

5. DISPOZITIVE OPTOELECTRONICE

5.1. DISPOZITIVE FOTOEMIȚĂTOARE

5.1.1 DIODA LUMINISCENTĂ (LED)

a. CONSTRUCȚIE

b. FUNCȚIONARE

c. PARAMETRII

d. IDENTIFICARE TERMINALE

e. CONECTARE ÎN CIRCUIT

5.1.2 CELULA DE AFIȘAJ 7 SEGMENTE CU LED-uri

a. CONSTRUCȚIE

b. VERIFICARE

c. CONECTARE ÎN CIRCUIT

5.2 DISPOZITIVE FOTODETECTOARE

5.2.1 FOTOREZISTORUL

5.2.2 FOTODIODA

5.2.3 FOTOTRANZISTORUL

5.3 MODULATOARE OPTOELECTRONICE

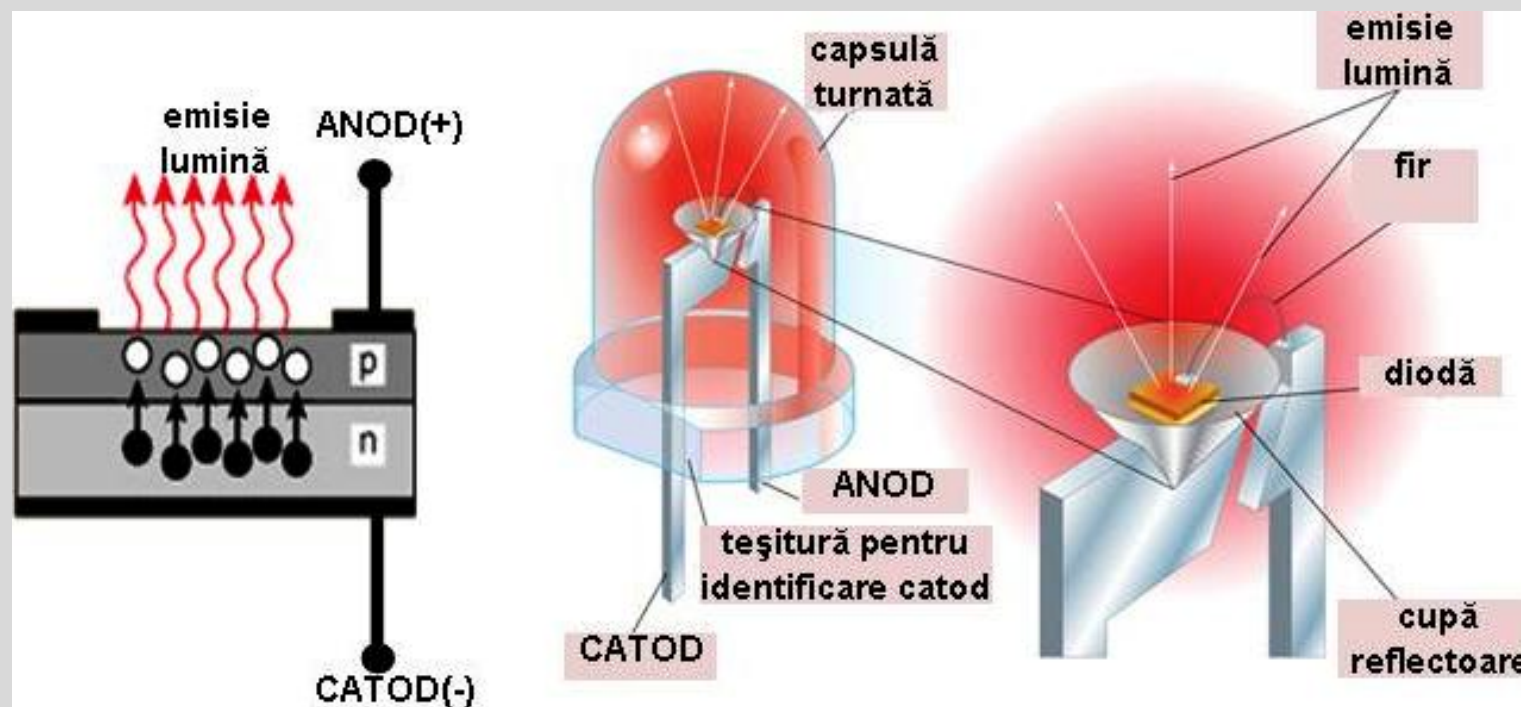
5.3.1 CUPLORUL OPTIC (OPTOCUPLORUL)

5.1. DISPOZITIVE FOTOEMIȚĂTOARE

5.1.1 DIODA LUMINISCENTĂ (LED)

a. CONSTRUCȚIA LED-ului

LED (Light Emitting Diode) – este o diodă care are proprietatea de a emite lumină atunci când este polarizată direct.

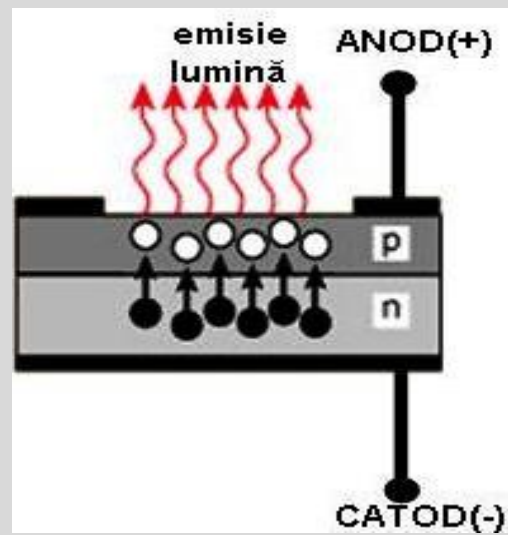


LED-ul este construit dintr-o structură semiconductoare PN cu suprafață foarte mică care emite lumină. Această structură care mai poartă denumirea de *diodă* este amplasată într-o *cupă reflectoare* și este conectată la terminalele diodei (*ANOD* și *CATOD*).

Această structură se realizează din aliaje semiconductoare speciale. La construcția structurii semiconductoare NU se utilizează siliciu sau germaniu deoarece se încălzesc și nu emit bine lumină. Toate aceste elemente sunt încapsulate. Aceste capsule se realizează din rășini sintetice de diverse culori și sub diverse forme. Culoarea radiației luminoase depinde de aliajul utilizat la realizarea structurii semiconductoare:

- **roșu, infraroșu – AlGaAs (Aluminiu-Galiu-Arsen)**
- **verde – AlGaP (Aluminiu-Galiu-Fosfor)**
- **roșu-orange, orange, galben, verde – AlGaInP (Aluminiu-Galiu-Indiu-Fosfor)**
- **roșu, roșu-orange, orange, galben – GaAsP (Galiu-Arsen-Fosfor)**
- **roșu, galben, verde – GaP (Gali-Fosfor)**
- **verde, verde-smarald, albastru – GaN (nitrură de galiu)**
- **ultraviolet apropiat, albastru-verzui, albastru – InGaN (nitrură indiu-galiu)**
- **albastru – ZnSe (zinc-seleniu)**
- **ultraviolet – Diamant (C) (Carbon)**
- **de la ultraviolet apropiat până la ultraviolet îndepărtat – AlN, AlGaN (nitruri Al, Ga)**

b. FUNCȚIONAREA LED-ului



Între semiconductorul de tip N și semiconductorul de tip P al diodei LED-ului se formează o joncțiune PN. La frontiere joncțiunii se formează o *regiune sărăcită de purtători*, în care nu există nici electroni liberi și nici goluri libere, ce formează o barieră care nu mai permite recombinarea electronilor din partea N cu golurile din partea P.

Prin polarizarea directă a joncțiunii PN, bariera creată de regiunea sărăcită de purtători este străpunsă, electronii din partea N sunt atrași către terminalul pozitiv al sursei de alimentare iar golurile din partea P sunt atrase către terminalul negativ al sursei de alimentare. Atât electronii cât și golurile ajung în regiunea sărăcită de purtători unde se recombina și eliberează energie sub formă de căldură și lumină.

La LED-uri, prin construcția acestora, majoritatea combinațiilor electron-gol eliberează fotoni sub formă de lumină în spectrul vizibil. Acest proces se numește electroluminescență.

c. PARAMETRII LED-ului

Curentul direct (I_F) – reprezintă curentul maxim suportat de LED la polarizare directă. Valoarea maximă a acestui curent este de 50 mA pentru LED-urile ce emit în spectrul vizibil respectiv 100 mA pentru LED-urile ce emit în infraroșu.

În majoritatea cazurilor se alege $I_F = 10 - 20$ mA.

