3). Aria de celule fotovoltaice poate genera circa 5V , cu o capacitate limitată a curentului furnizat. Caracteristicile de ieșire ale PVI sunt ideale pentru comanda grilei unui MOSFET de putere.

c) Fototranzistoare

Fototranzistorul (FT) are structura funcțională a unui TB standard de mică putere, în general de tip NPN, realizat din siliciu (simbolul grafic din fig. 4.2.4.a). Joncțiunea bază-colector este concepută ca o fotojoncțiune. Capsula dispozitivului prezintă o fereastră transparentă la nivelul j_{BC} , în care se plasează o lentilă pentru focalizarea radiației incidente. Rolul de comandă al curentului de bază este preluat de fluxul luminos. Sensibilitatea fototranzistorului la radiație luminoasă este mai mare decât a fotodiodei.

În regim activ normal, fotojoncțiunea este polarizată invers și, dacă este iluminată, va genera curentul I_L ; acest curent este injectat în baza TB, asigurând polarizarea directă a j_{BE} și, prin aceasta, regimul activ normal de funcționare al FT (fig. 4.2.4.c). Curentul de colector rezultat va fi

$$I_C = \beta_N \cdot I_L + I_{CED} \quad (4.2.3)$$

Curentul de colector care străbate dispozitivul, în absența iluminării, reprezintă *curentul de întuneric* al FT (I_{CED}).

Caracteristicile statice de ieșire ale unui fototranzistor sunt asemănătoare acelor ale unui TB standard, cu precizarea că iluminarea ia locul parametrului I_B (fig. 4.2.4.d).

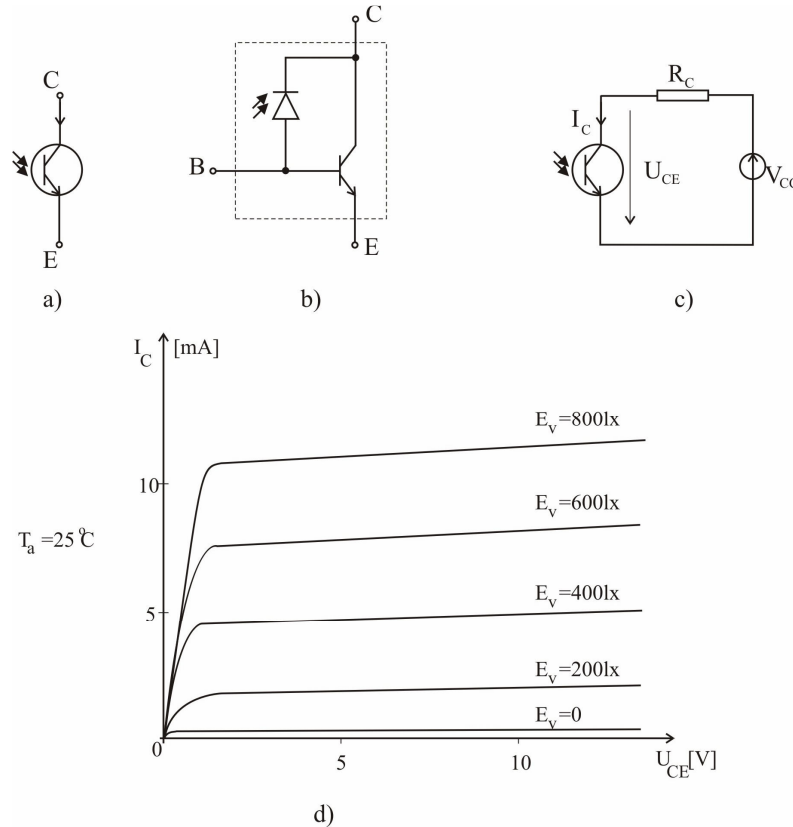


Fig. 4.2.4. Fototranzistorul: **a.** simbolul grafic; **b.** circuitul echivalent; **c.** circuitul de polarizare; **d.** caracteristicile statice de ieșire

FT funcționând în regim variabil de semnal mic și frecvențe joase se comportă, între emitor și colector, ca un generator de curent de valoare proporțională cu iluminarea:

FT poate funcționa în regim de comutație sau în regim liniar. Comparativ cu fotodiodea, fototranzistorul în regim de comutație permite trecerea unui curent mai mare. În regim liniar, de multe ori, se preferă folosirea unei fotodiode, deoarece liniaritatea caracteristicii de transfer a acesteia este mai bună și distorsiunile introduse în circuit sunt mai mici.

