

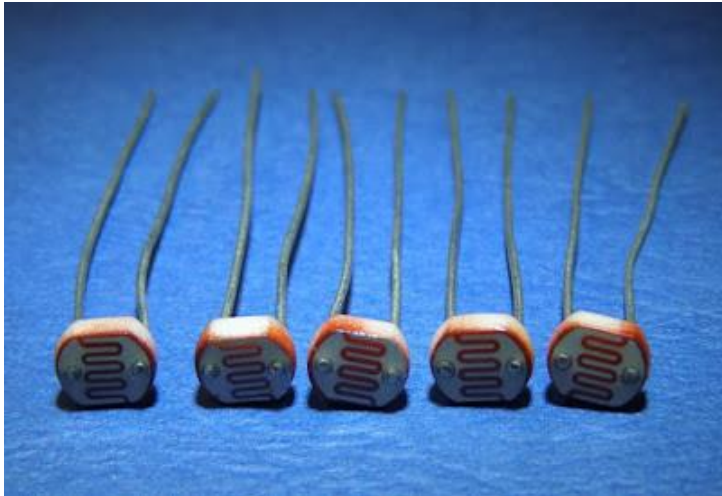
DISPOZITIVE ELECTRONICE ÎN ELECTRONICA APLICATĂ

Tema 9:
**DISPOZITIVE
SEMICONDUCTOARE
OPTOELECTRONICE**



Dispozitive semiconductoare speciale: Tipuri

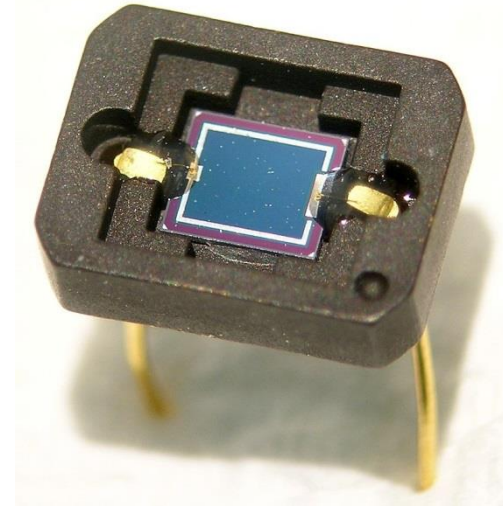
Fotorezistorul



Fototranzistorul



Fotodioda

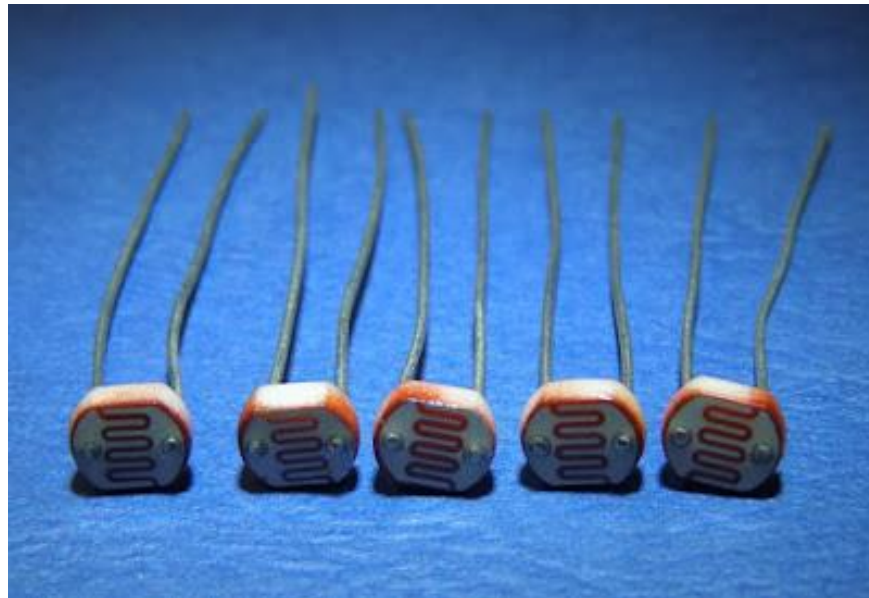


Dioda LED



Fotorezistorul

- Fotorezistor este combinația de cuvinte "foton" (adică particule de lumină) și "rezistor". Așa cum spune și numele său, un fotorezistor este un dispozitiv sau putem spune un rezistor dependent de intensitatea luminii. Din acest motiv, ele sunt, de asemenea, cunoscute ca senzori de lumina. Deci, pentru a defini un fotorezistor într-o singură linie putem scrie: "Fotorezistorul este un rezistor variabil a cărui rezistență variază invers proporțional cu intensitatea luminoasă"