Tensiunea de deschidere (V_F) – reprezintă tensiunea ce trebuie aplicată la bornele LED-ului pentru ca acesta să emită radiații luminoase. Valoarea acestei tensiuni variază între 1,2 V și 3,2 V, în funcție de culoarea luminii emise:

LED ROȘU $V_F = 1,2 - 1,6$ V

LED VERDE, GALBEN $V_F = 2 - 2,4$ V

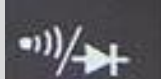


LED ALBASTRU $V_F = 2,8 - 3,2$ V

Tensiunea inversă (V_R) – reprezintă tensiunea maximă inversă care o poate suporta LED-ul fără a se distruge (tipic 3V – 10V).

d. IDENTIFICAREA TERMINALELOR

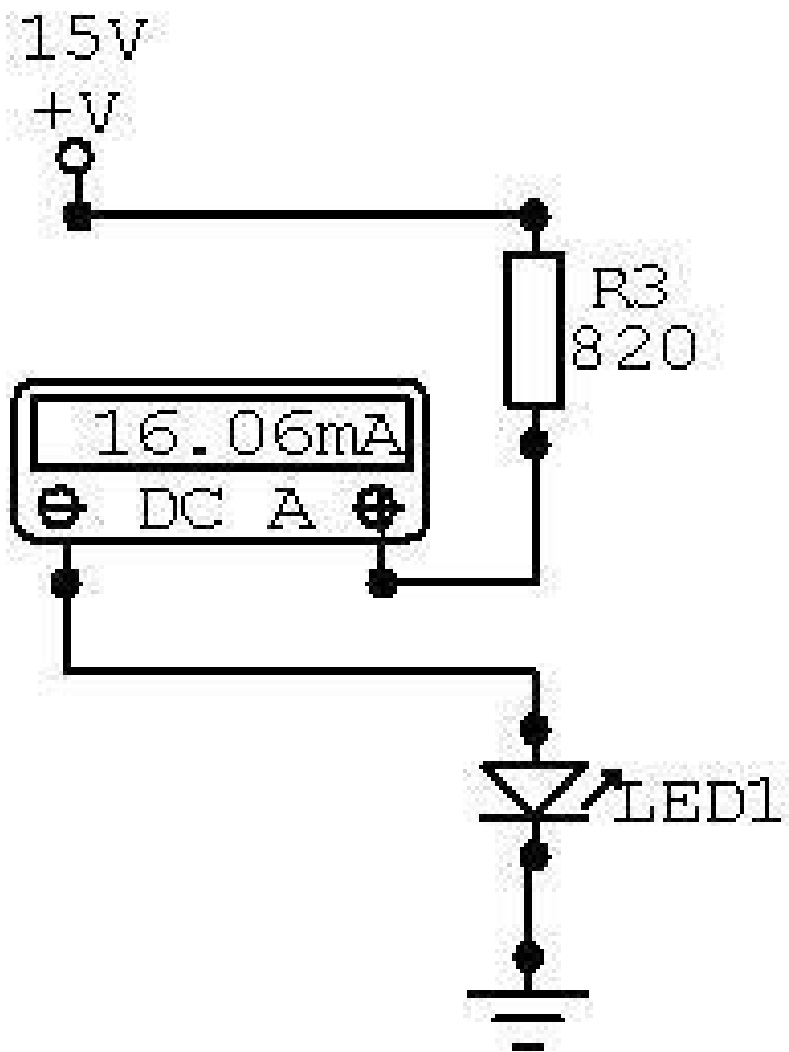


Identificarea terminalelor prin măsurare cu multitesterul se face astfel:

- se fixează comutatorul multitesterului pe poziția 
- se activează butonul  iar pe display în stânga-sus apare 
- se fixează tastele multitesterului la terminalele LED-ului în sensul în care acesta indică tensiune. În această situație, terminalul LED-ului pe care este **tasta +** a multitesterului va fi **ANODUL (+)** LED-ului.
- dacă se schimbă polaritatea tastelor la terminalele LED-ului, multitesterul indică 0 V.

e. CONECTAREA LED-ului ÎN CIRCUIT

Un LED se conectează într-un circuit electric, întotdeauna în serie cu un rezistor care limitează valoarea intensității curentului prin LED.



Din datele de catalog ale LED-ului rezultă:

$$V_F = 1,7V ; I_F = 20 \text{ mA.}$$

Aleg tensiunea de alimentare $V_{CC} = 15 \text{ V}$ și

curentul prin LED $I_{LED} = 16 \text{ mA}$.

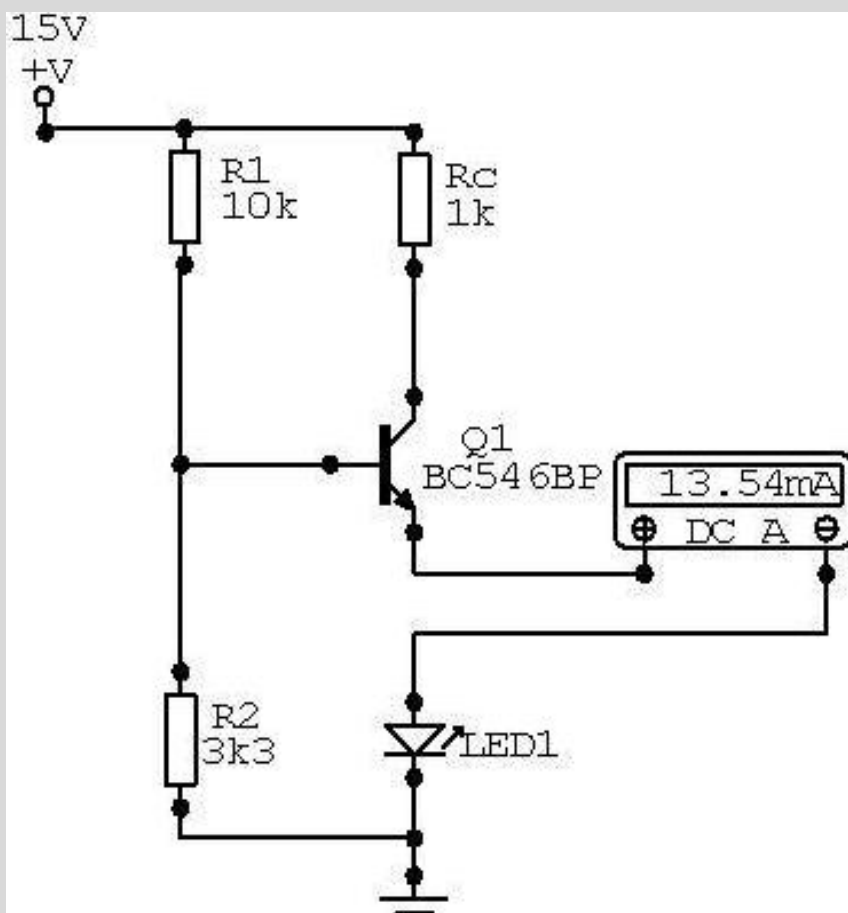
Trebuie să calculez $R1 = ?$

$$R[\Omega] = \frac{V_{CC}[V] - V_{LED}[V]}{I_{LED}[mA]} \cdot 1000$$

$$R1 = \frac{15 - 1,7}{16} \cdot 1000 = 831,25\Omega$$

Aleg $R1 = 820 \Omega$ (valoare standard).

CONECTAREA LED-ului ÎN CIRCUIT CU UN TRANZISTOR BIPOLAR



Din datele de catalog ale LED-ului rezultă:

$$V_F = 1,7V ; I_F = 20 \text{ mA.}$$

Aleg tensiunea de alimentare $V_{CC} = 15 \text{ V}$ și

curentul prin LED $I_{LED} = 14 \text{ mA.}$

Trebuie să calculez $R_c = ?$

$$R_c = \frac{V_c - (V_{LED} + V_{CE})}{I_{LED}}$$

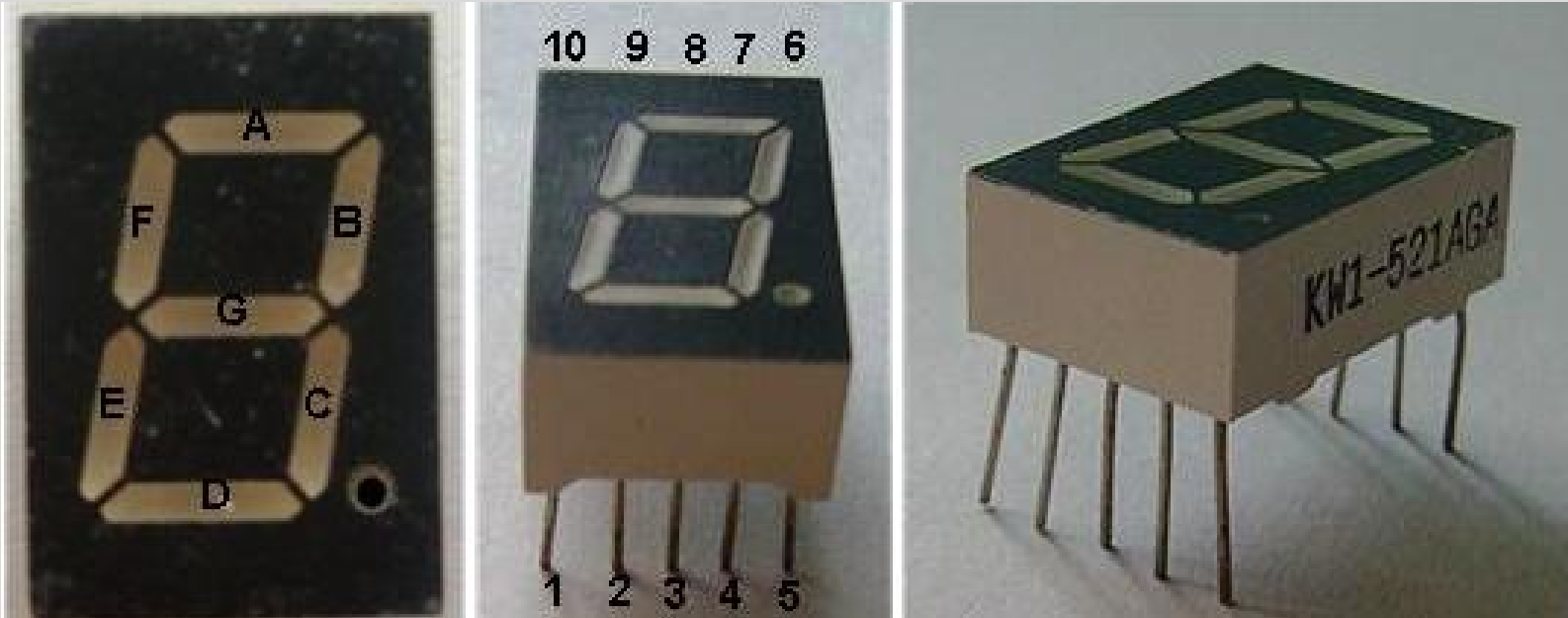
$$R_c = \frac{15 - (1,7 + 0,02)}{14} = 948,5\Omega$$

