6. DISPOZITIVE OPTOELECTRONICE

6.1. DISPOZITIVE FOTODETECTOARE

6.1.1 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 şi este protejată prin acoperire cu lac sau prin încapsulare în material plastic (figura 6.1.1)

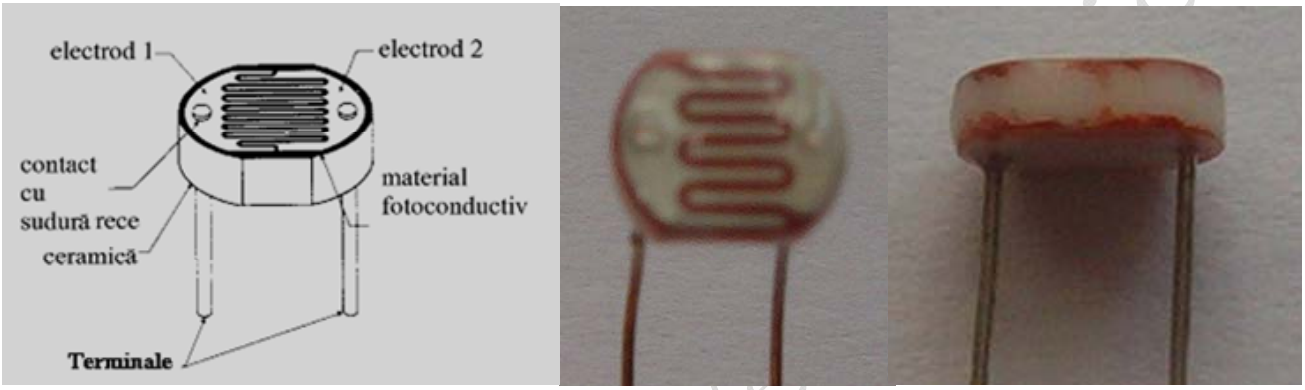


Figura 6.1.1 Fotorezistorul

Simbolurile grafice ale fotorezistorului sunt prezentate în figura 6.1.2

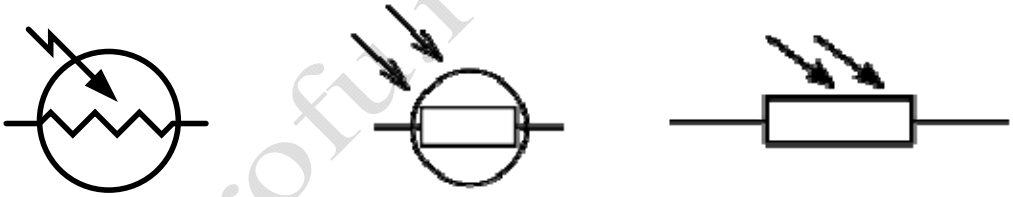


Figura 6.1.2 Simbolurile fotorezistorului

Rezistența electrică a fotorezistorului scade odată cu creşterea intensității fluxului luminos aplicat pe suprafața sensibilă a fotorezistorului. În figura 6.1.3 se observă cum rezistența fotorezistorului se modifică în funcție de gradul de acoperire a suprafeței sensibile.