Informația binară oferită de un fototranzistor în regim de comutație se referă la prezența sau absența iluminării sau la depășirea/nedepășirea unui prag de iluminare prestabilit. De exemplu, fototranzistorul blocat sau saturat poate comanda direct un releu.

4.2.2. Fotoemițători

a) Diode electroluminescente

Diodele electroluminescente ocupă un loc important în realizarea afișoarelor electronice, datorită proprietății de a prezenta un semnal electronic într-o formă vizibilă. Dispozitivele utilizate în aplicații electronice emit, de obicei, în infraroșu (IRED-uri), iar cele utilizate ca indicatori optici sau pentru afișarea caracterelor alfanumerice emit în spectrul vizibil (LED-uri). Structura unei diode electroluminescente conține o joncțiune PN sau un contact metal-semiconductor. Un asemenea dispozitiv se realizează din materiale electronice speciale (GaAs, GaAsP, GaAs-Si), capabile să emită radiații luminoase în urma proceselor de recombinare a purtătorilor mobili de

sarcină. Simbolul grafic al unui LED/IRED este prezentat în fig. 4.2.5.a, iar caracteristica statică curent-tensiune este cea din fig. 4.2.5.b. Lumina emisă de un LED are o culoare roșie, galbenă, portocalie, albastră sau verde, în funcție de lărgimea benzii interzise și de tipul impurităților utilizate. Intensitatea radiației emise este proporțională cu intensitatea curentului direct ce străbate joncțiunea ($\times 10\text{mA}$). Randamentul de conversie a energiei electrice de intrare în energie luminoasă nu depășește câteva procente (1...5%).

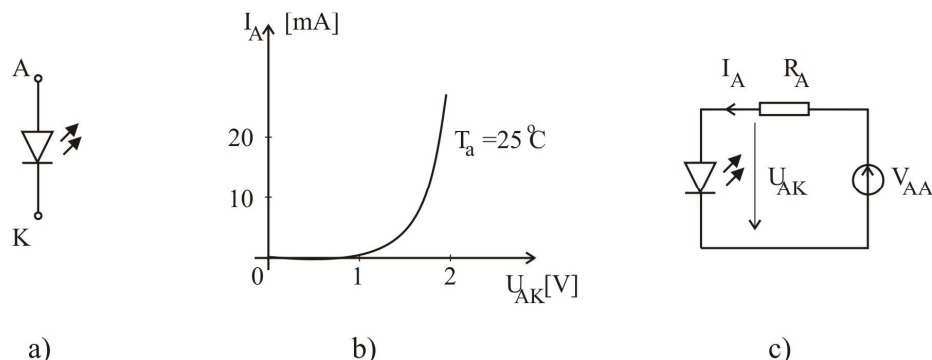


Fig. 4.2.5. LED: **a.** simbol grafic; **b.** caracteristica statică curent-tensiune; **c.** circuit de polarizare

Un LED/IRED poate fi alimentat în curent sau în tensiune. Întrucât ochiul nu poate măsura decât intensitatea luminoasă medie, alimentarea unui LED/IRED poate fi de tip continuu sau discontinuu (impulsuri). Alimentarea în tensiune este foarte simplă, necesitând o rezistență convenabil aleasă, înseriată cu dioda, pentru stabilirea curentului direct (fig. 4.2.5.c).