ALEG $R_c = 1 \text{ K}$

Valoarea intensității curentului din colectorul tranzistorului nu este stabilită numai de valoarea rezistorului R_c ci și de valoarea curentului din baza tranzistorului care depinde de valorile rezistoarelor R_1 și R_2 din divizorul de tensiune. Dacă modificăm valorile rezistoarelor R_1 și R_2 se modifică și curentul prin tranzistor, implicit prin LED.

5.1.2 CELULA DE AFIŞAJ 7 SEGMENTE CU LED-uri

a. CONSTRUCŢIA AFIŞAJULUI 7 SEGMENTE



Afişajul este format din 7 segmente.

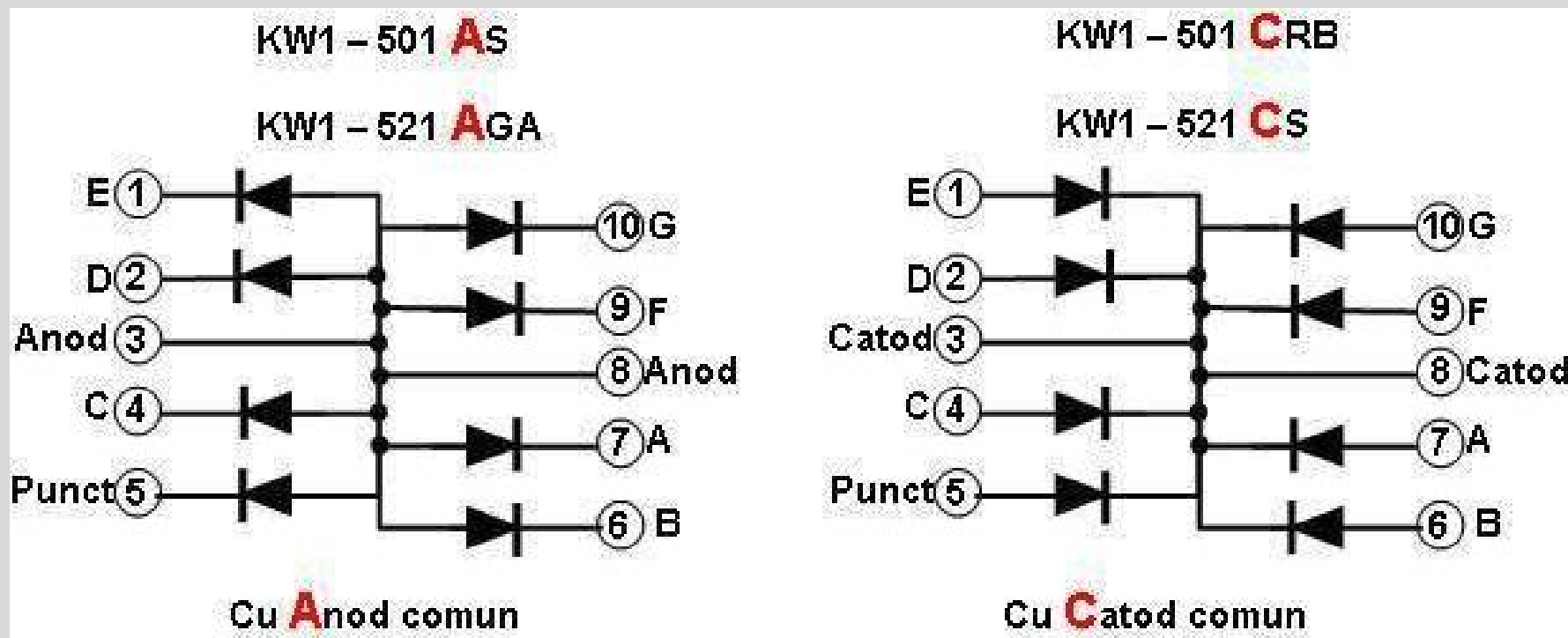
Fiecare segment de afişaj este un led.

Pentru activarea unui segment acesta se polarizează direct.

Prin combinații ale segmentelor se formează cele zece cifre de la 0 la 9.

Prin polarizarea directă a segmentelor , în diverse combinații, se poate forma orice cifră a sistemului zecimal.

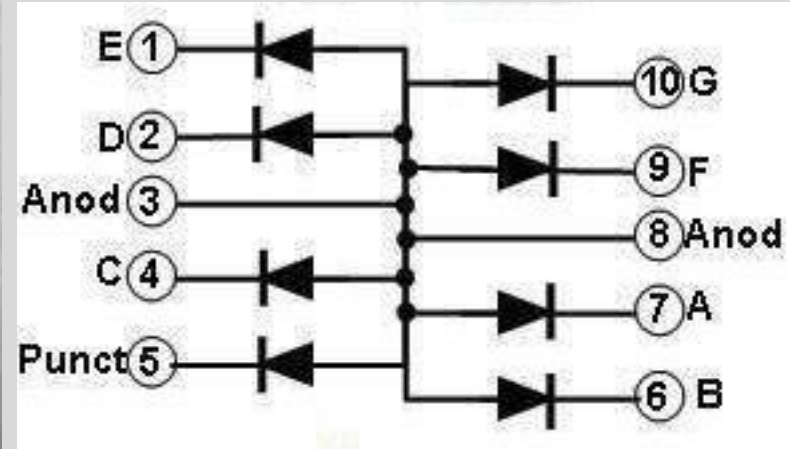
Afișajele 7 segmente se construiesc în două variante: cu **anodul comun** și cu **catodul comun** și sunt prevăzute cu 10 terminale






La afișajele cu Anod comun, anodul se conectează spre polul pozitiv al sursei (+) iar segmentul care se activează se conectează spre polul negativ al sursei (-).

La afișajele cu Catod comun, catodul se conectează spre polul negativ al sursei (-) iar segmentul care se activează se conectează spre polul pozitiv al sursei (+).

b. VERIFICAREA AFIȘAJULUI 7 SEGMENTE



- se fixează comutatorul multitesterului pe poziția 
- se activează butonul  iar pe display în stânga-sus apare 
- la afișajul cu anodul comun , tasta (+) a multitesterului se fixează pe terminalul 3 sau 8 a afișajului (anozi) iar cealaltă tastă(-) se conectează pe rând la celelalte terminale ale afișajului.
- Pentru fiecare conectare multitesterul trebuie să indice o anumită tensiune, în funcție de tipul afișajului.
- dacă se inversează polaritatea tastelor multitesterul va indica 0V.