Fotorezistorul

- Din cunoștințele noastre de bază despre relația dintre rezistivitate (abilitatea de a rezista la fluxul de electroni) și conductivitatea (capacitatea de a permite fluxul de electroni), știm că ambele sunt diametral opuse și invers proporționale una alteia. Astfel, atunci când spunem că rezistența scade atunci când intensitatea luminii crește, aceasta înseamnă pur și simplu că conductivitatea crește odată cu creșterea intensității luminii care se află pe fotorezistor sau pe senzorul de lumină, datorită unei proprietăți numite fotodiactivitate a materialului din care este confecționat.

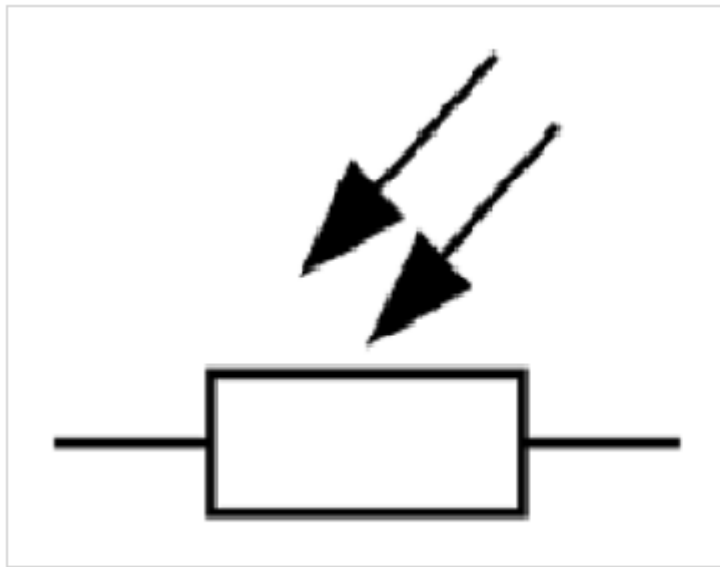
Prin urmare, aceste fotorezistoare sunt de asemenea cunoscute ca celule fotoconductive sau doar fotocelule.

Ideea fotorezistorului s-a dezvoltat când fotoconductivitatea în seleniu a fost descoperită de Willoughby Smith în 1873. Au fost apoi făcute multe variante ale dispozitivelor fotoconductive.

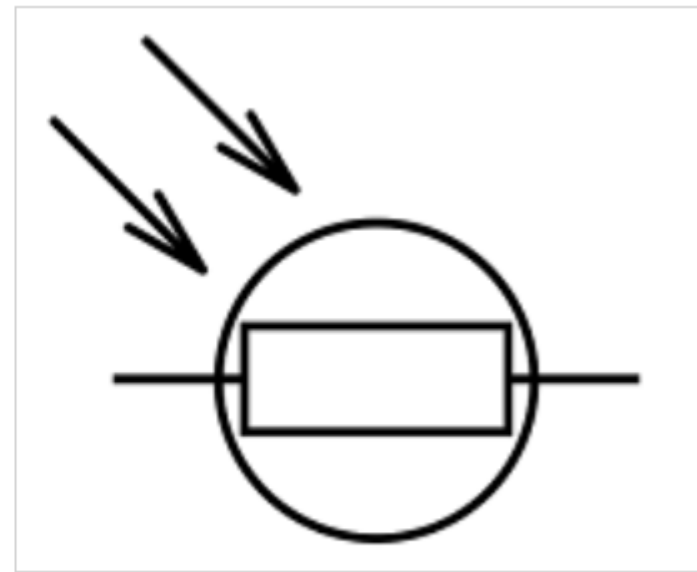


Simbolul fotorezistorului

- Pentru a reprezenta un fotorezistor într-o diagramă de circuit, simbolul ales a fost acela care ar indica ca acesta să fie un dispozitiv dependent de lumină, împreună cu faptul că acesta este un rezistor.
- În timp ce cea mai mare parte simbolul utilizat este arătat în figura 2a (două săgeți indicând un rezistor), unii preferă să acopere rezistorul într-un cerc ca cel prezentat în figura 2b.