Capsulele diodelor electroluminescente sunt din material plastic, transparent sau ușor colorat, sau din metal. Dispozitivele de tip LED se deosebesc prin culoarea luminii emise, forma capsulei, gabaritul acesteia, intensitatea luminii emise, modul de dispunere a terminalelor, numărul culorilor emise, unghiul de iluminare, valoarea curentului de deschidere etc. De exemplu, după dimensiunile capsulei, LED-urile sunt cu capsule standard, mari sau miniatură.

Există aplicații în care este necesar un indicator luminos cu trei stări stabile, dintre care cele două stări *aprins* corespund la două culori diferite ale luminii emise (verde/roșu, verde/galben sau verde/portocaliu). La un asemenea LED, numit *bicolor*, capsula este cu trei terminale (un catod și doi anodi, câte unul pentru fiecare culoare) sau cu două terminale (a căror semnificație depinde de culoarea luminii emise). Cele două tipuri de LED-uri bicolore sunt reprezentate în fig. 4.2.6, în care LED-ul înnegrit este portocaliu, iar celălalt – verde.

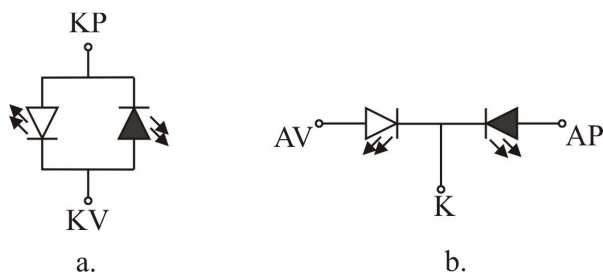


Fig. 4.2.6. LED-uri bicolore

Diodele electroluminescente sunt utilizate ca indicatori optici, la realizarea elementelor de afișare numerică (cu un digit sau multidigit), a panourilor de afișare numerică sau alfanumerică și a optocuploarelor.

b) Afișoare cu diode electroluminescente

Afișoarele cu LED-uri sunt cu o singură cifră (un digit) sau cu mai multe cifre (multidigit); acestea din urmă, adeseori, conțin un LED suplimentar pentru indicarea virgulei (punctul zecimal,

dp). Un afișor cu 7 segmente (fig. 4.2.7.a) nu poate reprezenta direct decât cifrele și câteva litere, în timp ce un afișor de tip matrice de puncte (fig. 4.2.7.d) poate reprezenta cifrele, literele alfabetului și alte semne. Cu cât sunt afișate mai multe simboluri, cu atât complexitatea circuitului este mai mare.

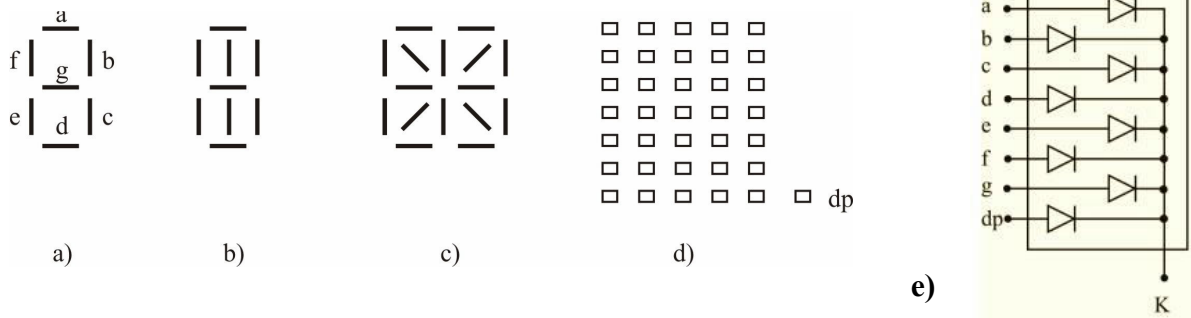


Fig. 4.2.7. Afișoare cu LED-uri: **a.** afișor cu 7 segmente; **b.** afișor cu 9 segmente; **c.** afișor cu 16 segmente; **d.** matrice 5×7 de puncte; **e.** Afișoare cu 7 segmente - conexiune cu catodul comun