b. CONECTAREA ÎN CIRCUIT A AFIŞAJULUI 7 SEGMENTE

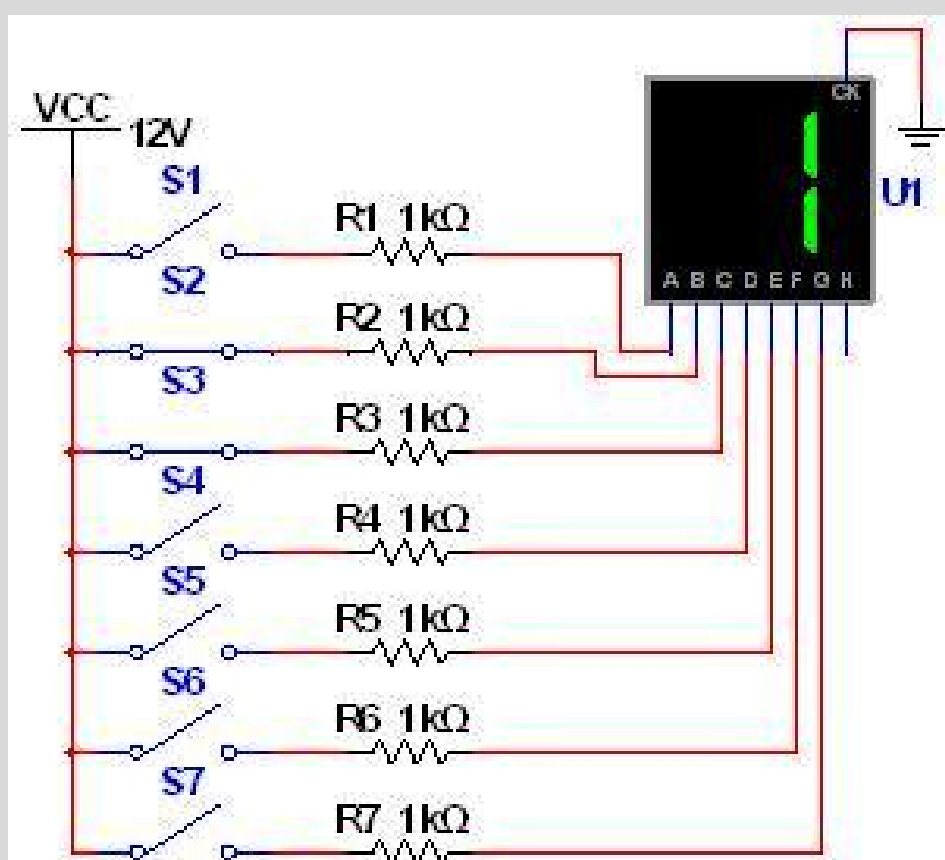
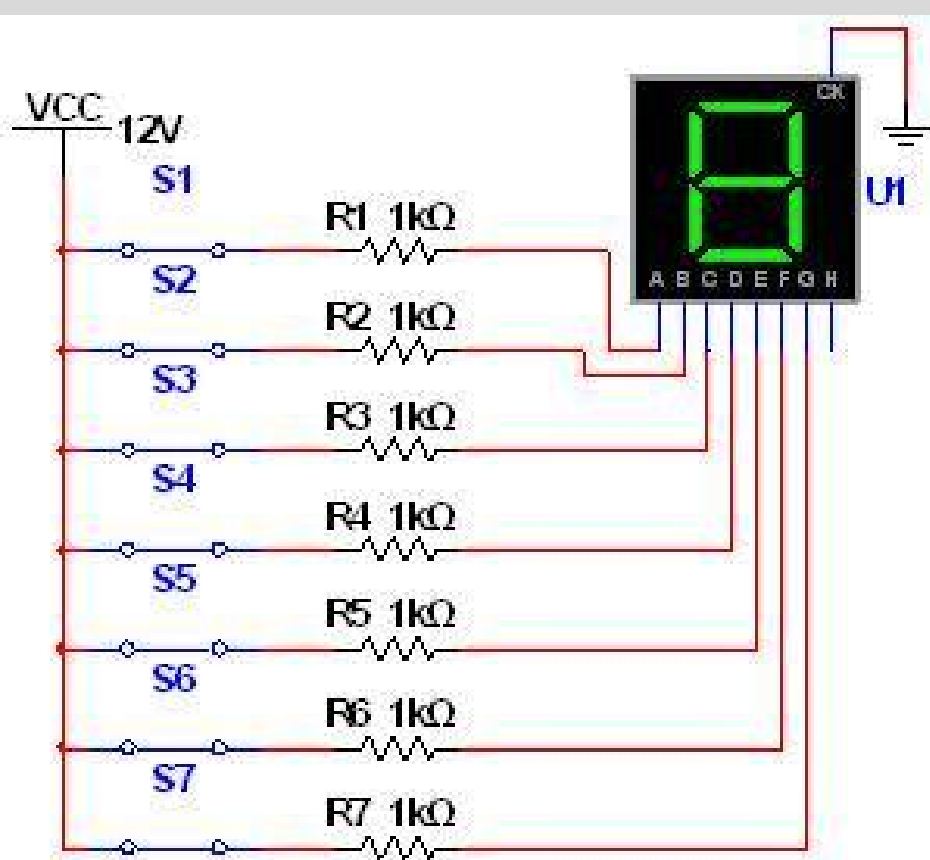
Un segment are următorii parametrii electrici:

- **Tensiunea directă de polarizare $V_f = 1,9 \text{ V} - 2,2 \text{ V}$**
- **Curentul direct $I_f = 10 \text{ mA} - 20 \text{ mA}$.**

În schemele electronice, afişajul 7 segmente se utilizează împreună cu un decodificator 7 segmente, care este un circuit integrat specializat pentru această funcție :

CDB 446, CDB 447, SN7447, etc – pentru anod comun

CDB 448, MMC4248, SN7448, etc. – pentru catod comun



Segmentele afișajului sunt conectate prin intermediul unor **rezistoare R** la **întrerupătoarele S** .

Deoarece afișajul este cu **catodul comun**, catodul se conectează la masa montajului (-) iar întrerupătoarele S se conectează la borna (+).

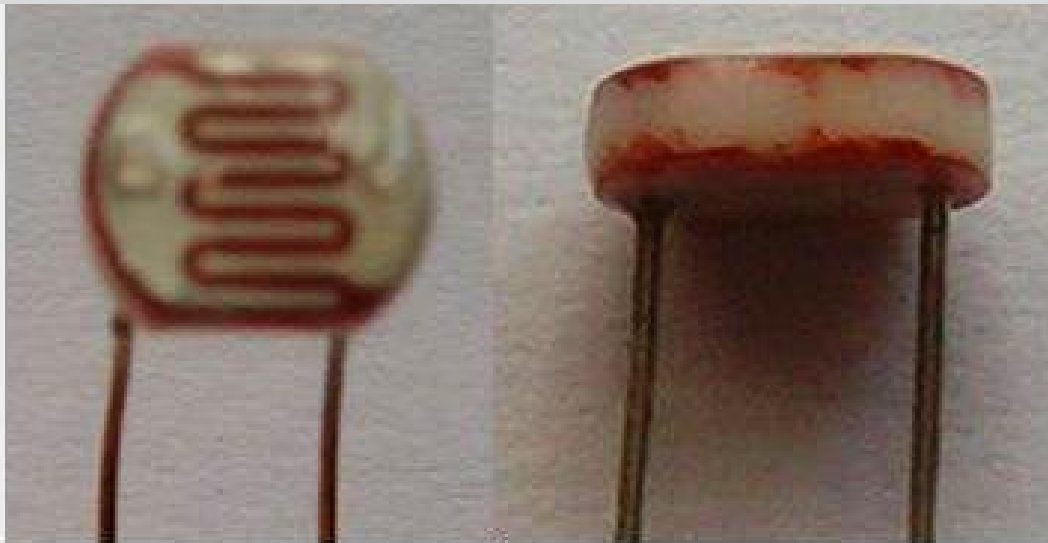
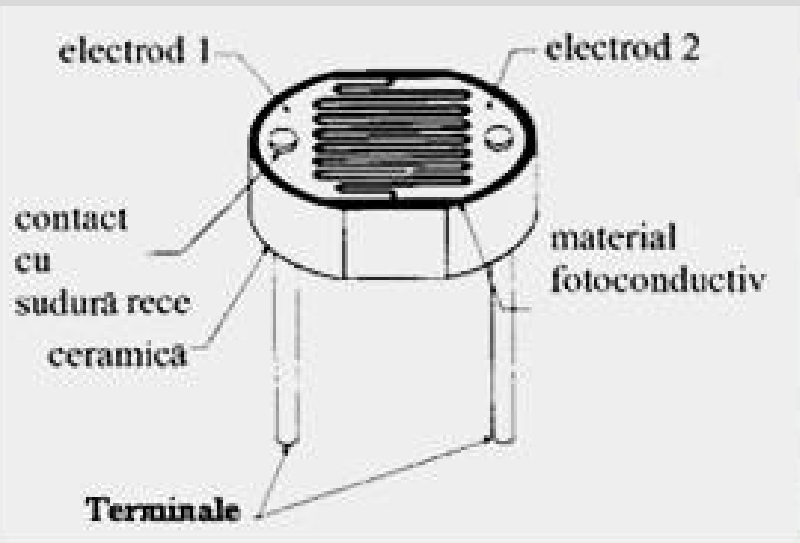
La închiderea unui întreruptor luminează segmentul corespunzător întreruptorului respectiv (S1-A, S2-B, S3-C, S4-D, S5-E, S6-F, S7-G).