2a



2b

Principiul de funcționare al unui fotorezistor

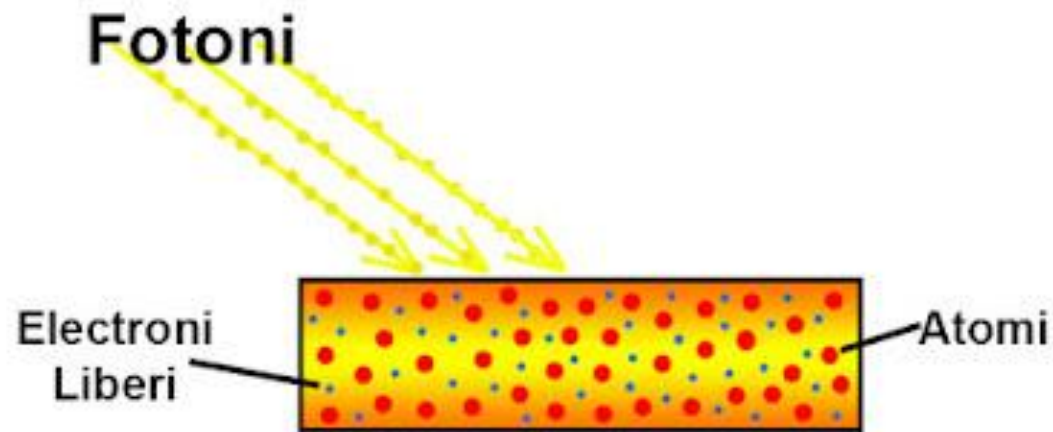
- Pentru a înțelege principiul de funcționare al unui fotorezistor, hai să ne readucem aminte puțin despre electronii de valență și electronii liberi.

După cum știm că electronii de valență sunt cei aflați stratul orbital exterior al unui atom. Prin urmare, acestea sunt legați slab de nucleul atomului. Aceasta înseamnă că și numai o cantitate mică de energie este necesară pentru ai scoate de pe orbita.

Electronii liberi, pe de altă parte, sunt cei care nu sunt atașați de nucleu și, prin urmare, liberi să se miște când se aplică o energie externă cum ar fi un câmp electric. Astfel, când o anumită energie face ca electronul de valență să iasă din orbita exterioară, acționează ca un electron liber; gata să se miște ori de câte ori se aplică un câmp electric. Energia luminoasă este folosită pentru a transforma electronul de valență într-un electron liber.

- Acest principiu fundamental este folosit în fotorezistor. Lumina care cade pe un material fotoconductiv este absorbit de acesta, care la rândul ei face o mulțime de electroni liberi de electroni de valență.

Principiul de funcționare al unui fotorezistor



Pe măsură ce energia luminii ce cade pe materialul fotoconductiv crește, crește numărul de electroni de valență care câștigă energie și părăsesc legătura cu nucleul. Acest lucru duce la un număr mare de electroni de valență care se deplasează la banda de conducție, gata să se deplaseze cu aplicarea oricărei forțe externe (cum ar fi un câmp electric de exemplu).

Astfel, pe măsură ce crește intensitatea luminii, crește numărul de electroni liberi. Aceasta înseamnă creșterea fotoconductivității care implică o scădere a rezistivității foto a materialului.

Acum că am elucidat mecanismul de lucru, am ajuns la ideea că un material fotoconductiv este utilizat pentru construirea unui fotorezistor. În funcție de tipul de material fotoconductiv, fotorezistoarele sunt de două tipuri. O scurtă introducere este prezentată în secțiunea următoare.

Tipuri de fotorezistoare

- Un fotorezistor este în general fabricat dintr-un material semiconductor care este folosit ca element rezistiv fără nici o joncțiune PN. Acest lucru face ca fotorezistorul să fie un dispozitiv pasiv. Cele două tipuri de fotorezistoare sunt:

Fotorezistorul intrinsec :

După cum știm, intrinseca este adesea menționată pentru un semiconductor (în acest caz un material fotoconductiv) care este lipsit de orice alterare sau impuritate adaugată (sau aditiv). Acest lucru înseamnă că materialul fotoconductiv, utilizat pentru a construi acest fotorezistor, implică excitarea sarcinilor de la benzile de valență la banda de conducție.

Tipuri de fotorezistoare

- ***Fotorezistor extrinsec:***

Rezistoarele fotorezistente extrinseci au materiale semiconductoare cu o anumită impuritate sau putem spune că sunt dopate, pentru o mai bună eficiență. Impuritățile de dopanți ar trebui să fie superficiale și nu trebuie ionizate în prezența luminii. Materialul fotoconductiv utilizat pentru acest fotorezistor implică excitarea purtătorilor de sarcină între o impuritate și banda de valență sau o bandă de conducție.