Afișoarele cu 7 segmente de dimensiuni mici (×mm), utilizate în calculatoarele de buzunar și în ceasuri, au un consum mic de curent (×mA). Aceste componente sunt realizate ca circuite integrate într-un substrat de GaAsP, în conexiune cu *catodul comun* (fig. 4.2.7.e). Pentru asigurarea unei vizibilități mai bune, se folosește o lentilă. Afișoarele cu 7 segmente sunt alimentate în impulsuri cu frecvența mai mare de 100Hz; alimentarea în impulsuri oferă posibilitatea unei comenzi multiplexate, care permite alimentarea secvențială a fiecărui segment. Pentru comanda afișoarelor, au fost realizate circuite integrate specializate care, în afara funcțiilor de decodor (din cod binar, în cod zecimal) și de comandă a diodelor electroluminescente, permit ștergerea zerourilor ce nu reprezintă informație (zerouri ne semnificative).

Afișoarele tip matrice de puncte (*dot matrix*) conțin 4×4, 5×7, 5×8, 8×8 sau 16×16 LED-uri. La un asemenea afișor, LED-urile de pe fiecare linie au anozii legați împreună și cele de pe o coloană au catodii conectați împreună sau situația inversă. Matricele de puncte sunt *unicolore* sau *bicolore*.

4.2.3. Optocuploare

Optocuploarele sau *cuploarele optice* conțin, în aceeași capsulă, un fotoemițător și un fotoreceptor, izolate electric și cuplate optic. Cele două dispozitive sunt montate într-o capsulă opacă, de obicei din plastic, care prezintă minimum patru terminale. Majoritatea optocuploarelor (OC) folosesc ca fotoemițător un LED; la cele mai recente tipuri, LED-ul este înlocuit cu o minilampă cu neon sau incandescentă. Lumina emisă este transmisă (printr-un material transparent, izolator electric) spre suprafața sensibilă a unui fotodetector. Mediul optic de propagare este sticla, aerul, plasticul sau fibra optică. Fotodetectorul este fotodiodă, fototranzistor, foto-FET, fototiristor etc. Diversitatea tipurilor de dispozitive optoelectronice folosite determină o mare varietate de optocuploare, care diferă prin caracteristicile lor de intrare, de ieșire sau de transfer. Câteva simboluri ale OC realizate cu LED-uri sunt date în fig. 4.2.8.

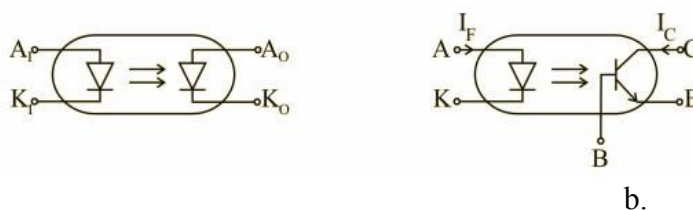


Fig. 4.2.8. Simboluri de optocuploare: **a.** OC cu fotodiodă; **b.** OC cu fototranzistor

Optocuplorul a fost proiectat pentru a înlocui releul mecanic sau transformatorul de impulsuri, cu care este similar din punct de vedere funcțional, întrucât oferă izolare electrică între terminalele de intrare și acelea de ieșire. În plus, OC are următoarele avantaje: viteză mare de lucru, insensibilitate la vibrații sau șocuri, absența elementelor mecanice în mișcare, domeniu larg al frecvențelor de lucru (0...100kHz), compatibilitate cu majoritatea circuitelor numerice.

Optocuploarele sunt elemente de cuplaj, ce asigură o separare galvanică a părților de circuit între care realizează transmiterea unui semnal. Datorită acestei proprietăți, sunt utilizate în amplificatoarele cu izolare (AIZO), în circuite de interfațare, în circuite de comandă a dispozitivelor de putere și de comutație (TB, MOSFET, IGBT, tiristoare etc.), în circuite de protecție pentru aceste dispozitive sau pentru blocuri electronice.