5.2. DISPOZITIVE FOTODETECTOARE

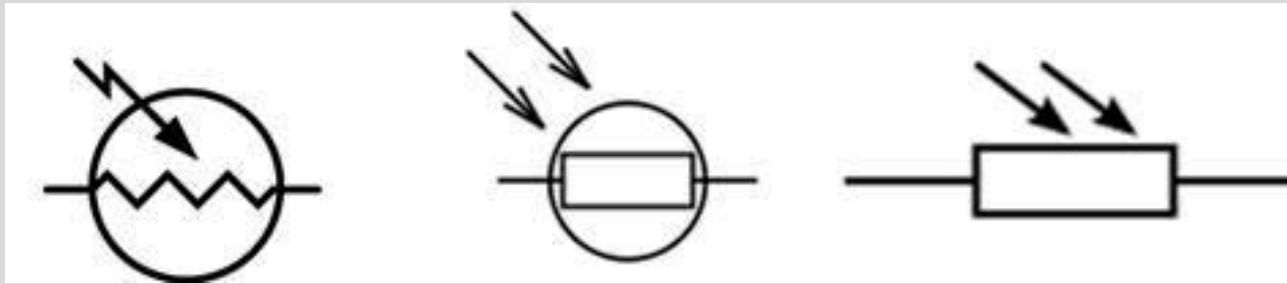
5.2.1 FOTOREZISTORUL

Fotorezistorul – este un dispozitiv electronic, a cărui rezistență electrică se modifică sub acțiunea unui flux luminos care cade pe suprafața sensibilă a acestuia.

Fotorezistorul este format dintr-o peliculă din material semiconductor, depusă prin evaporare în vid pe un grătar metalic care este fixat pe o placă izolatoare. Pelicula este prevăzută la capete cu contacte ohmetrice care reprezintă terminalele și este protejată prin acoperire cu lac sau prin încapsulare în material plastic



SIMBOLURILE FOTOREZISTORULUI



VERIFICAREA FOTOREZISTORULUI

Rezistența electrică a fotorezistorului scade odată cu creșterea intensității fluxului luminos aplicat pe suprafața sensibilă a fotorezistorului.

În figura de mai jos se observă cum rezistența fotorezistorului se modifică în funcție de gradul de acoperire a suprafeței sensibile.

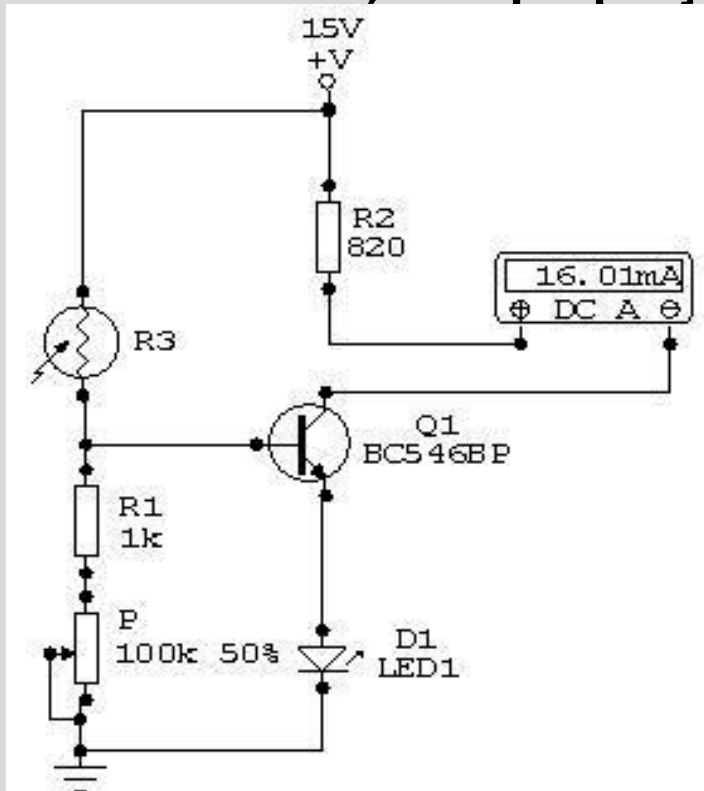


CONECTAREA ÎN CIRCUIT A FOTOREZISTORULUI

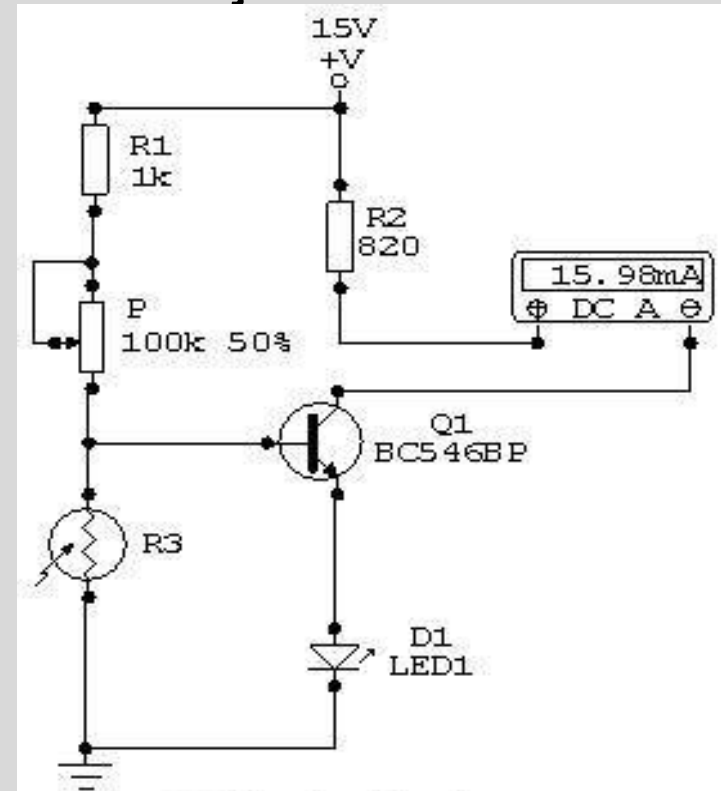
Conectat într-un circuit electric, fotorezistorul modifică intensitatea curentului din circuit.

Intensitatea curentului crește proporțional cu scăderea rezistenței electrice a fotorezistorului, deci proporțional cu creșterea intensității fluxului luminos.

Intensitatea curentului crește proporțional cu scăderea rezistenței electrice a fotorezistorului, deci proporțional cu creșterea intensității fluxului luminos.



Montaj cu fotorezistor activat
de *lumină*

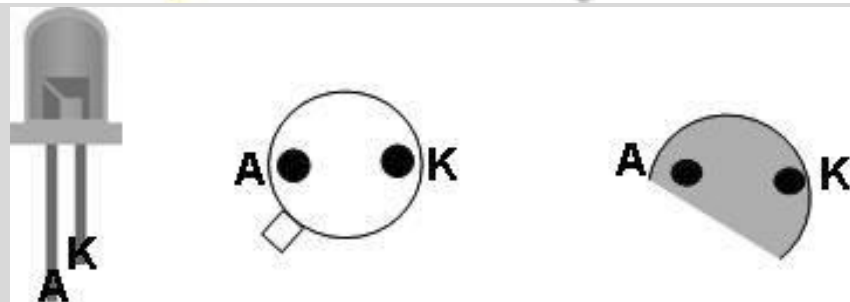


Montaj cu fotorezistor activat
de *întuneric*

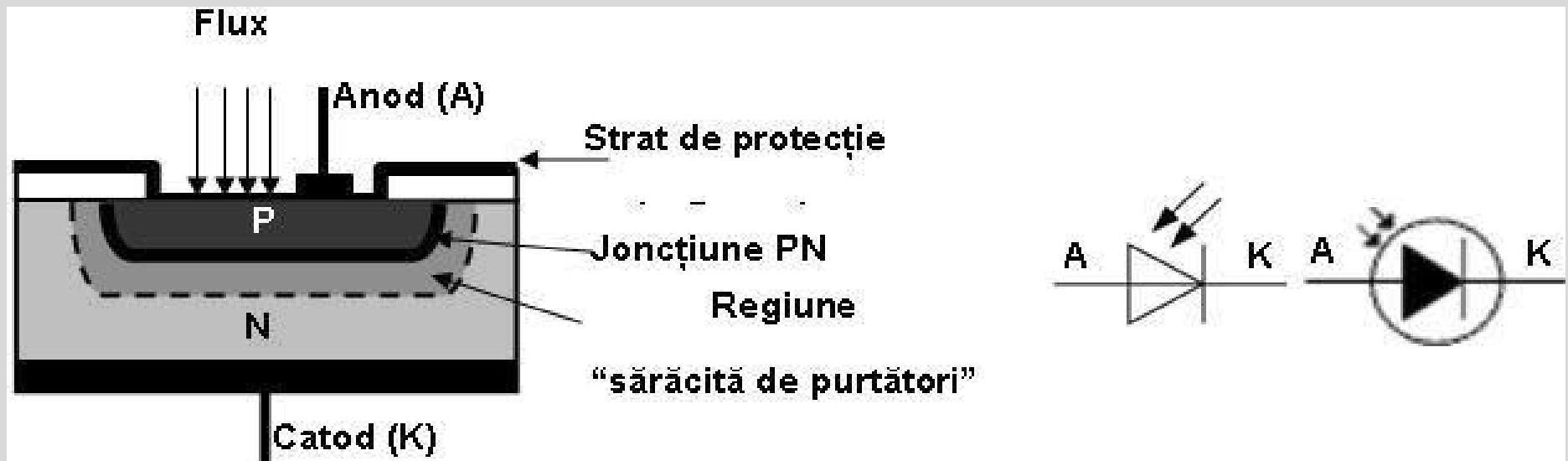
5.2.2 FOTODIODA

Fotodioda este un dispozitiv optoelectronic, realizat dintr-o joncțiune pn fotosensibilă, care funcționează în *polarizare inversă*.