Acum că am acoperit mecanismul și tipurile, trebuie să aveți o idee despre cum funcționează un fotorezistor. Cu toate acestea, o întrebare poate apărea: *Cum să conectăm fotorezistor într-un circuit simplu?*

Exemplu

Figura prezintă o diagramă de bază a folosirii unui fotorezistor. Are o baterie, un fotorezistor și un led. Această configurare ajută la înțelegerea comportamentului fotorezistorului când este supus unui câmp electric.

CAZUL 1: Nu există nici o lumină pe fotorezistor (de exemplu, ați acoperit complet fotorezistorul (sau fotocelula))

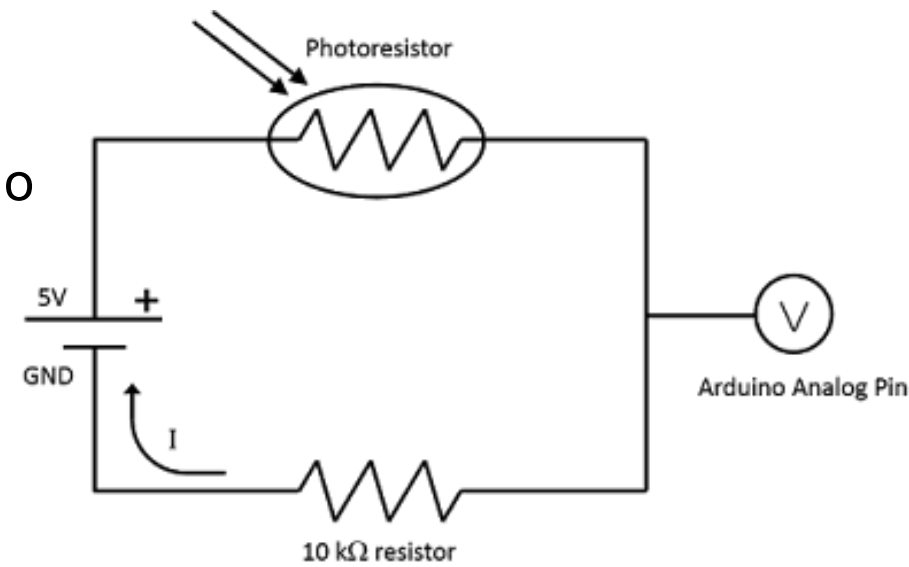
Nu există nicio lumină pe care fotorezistorul să o absoarbă; prin urmare nu se generează electroni liberi. Aceasta înseamnă că, chiar dacă fotorezistorul este supus unui câmp electric, nu există electroni liberi care să se miște și să pună în mișcare fluxul de curent.

Ce înseamnă acest lucru? Da, înseamnă că opoziția față de fluxul de curent este ridicată sau putem spune că rezistența sa este foarte ridicată.

CAZUL 2: Lumina cade pe fotorezistor

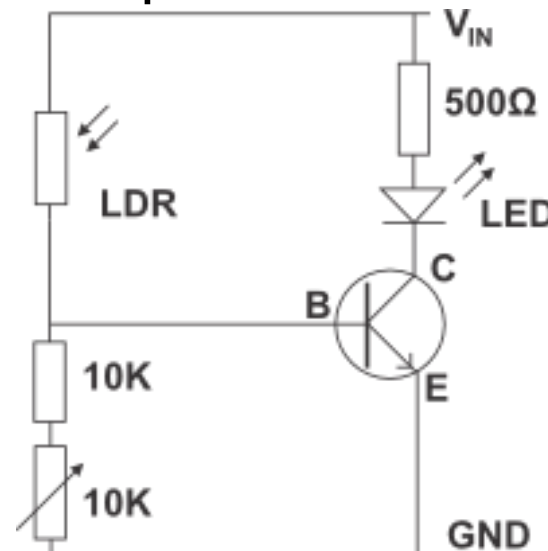
Aici sunt fotoni care cad pe fotorezistor, deci energia luminoasă necesară pentru a crea electroni liberi este absorbită de acesta. Acum, deoarece fotorezistorul este conectat la baterie, electronii liberi încep să se miște deoarece acum sunt supuși unui câmp electric. Prin urmare, putem spune că un curent străbate circuitul.