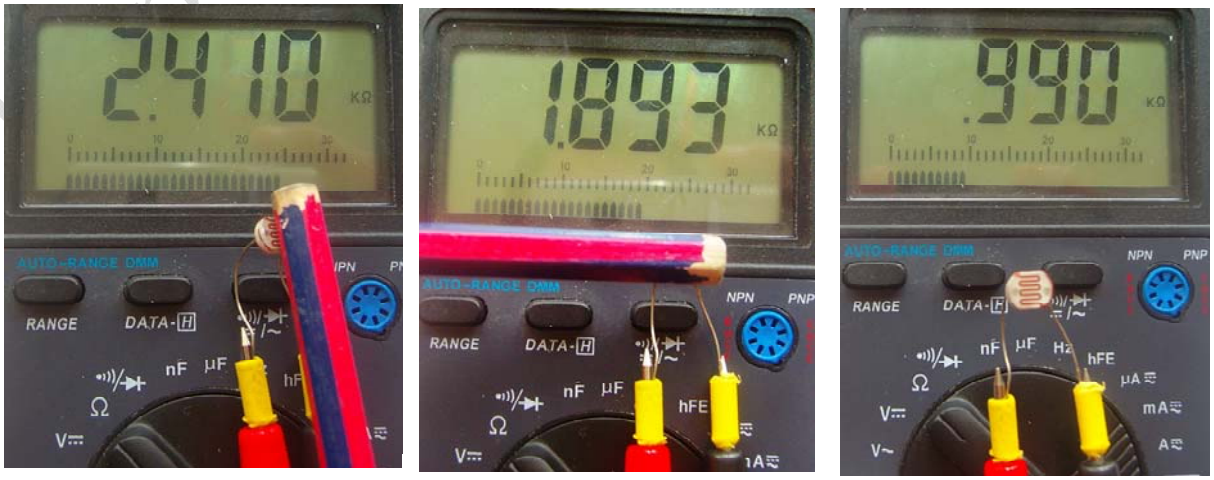
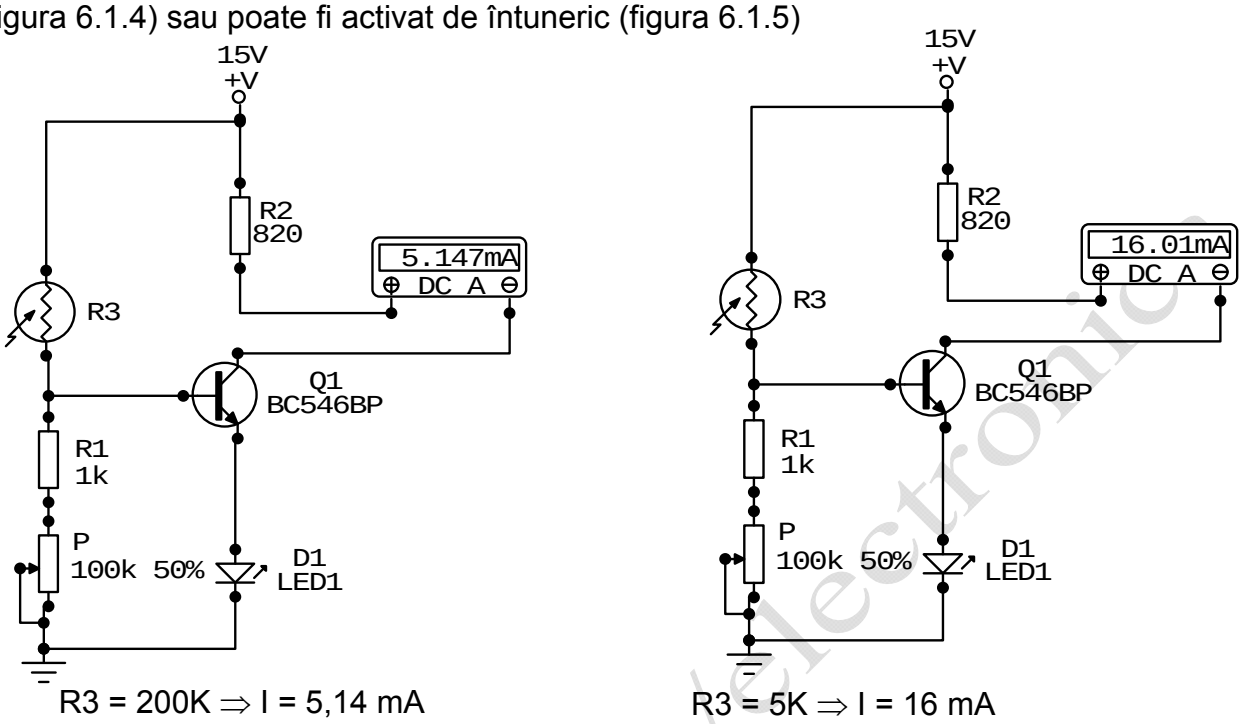


Figura 6.1.3 Comportarea fotorezistorului la modificarea intensității fluxului luminos

http://eprofu.ro/electronica

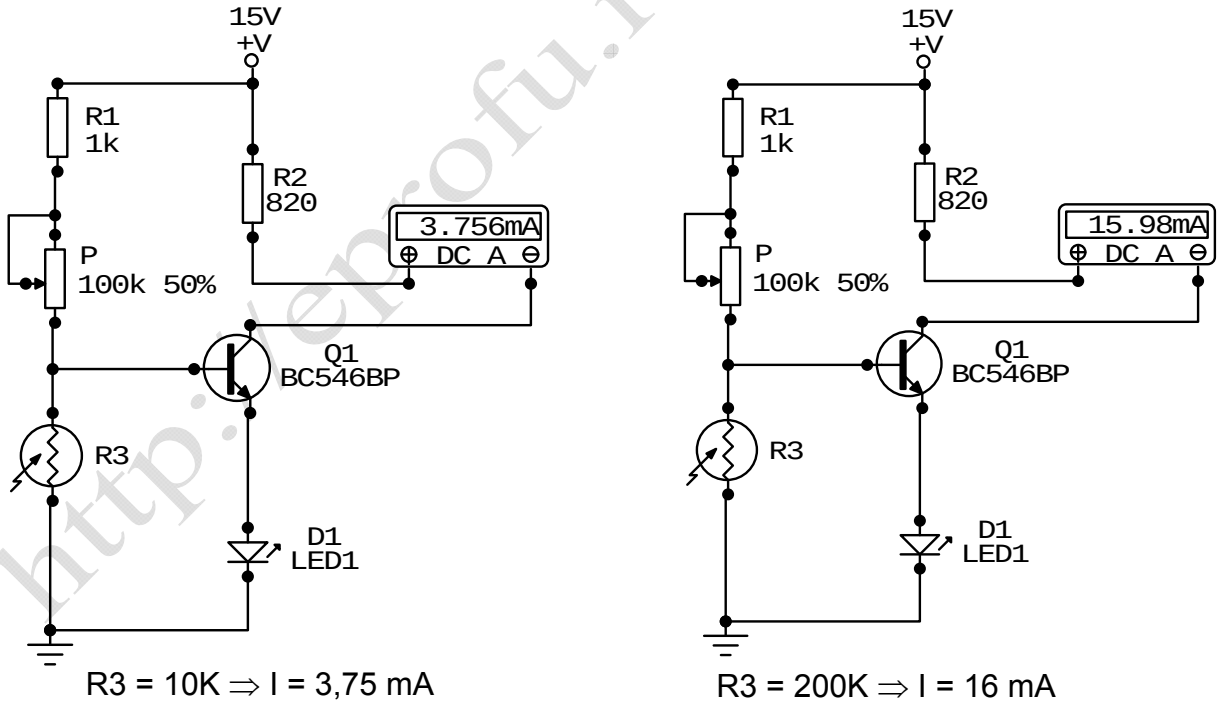
Conectat într-un circuit electric, fotorezistorul modifică intensitatea curentului din circuit. Intensitatea curentului creşte proporțional cu scăderea rezistenței electrice a fotorezistorului, deci proporțional cu creşterea intensității fluxului luminos. În circuitele electronice, în funcție de modul de conectare, fotorezistorul poate fi activat de lumină (figura 6.1.4) sau poate fi activat de întuneric (figura 6.1.5)