Capsula fotodiodei prezintă o fantă transparentă, sub forma unei ferestre plane sau a unei lentile, care permite pătrunderea luminii către joncțiunea pn



CONSTRUCȚIA ȘI SIMBOLURILE FOTODIODEI



Suprafața activă a fotodiodei este acoperită cu un *stat subțire de protecție*, care este și antireflectorizant.

Între cele două substraturi, P și N, se formează *joncțiunea PN*.




Regiunea care se formează în vecinătatea joncțiunii PN se numește "*regiune sărăcită de purtători*".

Această regiune își modifică adâncimea în funcție de valoarea tensiunii inverse aplicată la terminalele fotodiodei.

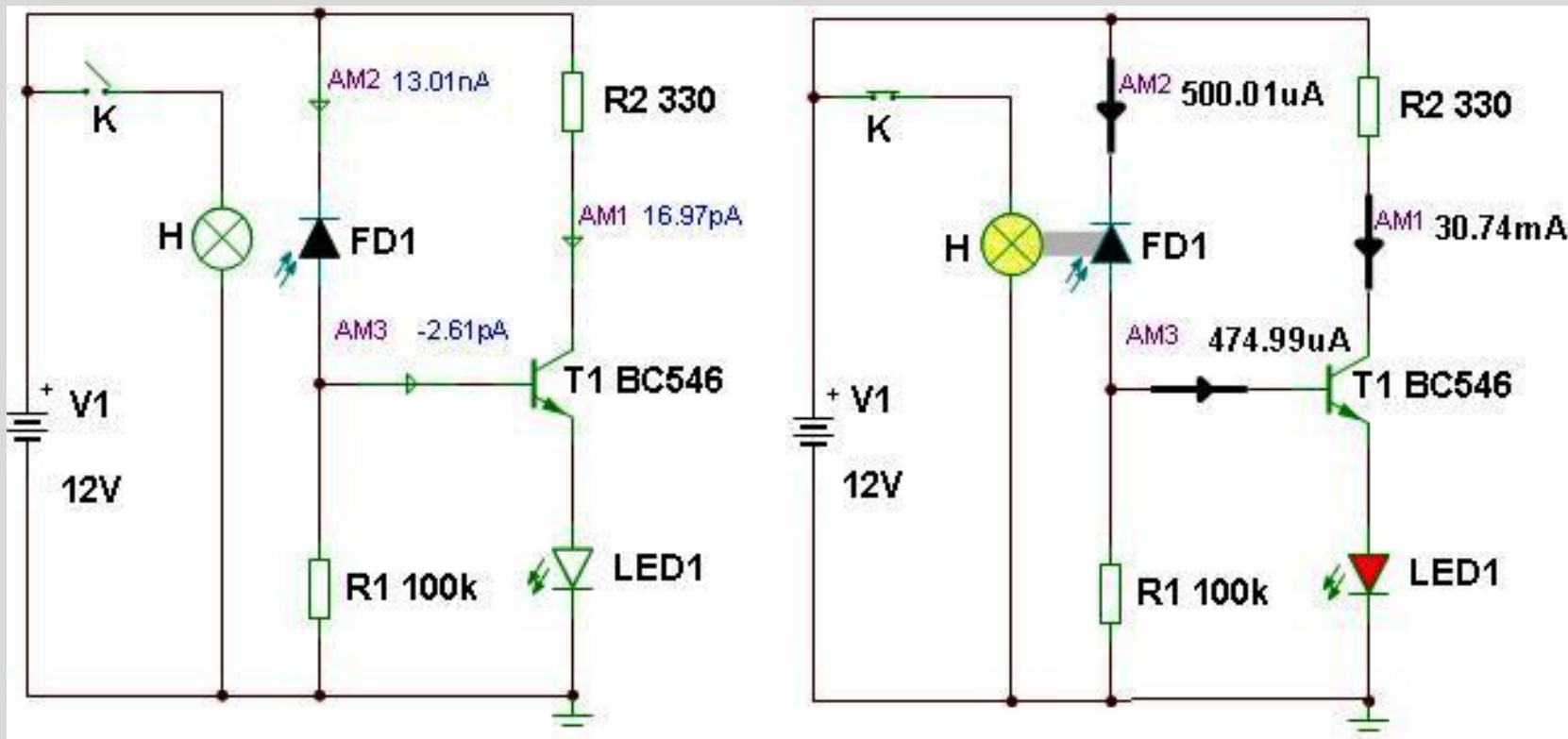
Odată cu creșterea tensiunii inverse regiunea se adâncește mai mult, fapt care permite curentului electric produs de radiațiile luminoase să traverseze joncțiunea PN a fotodiodei

IDENTIFICAREA TERMINALELOR ȘI VERIFICAREA FOTODIODEI



- se fixează comutatorul multitesterului pe poziția 
- se activează butonul  iar pe display în stânga-sus trebuie să apară 
- se fixează tastele multitesterului la terminalele fotodiodei în sensul în care acesta indică tensiune . În această situație, terminalul fotodiodei pe care este **tasta +** a multitesterului va fi **catodul (-)** fotodiodei
- pentru a verifica funcționarea fotodiodei, se astupă capsula acesteia, situație în care tensiunea indicată de multitester trebuie să se modifice
- dacă se modifică fluxul de lumină pe capsula fotodiodei (prin iluminare sau întunecare) trebuie să se modifice tensiunea la bornele acesteia.

CONECTAREA ÎN CIRCUIT A FOTODIODEI



La conectarea în circuit, fotodiada se conectează întotdeauna în serie cu un rezistor care limitează curentul prin fotodiodă

Când **întrerupătorul K este deschis**, lampa H este stinsă iar fotodiada FD1 este blocată, deci prin circuitul bazei tranzistorului T1 nu circulă curent. În această situație tranzistorul este blocat iar **LED1 este stins**.

Când **întrerupătorul K este închis**, lampa H luminează iar fotodiada FD1 intră în conducție, deci prin circuitul bazei tranzistorului T1 circulă curent. În această situație tranzistorul conduce iar **LED1 luminează**.

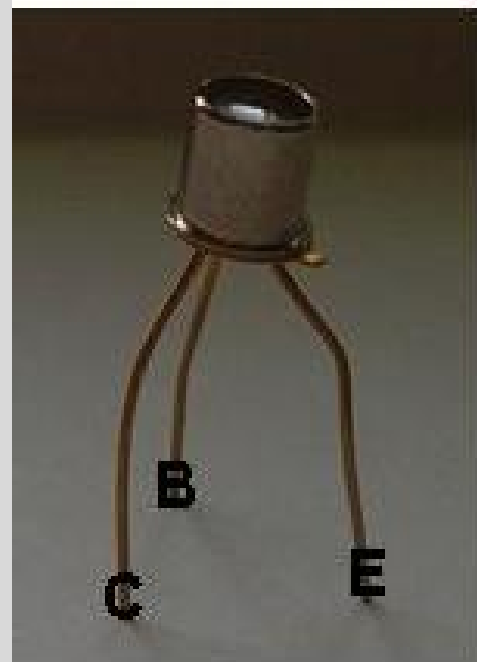
5.2.3 FOTOTRANZISTORUL

Fototranzistorul este un tranzistor cu joncțiunea bază-colector fotosensibilă. Pentru fototranzistoare sunt două variante constructive:

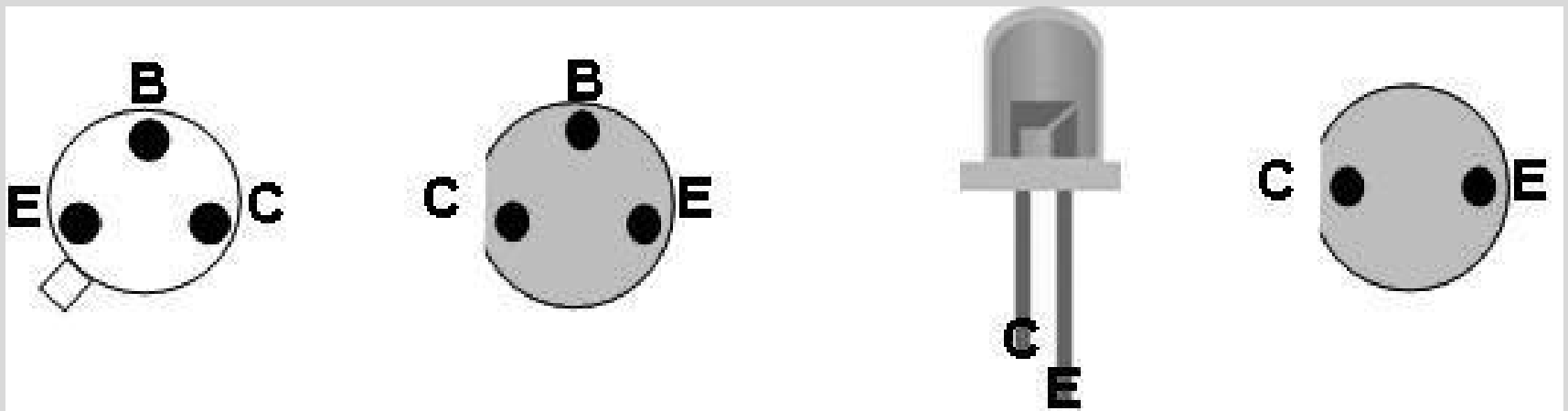
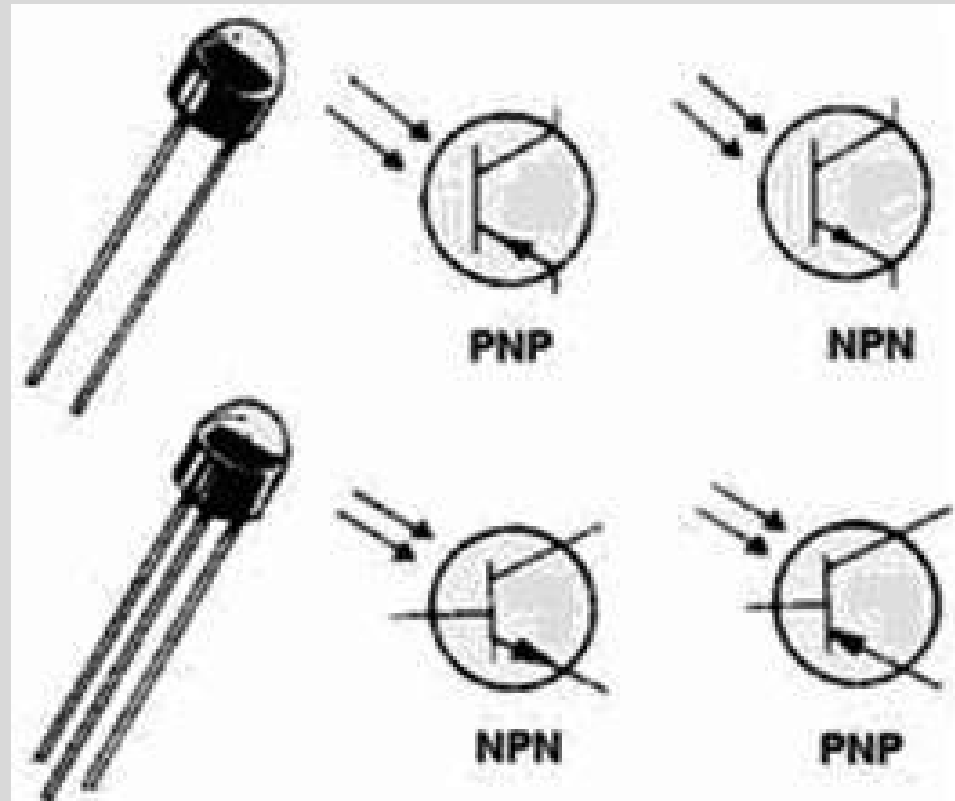
cu *două terminale* sau cu *trei terminale*.

În configurația cu două terminale, baza nu este accesibilă, situație în care semnalul de intrare în fototranzistor este exclusiv lumina.

În configurația cu trei terminale, baza se conectează în circuit și asigură o stabilitate mai bună a punctului static de funcționare față de variațiile de temperatură.






SIMBOLUL FOTOTRANZISTORULUI. IDENTIFICAREA TERMINALELOR.

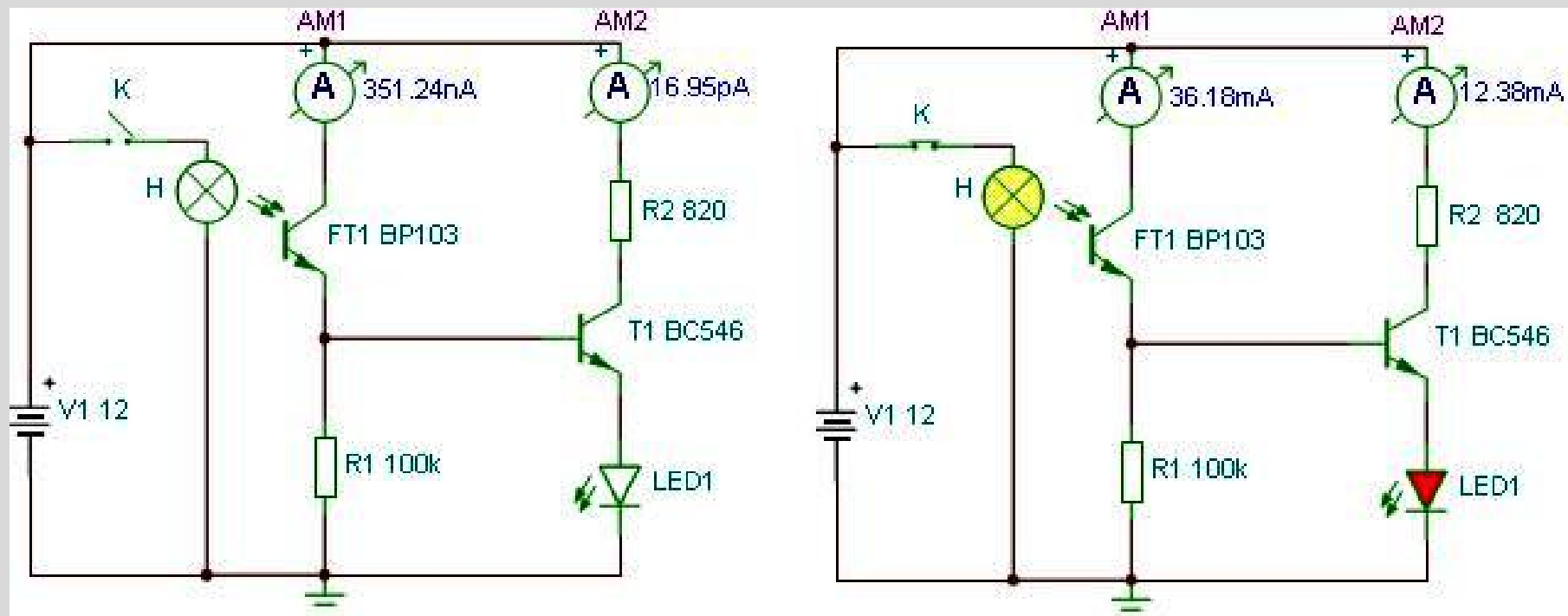


IDENTIFICAREA TERMINALELOR ȘI VERIFICAREA FOTOTRANZISTORULUI



- se fixează comutatorul multitesterului pe poziția 
- se activează butonul  iar pe display în stânga-sus trebuie să apară 
- se fixează tastele multitesterului la terminalele fototranzistorului în sensul în care acesta indică tensiune. În această situație, terminalul fototranzistorului pe care este **tasta +** a multitesterului va fi **colectorul (C)** fototranzistorului. (ATENȚIE! Când se face această verificare capsula fototranzistorului se îndreaptă spre lumină).
- pentru a verifica funcționarea fototranzistorului, se astupă capsula acestuia, situație în care tensiunea indicată de multitester trebuie să se modifice .

CONECTAREA ÎN CIRCUIT A FOTOTRANZISTORULUI



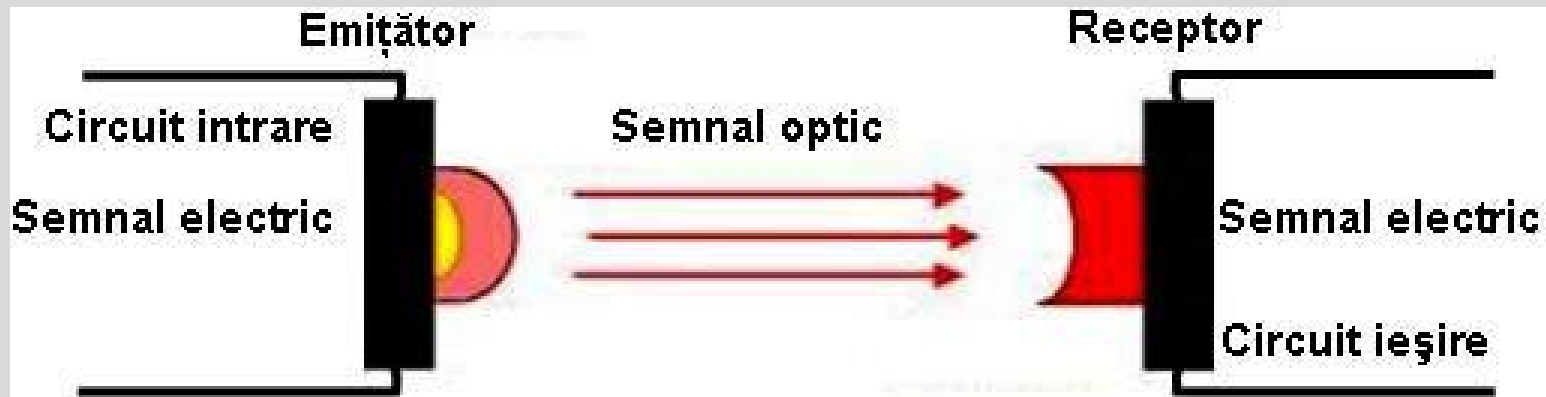
Când **întrerupătorul K este deschis**, lampa H este stinsă iar fototranzistorul **FT1 este blocat**, prin el nu circulă curent și se comportă ca un întrerupător deschis. În această situație tranzistorul **T1 este blocat** iar **LED1 este stins**.