4.2.4. Afișoare cu cristale lichide

Descoperit încă din 1960, display-ul cu cristale lichide (Liquid Cystal Display, prescurtat LCD) a fost folosit inițial ca afișor pentru ceasuri. Aria de răspândire s-a extins însă rapid la sistemele de calcul, automobile, echipamente de măsurare sau testare, telefonie. Sfera largă a aplicațiilor este justificată de următoarele calități ale afișorului: flexibilitate (ca simbol afișat, dimensiune și design), lizibilitate (citire ușoară, clară), luminozitate neafectată de iluminarea mediului de lucru. În plus, forma aplatizată, greutatea mică, robustețea, consumul redus de putere și compatibilitatea CMOS le recomandă ca display-uri ideale pentru aparatura portabilă (de exemplu, laptop-uri). Un LCD poate fi cu 7 segmente, matrice de puncte sau display grafic matriceal (matrice de pixeli).

Cristalul lichid este un material organic, aflat într-o stare intermediară între starea unui lichid izotrop și o stare solidă cristalină. Moleculele cristalului lichid se pot mișca libere, dar sunt grupate împreună, într-o manieră ordonată. Proprietățile optice ale moleculelor pot fi influențate de câmpurile electrice.

Display-urile cu cristale lichide pot fi obținute prin *tehnologie nematică* sau *colesterică*. Există LCD-uri care reflectă lumina primită din mediul ambiant și LCD-uri care transmit lumina primită pe suprafața posterioară, de la o sursă de lumină artificială. De exemplu, principiul de funcționare al unui LCD în tehnologie nematică este cel prezentat în fig. 4.2.9.

LCD-urile sunt

- cu *contrast pozitiv*, la care simbolul apare întunecat (stins), pe un fond luminos (aprins),
- cu *contrast negativ*, adică simbolul apare luminos (aprins), pe un fond întunecat (stins).

Controlul aprinderii afișorului se realizează cu tensiuni electrice aplicate între rețele de electrozi transparenți, situate pe cele două fețe ale cristalului lichid. Fiecare doi electrozi din plane diferite localizează un segment/punct/pixel al afișajului; aplicând o tensiune între acei electrozi, pixelul aferent trece din starea dezactivat (OFF) în starea activat (ON). În funcție de tehnologia de fabricație a LCD, un segment activat poate fi aprins sau stins. Există două *metode de comandă* a LCD:

a) *Comanda directă* (recomandată pentru display-uri cu puține segmente)

Display-ul conține câte un electrod (conductor) pentru fiecare segment și un electrod plat comun, conectat la potențialul de referință. Circuitul de comandă trimite câte un semnal fiecărui electrod asociat unui segment.

b) *Comanda multiplexată* (recomandată pentru display-uri cu mai multe segmente și pentru display-urile matriceale)

LCD-ul conține două rețele de electrozi paraleli, orientate perpendicular și dispuse de o parte și de alta a cristalului lichid. Comanda constă în adresarea secvențială a unor grupuri de electrozi (de exemplu, pentru o matrice cu 16×16 puncte, se grupează împreună câte 16 electrozi de pe fiecare linie, respectiv fiecare coloană). Semnale dreptunghiulare periodice (cu aceeași formă de undă, dar defazate între ele) selectează, succesiv, liniile matricei de conductoare. Pentru comanda grupurilor de segmente organizate pe coloane, se aplică semnale dreptunghiulare, corelate cu simbolul care trebuie afișat.