R3 = 200K ⇒ I = 5,14 mA

R3 = 5K ⇒ I = 16 mA

Figura 6.1.4 Montaj cu fotorezistor activat de lumină



R3 = 10K ⇒ I = 3,75 mA

R3 = 200K ⇒ I = 16 mA

Figura 6.1.5 Montaj cu fotorezistor activat de întuneric

Din potențiometrul **P** se reglează sensibilitatea fotorezistorului **R3**. Rezistența **R1** protejează fotorezistorul.

http://eprofu.ro/electronica

6.1.2 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 (figura 6.1.6).

Figura 6.1.6 Fotodiode

În figura 6.1.7 sunt prezentate structura şi simbolul fotodiodei

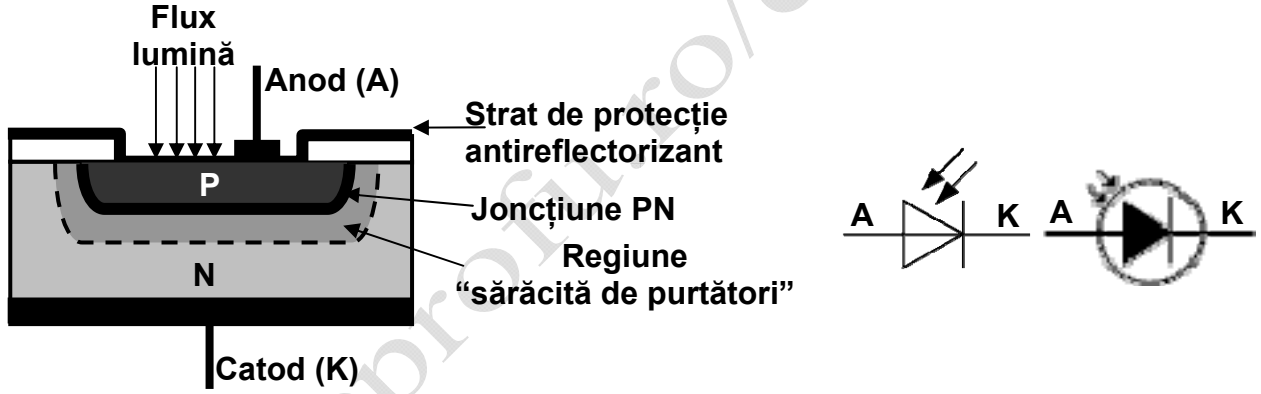


Figura 6.1.7 Structura şi simbolul fotodiodei

În structura fotodiodei materialul de bază este siliciul dopat **N**. La suprafața stratului N este creat un strat subțire **P**, prin implantarea ionică sau difuzia termică a unui material adecvat (de obicei se utilizează bor). Suprafața activă a fotodiodei este acoperită cu un stat subțire de protecție, care este şi antireflectorizant, care poate fi monoxid sau bioxid de siliciu. Între cele două substraturi, P şi N, se formează **joncțiunea PN**. Regiunea care se formează în vecinătatea joncțiunii PN se numeşte "**regiune sărăcită de purtători**" deoarece în această regiune siliciul „ este golit" de purtători de sarcină liberi. Această regiune este foarte importantă în funcționarea fotodiodei, ea îşi modifică adâncimea în funcție de valoarea tensiunii inverse aplicată la terminalele fotodiodei. Capacitatea joncțiunii PN depinde de grosimea acestei regiuni. Cu cât tensiunea de polarizare inversă a fotodiodei creşte, se măreşte adâncimea regiunii şi scade capacitatea joncțiunii PN.

http://eprofu.ro/electronica

Identificarea terminalelor şi verificarea fotodiodei

La fotodiode terminalul mai **lung** este **Anodul (+)** iar terminalul mai **scurt** este **Catodul (-)**.

La fotodiodele în capsulă metalică terminalul de lângă **cheiță** este **Anodul (+)**.

La fotodiodele în capsulă din plastic transparent electrodul mai **subțire** este **Anodul (+)**.