Acest lucru implică faptul că rezistența a scăzut semnificativ permițând fluxul de curent în circuit. Astfel LED-ul se va aprinde în acest caz.



Fotorezistor - Utilizări și aplicații

- Fotorezistentele sunt cel mai adesea folosite ca senzori de lumină. Ele sunt adesea utilizate atunci când este necesar pentru a detecta prezența și absența luminii sau pentru a măsura intensitatea luminii. Exemple sunt luminile de noapte și contoarele pentru fotografie. O aplicație interesantă pentru pasionații pentru rezistențele dependente de lumină este robotul care urmărește linia, care utilizează o sursă de lumină și două sau mai multe LDR-uri (Light Dependent Resistor) pentru a determina schimbarea necesară. Uneori, ele sunt folosite în alte aplicații de detecție, de exemplu în compresoare audio, deoarece reacția lor la lumină nu este instantanee, astfel încât funcția LDR-ului este de a introduce un răspuns întârziat.



Fotorezistor -Senzor de lumina

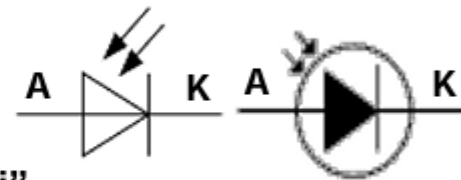
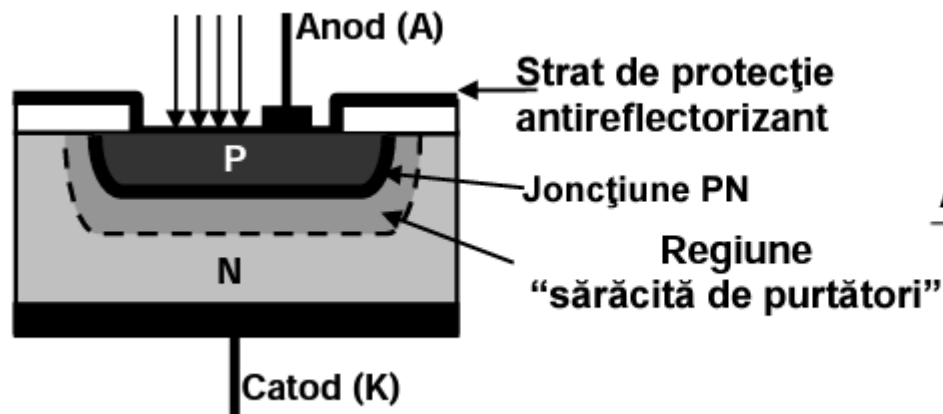
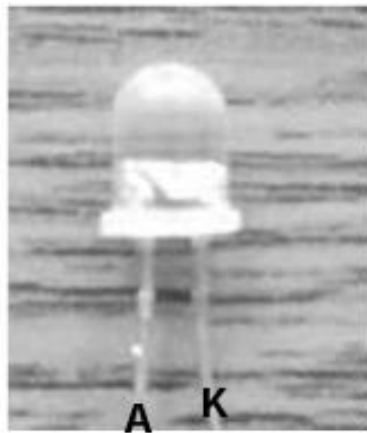
- Dacă este necesar un senzor de lumină de bază, se poate utiliza un circuit LDR precum cel din figura de mai sus. LED-ul se aprinde atunci când intensitatea luminii care ajunge la rezistența LDR este suficientă. Rezistorul variabil de $10\text{ K}\Omega$ este folosit pentru a seta pragul la care LED-ul se va aprinde. Dacă lumina LDR este sub intensitatea pragului, LED-ul va rămâne în starea oprită. În aplicațiile din lumea reală, LED-ul ar fi înlocuit cu un releu sau ieșirea ar putea fi conectată la un microcontroler sau la un alt dispozitiv. Dacă era necesar un senzor de întuneric, unde LED-ul s-ar aprinde în absența luminii, LDR-ul și cele două rezistențe de $10\text{ K}\Omega$ ar trebui schimbate.

Fotorezistor -Compresoare audio

- Compresoarele audio sunt dispozitive care reduc câștigul amplificatorului audio atunci când amplitudinea semnalului este peste o valoare setată. Acest lucru se face pentru a amplifica sunetele slabe, prevenind în același timp tăierea sunetelor puternice. Unele compresoare folosesc un LDR și o lampă mică (LED sau panou electroluminiscent) conectate la sursa de semnal pentru a crea modificări în câștigul semnalului. Unii consideră că această tehnică adaugă caracteristici mai fine semnalului, deoarece timpii de răspuns ai luminii și ale rezistenței înmoaie atacul și eliberarea. Întârzierea timpului de răspuns în aceste aplicații este de ordinul a 0,1 s.