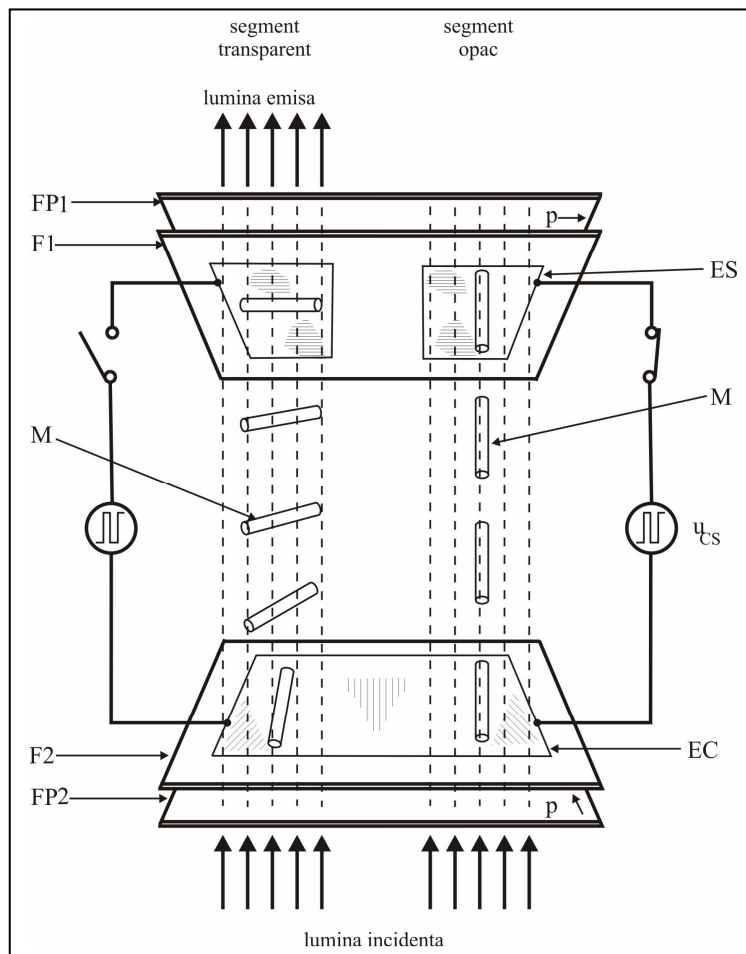


Fig. 4.2.9. Principiul de funcționare al LCD tip TN

F_1, F_2 - folii transparente; FP_1, FP_2 - filtre de polarizare; EC - electrod comun; ES - electrod al unui segment; M - molecule nematice ale cristallului lichid; p - direcția de polarizare; u_{CS} - tensiunea de comandă a stării segmentului.

Pentru obținerea display-urilor color, se practică înlocuirea filtrelor de polarizare cu altele care selectează culoarea, folosirea unor filtre colorate sau iluminarea din spate a display-ului cu o lumină colorată.

În 1996, în SUA, s-a pus la punct *tehnologia colesterică*. Panoul LCD colesteric folosește cristale lichide care, în loc să modifice polaritatea luminii, trec de la starea reflectivă la aceea transmisivă. Consumul de energie este mai mic întrucât LCD-ul consumă energie numai pentru modificarea stării pixelilor. Mai mult decât atât, tehnologia colesterică permite păstrarea imaginii pe ecran chiar și după oprirea alimentării cu energie electrică și asigură rezoluții mult mai bune.

4.2.5. Display-uri cu plasmă

În prezent, monitoarele de televiziune de dimensiuni mari (diagonala ecranului de 80...150cm) sunt display-uri-ecran cu plasmă (PDP - Plasma Display Panel). Acestea asigură un unghi mare de vedere, spectru larg de culori, raport de contrast de valori ridicate și viteză de scanare suficient de mare pentru aplicațiile din televiziune. Tehnologiile de fabricație existente permit obținerea unor suprafețe mari ale display-urilor cu plasmă. În plus, asemenea ecrane au adâncimea și greutatea mai mici decât la display-urile realizate în tehnologie CRT (cu tuburi catodice).