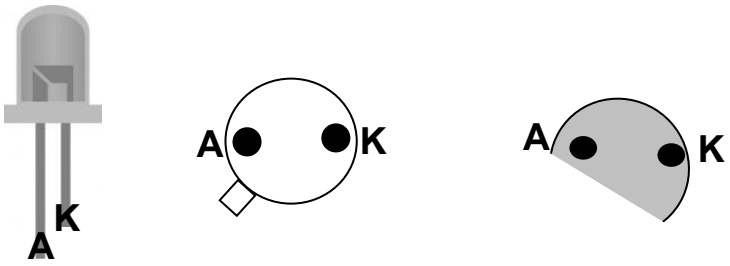
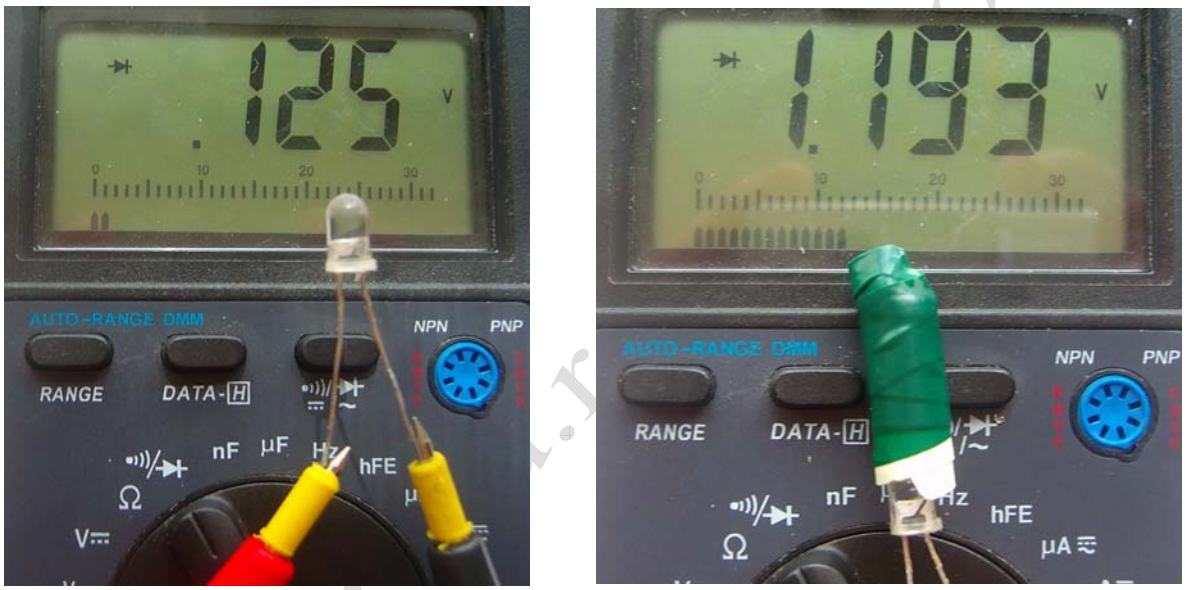


Figura 6.1.8 Identificarea terminalelor fotodiodei după forma capsulei

În figura 6.1.9 este prezentat modul de identificare a terminalelor şi de verificare a fotodiodei cu multitesterul digital.



a **b**

Figura 6.1.9 Identificarea terminalelor şi verificarea fotodiodei cu multitesterul

Pentru identificarea terminalelor şi verificarea fotodiodei cu multitesterul se parcurg următoarele etape:

- 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 (fig. 6.1.9 a). 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 (fig. 6.1.9 b)
- dacă se modifică fluxul de lumină pe capsula fotodiodei (prin iluminare sau întunecare) trebuie să se modifice tensiunea la bornele acesteia.

http://eprofu.ro/electronica

Funcționarea şi conectarea în circuit a fotodiodei.

După cum am precizat anterior, regiunea „sărăcită de purtători” din jurul joncțiunii PN este foarte importantă în funcționarea fotodiodei. Prin polarizarea inversă a fotodiodei această regiune se adânceşte şi permite curentului electric produs de radiațiile luminoase să traverseze joncțiunea PN a fotodiodei. Când lumina este absorbită în aria activă a fotodiodei se generează termic în regiunea golită o pereche electron-gol. Această pereche este separată de câmpul electric produs în regiunea sărăcită prin polarizarea inversă a fotodiodei, **electronii** trecând în regiunea **N** iar **golurile** în regiunea **P**. Această separare de sarcini poartă denumirea de “***efect fotovoltaic***”, iar curentul corespunzător se numeşte **curent de lumină (I_{SC})**. Curentul prin diodă creşte proporțional cu intensitatea luminii. Când joncțiunea nu este luminată, curentul este aproape neglijabil şi se numeşte **curent de întuneric(I_D)**. În cataloagele de fotodiode se indică curentul de scurtcircuit I_{SC}, deoarece fotodioda se comportă ca o sursă de curent.