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.



Fotodioda

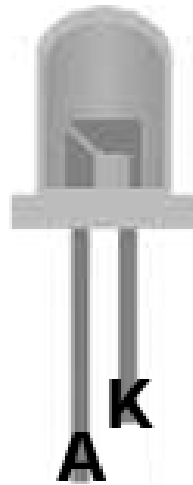
- În structura fotodiodei materialul de bază este siliciul dopat N. La suprafața stratului N este creat un strat subțire P, prin implantarea ionică sau difuzia termică a unui material adecvat (de obicei se utilizează bor). Suprafața activă a fotodiodei este acoperită cu un strat subțire de protecție, care este și antireflectorizant, care poate fi monoxid sau bioxid de siliciu. 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” deoarece în această regiune siliciul „este golit” de purtători de sarcină liberi. Această regiune este foarte importantă în funcționarea fotodiodei, ea își 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 crește, se mărește adâncimea regiunii și scade capacitatea joncțiunii PN.

Identificarea terminalelor și 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 transparentă electrodul mai subțire este Anodul (+).

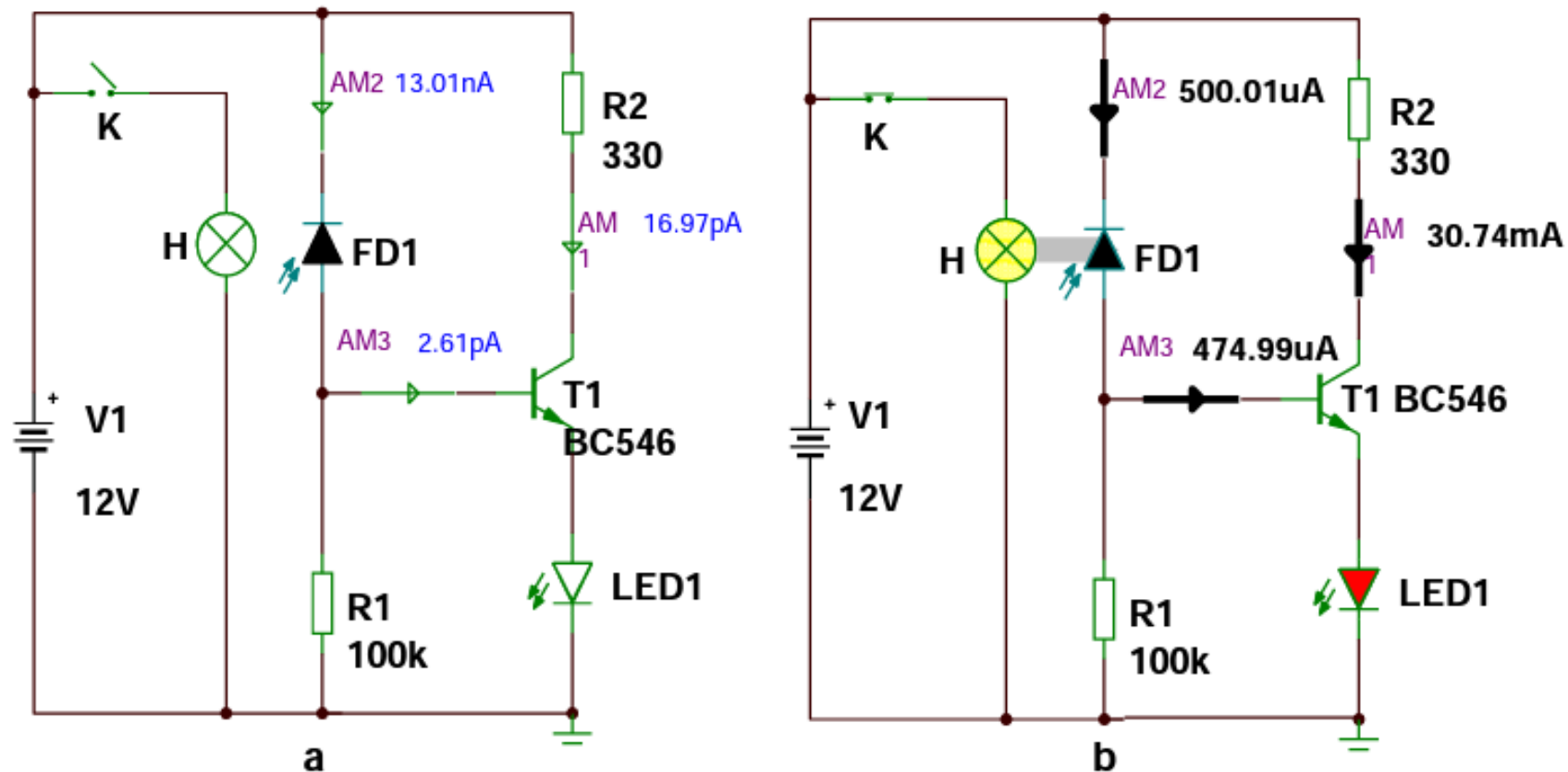


Funcționarea și conectarea în circuit a fotodiodei

- 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 adâncește și 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 numește curent de lumină (ISC). Curentul prin diodă crește proporțional cu intensitatea