În principiu, un display cu plasmă constă din două plăci paralele din sticlă, dispuse față în față, între care se află un amestec de gaze rare. Pe fețele interioare ale plăcilor, sunt depuse două rețele de electrozi paraleli, sub forma unor benzi conductoare foarte subțiri. Electrozii plasați față în față au direcții perpendiculare. La intersecția a doi electrozi din plane diferite, se formează un pixel, care poate fi iluminat, atunci când se aplică un impuls de tensiune între cei doi electrozi. Lumina vizibilă sau ultravioletă (UV) este emisă de plasma care se formează prin străpungerea gazului.

Display-urile monocrome folosesc lumina vizibilă emisă prin descărcarea luminescentă. La display-urile color, un pixel de pe ecran include trei celule de descărcare (sub-pixeli), corespunzătoare celor trei culori fundamentale (roșu, verde și albastru). Prin descărcarea luminescentă, se emite lumină UV care excită o substanță fosforescentă în cele trei culori.

Amestecurile de gaze rare folosite în displayurile cu plasmă, sunt neon-xenon și heliu-xenon.

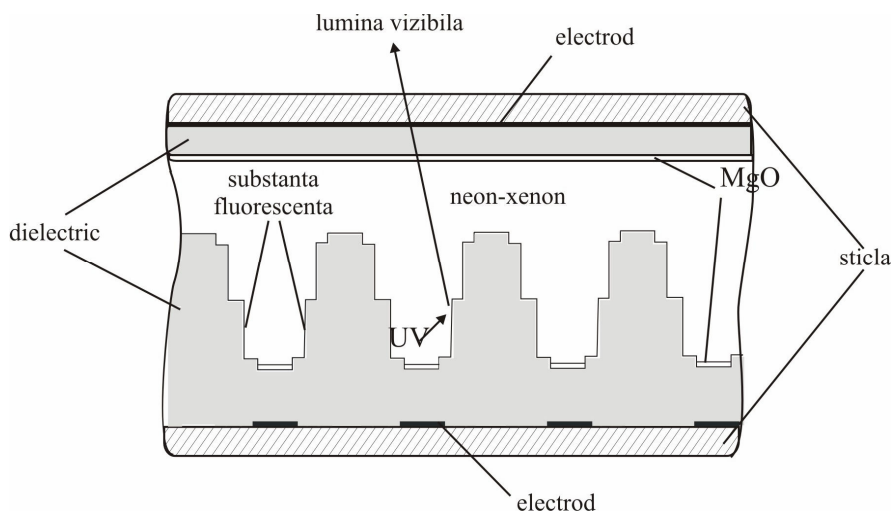


Fig. 4.2.10. Construcția unui PDP color

Comanda display-urilor cu plasmă se poate realiza în curent continuu sau în curent alternativ. La PDP de c.a., amestecul de gaze este separat de electrozi, prin straturi de dielectric (fig. 4.2.10). Acestea sunt protejate cu un filtru de oxid de magneziu. Unele display-uri de c.a. prezintă o separare fizică a celulelor adiacente de descărcare, prin intermediul unor bariere dielectrice sub formă de nervuri (creste), ca în fig. 4.2.10. Fiecare celulă de descărcare neactivată este menținută într-o stare de excitare incipientă, prin aplicarea unei tensiuni de susținere, între cei doi electrozi (linie și coloană) asociați celulei. Pentru activarea unei celule de descărcare, se aplică o tensiune suplimentară între electrozii care mărginesc celula; apare, astfel, o descărcare luminescentă. Stingerea pixelului necesită aplicarea unui alt impuls de tensiune peste aceea de susținere.

Display-urile cu plasmă, fabricate până în prezent, sunt alfanumerice sau sub formă de ecrane plate. Cele alfanumerice sunt cu una până la patru linii, cu 24 de caractere pe fiecare linie; înălțimea unui caracter este de 0,5 inci. Display-urile-ecran au diagonala între 32 și 63 inci, iar rezoluția este de până la 3,1 megapixeli.

----- * -----