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

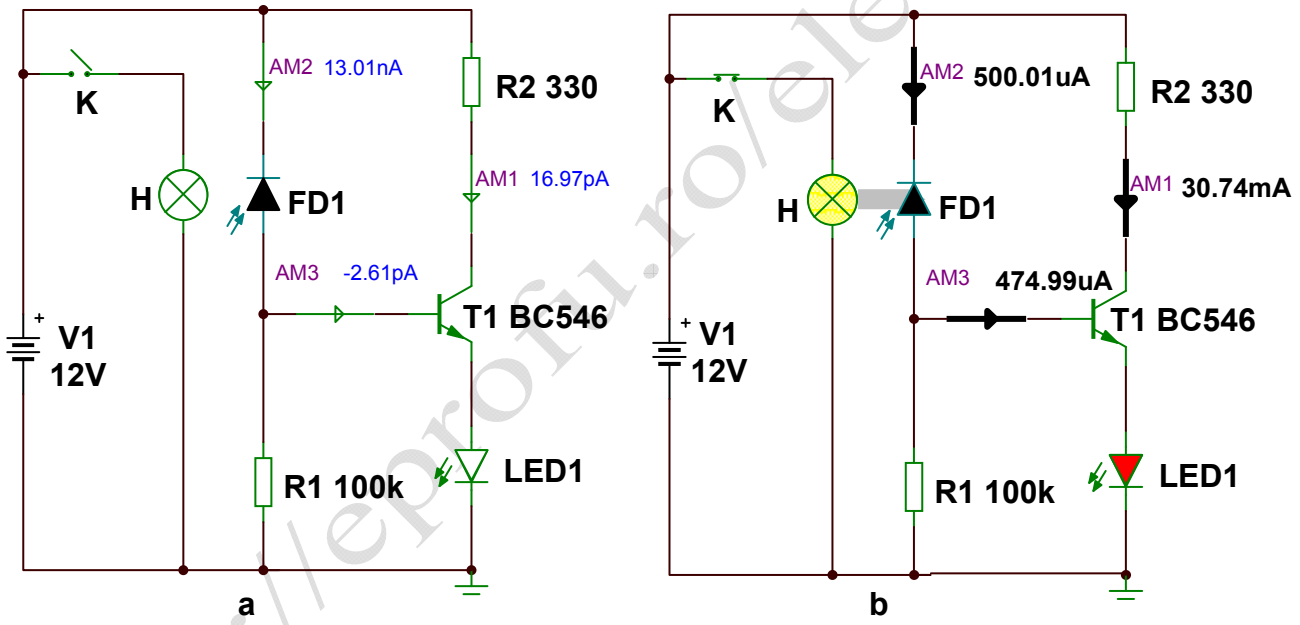


Figura 6.1.10 Conectarea fotodiodei într-un circuit

Când asupra unei fotodiode polarizată invers, acționează un flux de lumină, fotodioda modifică curentul din circuitul în care este conectată.

În schema din fig. 6.1.10 a, întrerupătorul **K** este **deschis**, lampa **H** este **stinsă** iar fotodioda **FD1** este blocată, deci prin circuitul bazei tranzistorului **T1** nu circulă curent. În această situație tranzistorul este **blocat** iar **LED1** este **stins.**

În schema din fig. 6.1.10 b, întrerupătorul **K** este **închis**, lampa **H luminează** iar fotodioda **FD1** intră în conducție, deci prin circuitul bazei tranzistorului **T1** circulă curent. În această situație tranzistorul **conduce** iar **LED1 luminează**.

http://eprofu.ro/electronica

6.1.3 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 şi asigură o stabilitate mai bună a punctului static de funcționare față de variațiile de temperatură.

Spre deosebire de fotodiodă, fototranzistorul are sensibilitatea mult mai mare dar în schimb are viteză de răspuns mai mică decât fotodioda (microsecunde față de nanosecunde în cazul fotodiodei).

Capsula fototranzistorului este prevăzută cu o fereastră în care este plasată o lentilă care focalizează fluxul luminos asupra regiunii fotosensibile a dispozitivului (figura 6.1.11).