luminii. Când joncțiunea nu este luminată, curentul este aproape neglijabil și se numește curent de întuneric (I_D). În cataloagele de fotodiode se indică curentul de scurtcircuit ISC, deoarece fotodiodea se comportă ca o sursă de curent.

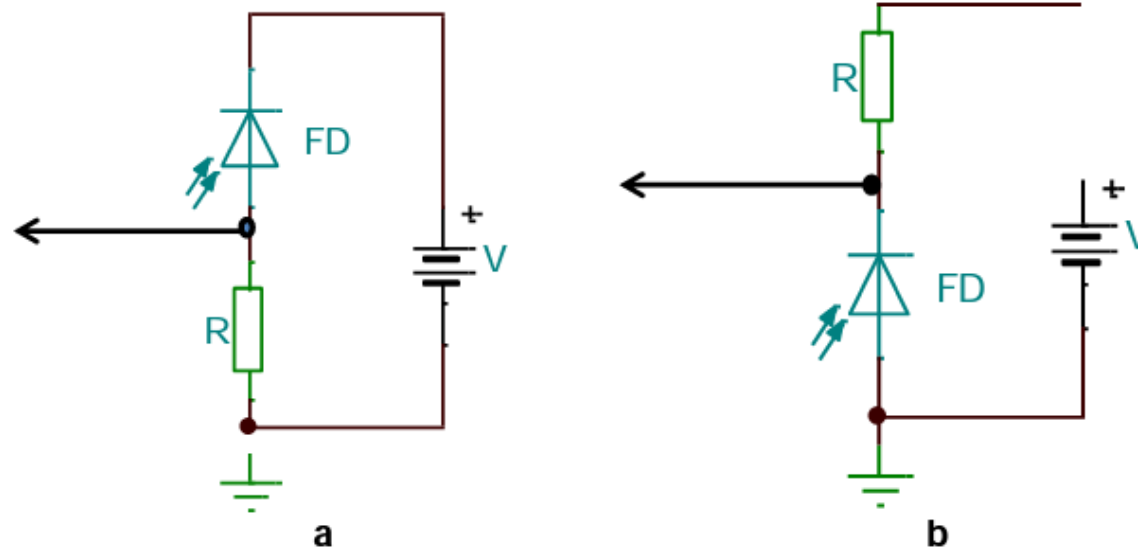
Funcționarea și conectarea în circuit a fotodiodei

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



OBSERVAȚII IMPORTANTE!

- La conectarea în circuit, fotodioda se conectează întotdeauna în serie cu un rezistor care limitează curentul prin fotodiodă;
- Semnalul emis de fotodiodă se culege între anodul (+) fotodiodei și masa montajului (fig. a) sau dintre catodul (-) fotodiodei și +V (fig. b);



- Fotodioda se comportă ca un generator de curent comandat de un flux luminos;
- La întuneric curentul fotodiodei este foarte mic (de ordinul nanoamperilor) iar la lumină (în funcție de intensitatea fluxului luminos) crește (până la ordinul microamperilor).

PARAMETRII PRINCIPALI AI FOTODIODELOR

- Tensiunea inversă (Reverse voltage) - $[V_R]$;
- Puterea disipată totală (Total power dissipation) - $[P_{tot}]$;
- Curentul direct (Forward current) - $[I_F]$;
- Curentul de întuneric (Dark current) - $[I_R]$;
- Curentul de lumină sau scurtcircuit (Short-circuit current) - $[I_{sc}]$.