Când **întrerupătorul K este închis**, lampa H luminează iar fototranzistorul **FT1 intră în conducție**, prin el circulă curent și se comportă ca un întrerupător închis. În această situație tranzistorul **T1 este polarizat și intră în conducție**. Prin tranzistorul T1 circulă curent iar **LED1 luminează**.

5.3. MODULATOARE OPTOELECTRONICE

5.3.1 CUPLORUL OPTIC (OPTOCUPLORUL)

Cuplorul optic –este un dispozitiv optoelectronic format dintr-un emițător (LED) și un receptor de lumină (fotodiodă, fototranzistor, fototiristor, etc.) așezate față în față la distanță mică în aceeași capsulă opacă.



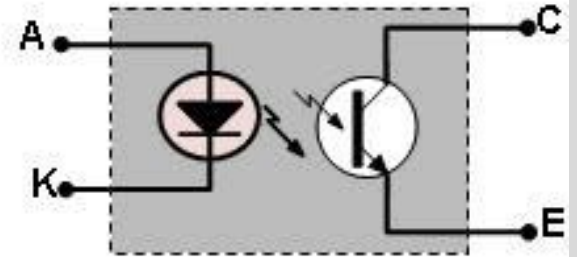
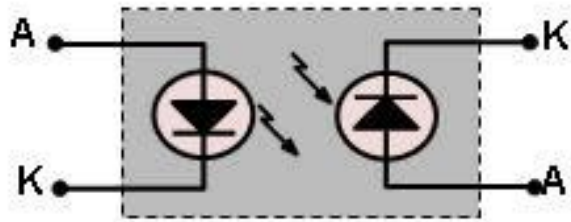
Circuitul de intrare sau **emițătorul** unui cuplor optic este, de obicei, un **LED**. Acesta primește semnal electric și emite semnal optic.

Circuitul de ieșire sau **receptorul** unui cuplor optic poate fi: **fotodiodă**, **fototranzistor**, fotodarlington, fototiristor, fototriac. Acesta transformă semnalul optic în semnal electric.

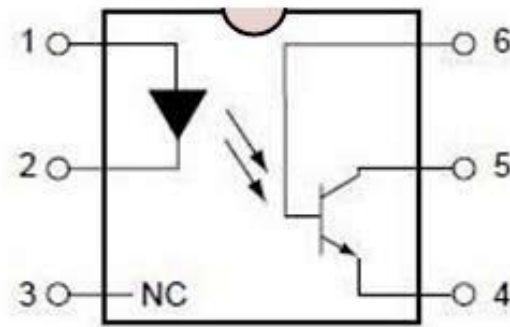
Cuplorul optic transmite o comandă electrică prin intermediul luminii, asigurându-se o izolare perfectă din punct de vedere electric între circuitul de intrare și circuitul de ieșire.

TIPURI CONSTRUCTIVE DE CUPLOARE OPTICE

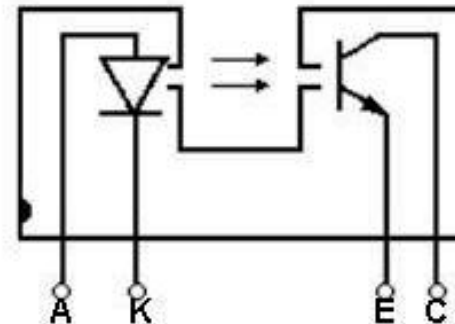
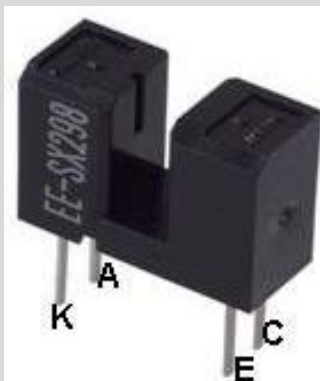
CUPLORUL OPTIC CU 4 TERMINALE



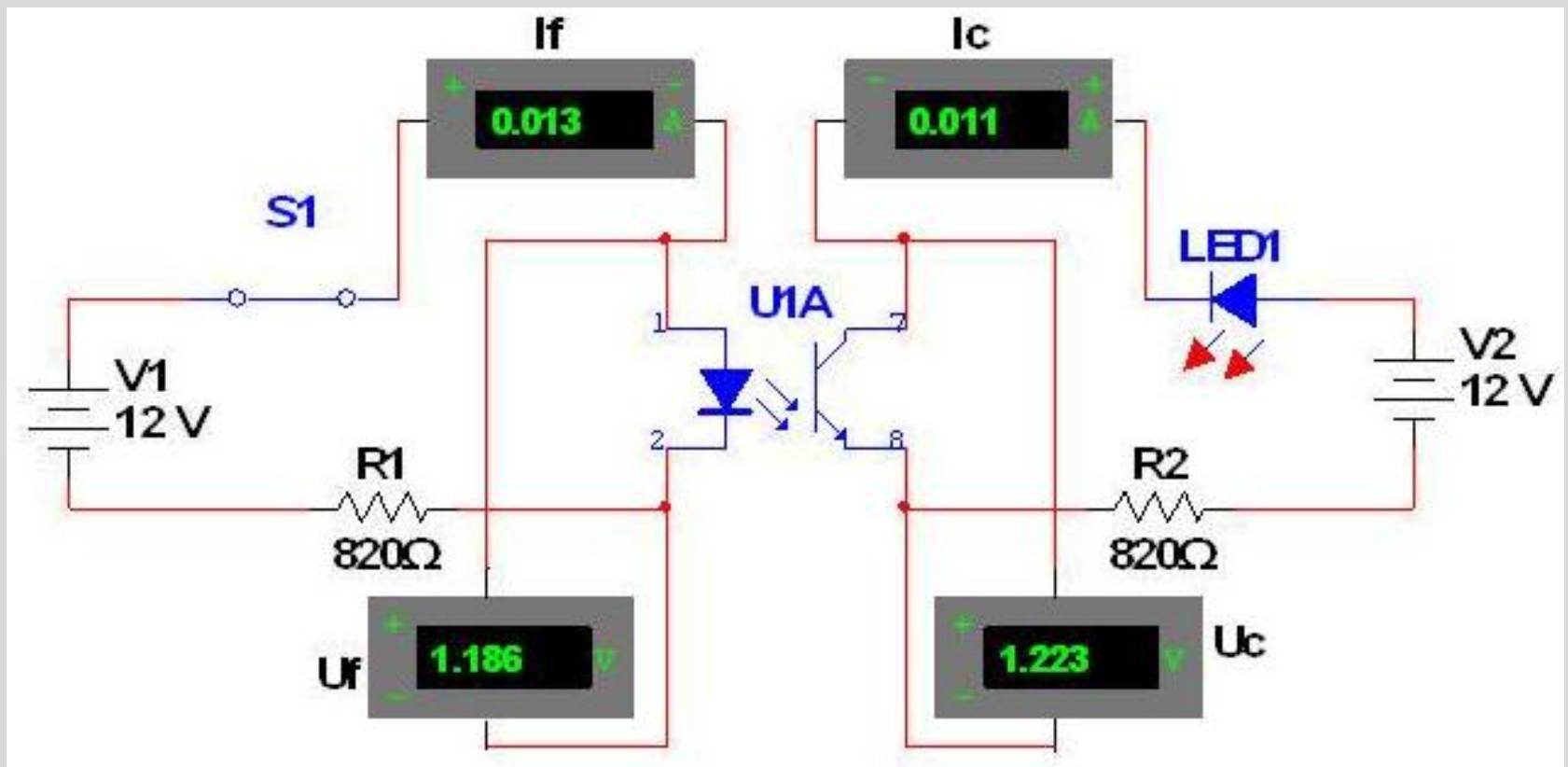
CUPLORUL OPTIC CU 6 TERMINALE



COMUTATORUL OPTIC



CONECTAREA ÎN CIRCUIT A CUPLORULUI OPTIC



Când întrerupătorul S1 este închis, emițătorul este alimentat cu tensiune și emite radiații luminoase. Receptorul captează aceste radiații fapt care duce la intrarea în conducție a fototranzistorului și la luminarea dispozitivului LED1.

Lecțiile de electronică se poate descărca de la adresa:

<http://eprofu.ro/tehnice/lectii-discipline-tehnice/>

Auxiliarele de electronică se pot descărca de la adresa:

<http://eprofu.ro/electronica/>

Adresa e-mail profesor electronică analogică:

cornelbn@gmail.com