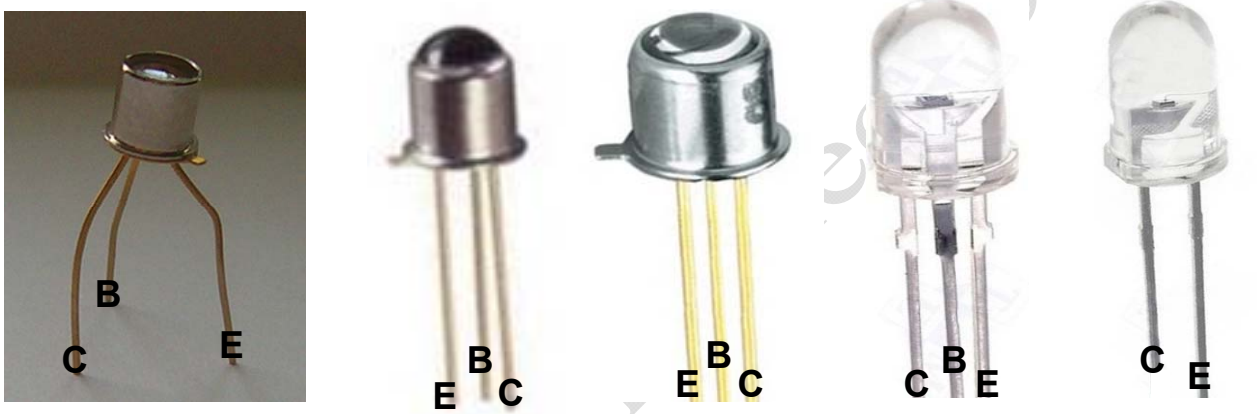


Figura 6.1.11 Fototranzistoare

În figura 6.1.12 sunt prezentate structura şi simbolul fototranzistorului

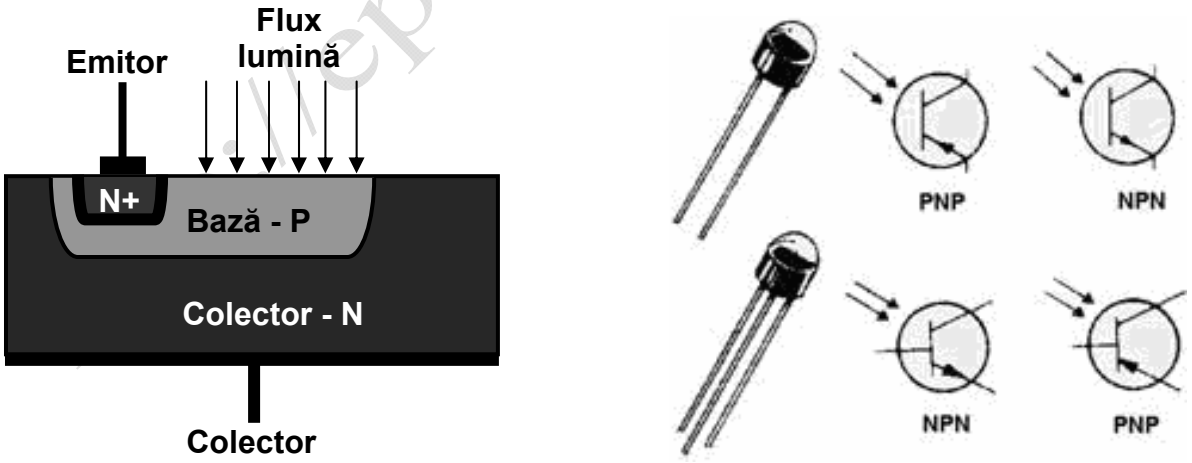


Figura 6.1.12 Structura şi simbolul fototranzistorului

http://eprofu.ro/electronica

Identificarea terminalelor şi verificarea fototranzistorului

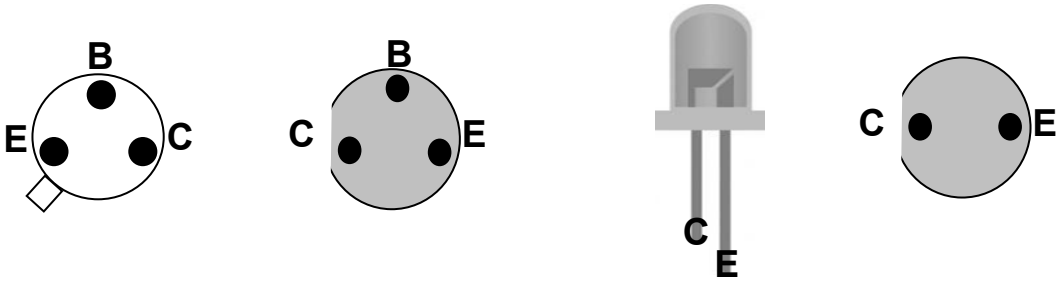
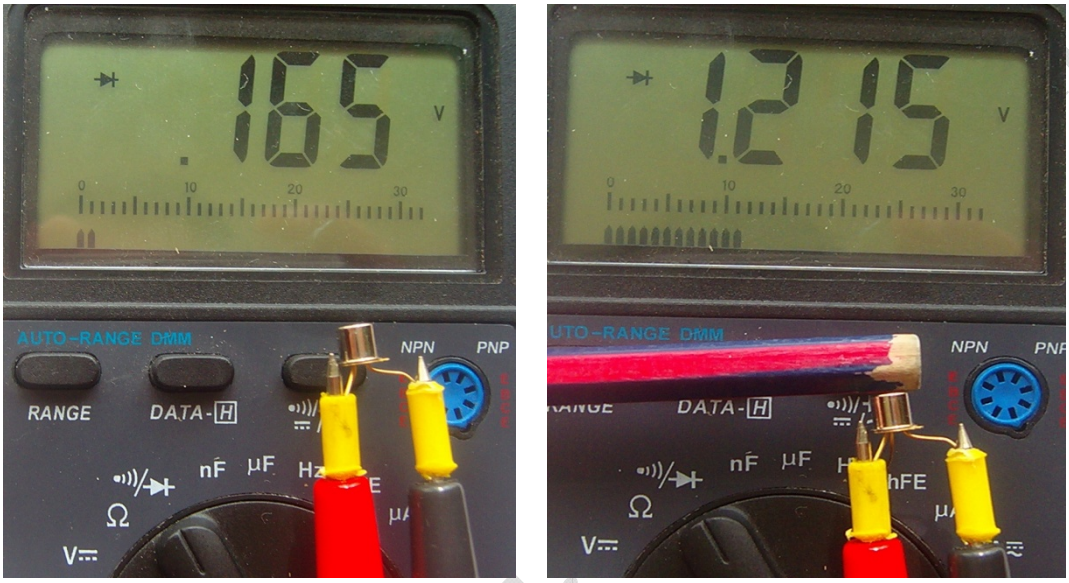


Figura 6.1.13 Identificarea terminalelor fototranzistorului după forma capsulei

În figura 6.1.14 este prezentat modul de identificare a terminalelor şi de verificare a fototranzistorului cu multitesterul digital.



a **b**

Figura 6.1.14 Identificarea terminalelor şi verificarea fototranzistorului cu multitesterul

Pentru identificarea terminalelor şi verificarea fototranzistorului cu multitesterul se parcurg următoarele etape:

- 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 (fig. 6.1.14 a). În această situație, terminalul fototrazistorului 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 (fig. 6.1.14 b)
- dacă se modifică fluxul de lumină pe capsula fototranzistorului (prin iluminare sau întunecare) trebuie să se modifice tensiunea la bornele acestuia.

http://eprofu.ro/electronica

Conectarea în circuit a fototranzistorului.

Un fototranzistor poate comanda intrarea în conducție sau blocarea unui tranzistor în funcție de cum este conectat în circuit față de tranzistor.

Dacă este conectat între baza şi colectorul tranzistorului(pentru TB de tip NPN), fototranzistorul sub acțiunea luminii comandă deschiderea tranzistorului iar la întuneric comandă blocarea tranzistorului.

Dacă este conectat între baza şi emitorul tranzistorului, fototranzistorul la întuneric comandă deschiderea tranzistorului iar la acțiunea luminii comandă blocarea tranzistorului.

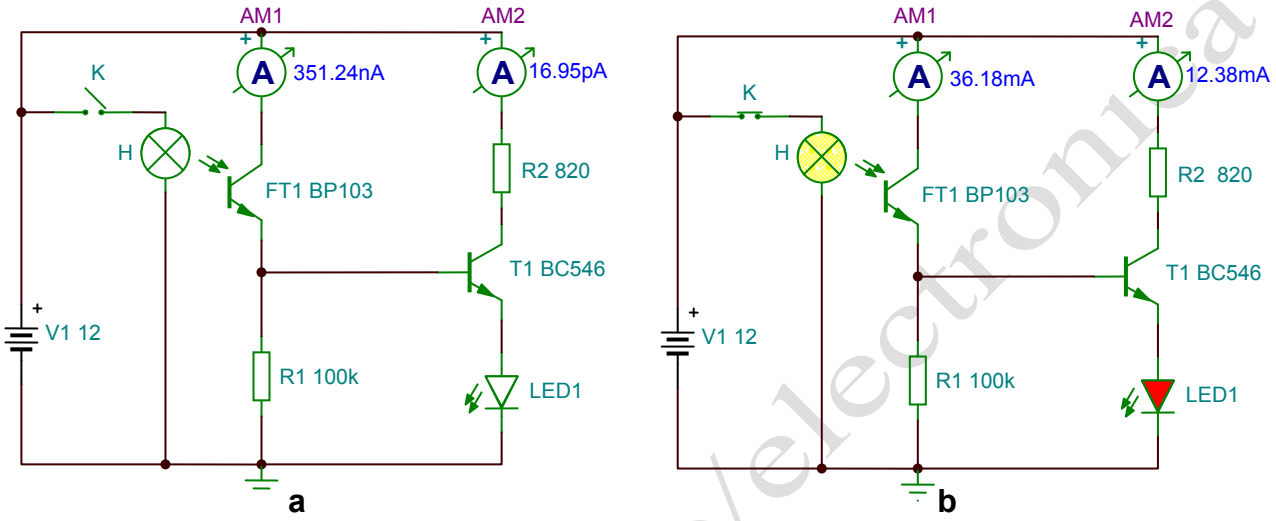


Figura 6.1.15 Circuit cu LED activat de prezența luminii

În montajul din fig. 6.1.15 a, întrerupătorul **K** este deschis iar lampa **H** este stinsă deoarece nu este alimentată cu tensiune. În lipsa unui flux de lumină fototranzistorul **FT1** este blocat, prin el nu circulă curent şi se comportă ca un întrerupător deschis . În această situație baza tranzistorului **T1** este deconectată de la potențialul pozitiv al sursei de alimentare şi este conectată prin intermediul rezistenței **R1** la potențialul negativ al sursei de alimentare. Acest lucru duce la blocarea tranzistorului **T1** deoarece tensiunea bază-emitor este mai mică decât tensiunea de prag iar curentul din bază este foarte mic.

Deoarece tranzistorul **T1** este blocat, prin tranzistor nu circulă curent iar **LED1** este stins.

În montajul din fig. 6.1.15 b, întrerupătorul **K** este închis iar lampa **H** luminează deoarece este alimentată cu tensiune. În prezența unui flux de lumină fototranzistorul **FT1** intră în conducție, prin el circulă curent şi se comportă ca un întrerupător închis . În această situație baza tranzistorului **T1** este conectată la potențialul pozitiv al sursei de alimentare prin intermediul fototranzistorului. Acest lucru duce la intrarea în conducție a tranzistorului **T1** deoarece tensiunea bază-emitor este mai mare decât tensiunea de prag iar curentul din bază creşte.

Deoarece tranzistorul **T1** este în conducție, prin tranzistor circulă curent iar **LED1** luminează.

http://eprofu.ro/electronica

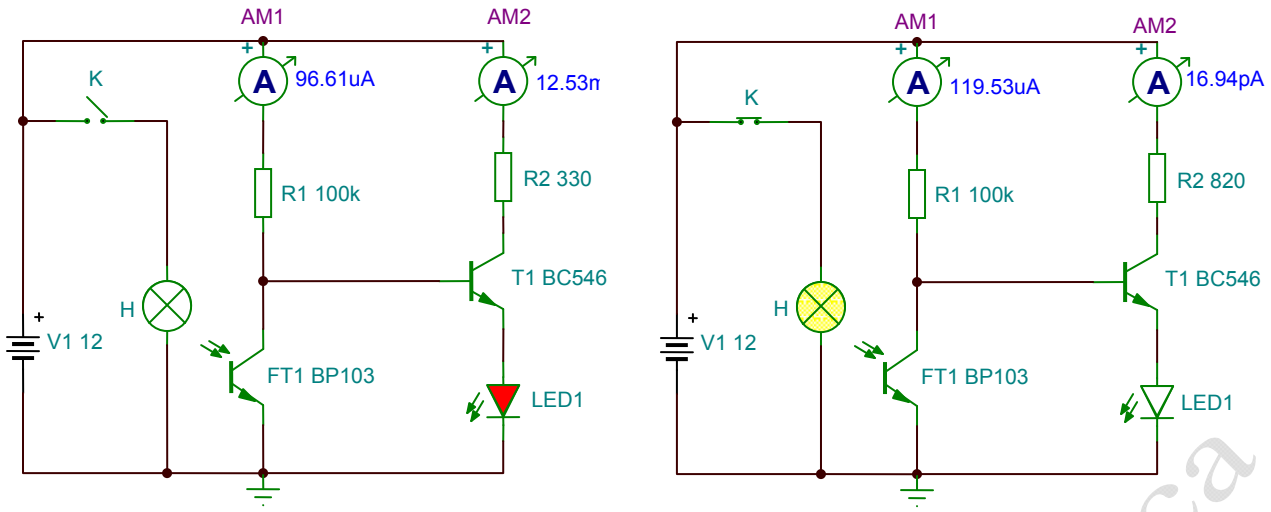


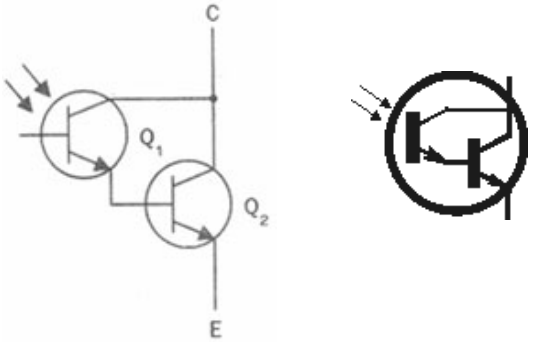
Figura 6.1.16 Circuit cu LED activat de prezența întunericului

În montajul din fig. 6.1.16 a, întrerupătorul **K** este deschis iar lampa **H** nu luminează deoarece nu este alimentată cu tensiune. În lipsa unui flux de lumină fototranzistorul **FT1** este blocat, prin el nu circulă curent şi se comportă ca un întrerupător deschis . În această situație baza tranzistorului **T1** este deconectată de la potențialul negativ al sursei de alimentare şi este conectată la potențialul pozitiv al sursei de alimentare prin intermediul rezistenței **R1**. Acest lucru duce la intrarea în conducție a tranzistorului **T1** deoarece tensiunea bază-emitor este mai mare decât tensiunea de prag iar curentul din bază creşte. Deoarece tranzistorul **T1** este în conducție, prin tranzistor circulă curent iar **LED1** luminează.

În montajul din fig. 6.1.15 b, întrerupătorul **K** este închis iar lampa **H** luminează deoarece este alimentată cu tensiune. În prezența unui flux de lumină fototranzistorul **FT1** intră în conducție, prin el circulă curent şi se comportă ca un întrerupător închis . În această situație baza tranzistorului **T1** este conectată la potențialul negativ al sursei de alimentare prin intermediul fototranzistorului. Acest lucru duce la blocarea tranzistorului **T1** deoarece tensiunea bază-emitor este mai mică decât tensiunea de prag.

Deoarece tranzistorul **T1** este blocat, prin tranzistor nu circulă curent iar **LED1** este stins.

În circuitele electronice de curenți mari se utilizează un dispozitiv fotoelectronic numit **fotodarlington.**



Fotodarlington, este o combinație dintre un fototranzistor şi un tranzistor conectate ca în figura 6.1.17.

Figura 6.1.17 Structura şi simbolul unui fotodarlington

http://eprofu.ro/electronica