Fotodioda

AVANTAJE

- Zgomot redus
- Cost scăzut
- Compact și ușor.
- Viață lungă
- Nu este necesară o tensiune înaltă.
- Eficiență cuantică ridicată.

DEZAVANTAJE

- Suprafață mică
- Fără câștig intern
- Sensibilitate mult mai mică
- Timpul de răspuns este mai lent.

Fotodioda - Aplicații

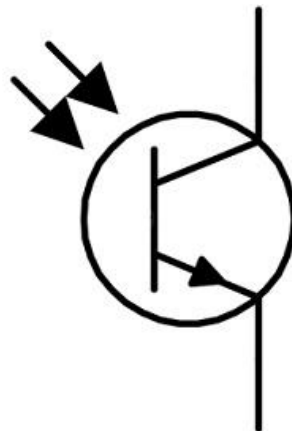
Fotodiodele sunt utilizate în electronice de consum, adică,

- CD playere,
- detectoare de incendiu și fum,
- telecomenzi,
- iluminat etc.

Acestea sunt, de asemenea, utilizate în diverse aplicații medicale, detectoare și fizică de înaltă energie etc.

Fototranzistorul

- După dezvoltarea primului tranzistor de contact punct, fototranzistorul a fost inventat de una dintre echipele de la Bell Labs. În acel moment, un număr mare de dezvoltări erau începute. Chiar dacă istoria fototranzistorului nu este publicată la fel ca alte dezvoltări timpurii ale semiconductoarelor, dar a fost cu siguranță o dezvoltare foarte semnificativă. Prima invenție a acestui tranzistor a fost anunțată la 30 martie 1950.
- La fototranzistor, regiunea de bază detectează lumina și o transformă în curentul care alimentează între cele două regiuni, cum ar fi emițătorul și colectorul. Construcția fototranzistorului se poate face ca un tranzistor obișnuit în afară de regiunea de bază. În acest tip de tranzistor, fluxul de curent către regiunea de bază nu este furnizat, dar energia luminii poate fi utilizată ca intrare. În mod alternativ, un fototranzistor este, de asemenea, considerat ca o fotodiodă care include un amplificator de curent. Acest tranzistor se schimbă direct din fotoni pentru a se încărca similar cu o fotodiodă și oferă, de asemenea, un câștig curent.
- Simbolul fototranzistorului este prezentat mai jos, care este același cu un tranzistor obișnuit, dar diferența principală este că cele două săgeți de pe acesta vor explica lumina incidentă pe terminalul de bază al tranzistorului.

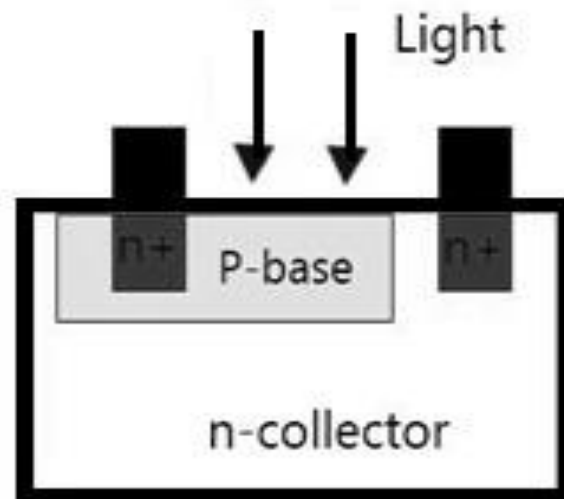


Fototranzistorul

- Similar cu tranzistoarele normale, acestea includ, de asemenea, un câștig mare, cu excepția dimensiunii bazei la bornele colectorului. În acest tip de tranzistor, dimensiunea joncțiunii de la bază la colector este mai mare, deoarece este o zonă sensibilă la lumină a senzorului. Când dimensiunea joncțiunii este mai mare, atunci rezultă o capacitate de joncțiune mult mai bună. În consecință, acești tranzistori au un răspuns de frecvență mai mic în comparație cu fotodioda, în ciuda câștigului mare. Lumina cade pe terminalul de bază al unui fototranzistor, apoi va induce puțin curent, apoi curentul amplificat prin acțiunea unui tranzistor normal, ceea ce are ca rezultat un volum mare. În general, în comparație cu o fotodiodă înrudită, un fototranzistor generează de 50 - 100 ori un curent de fotodiodă.

Fototranzistorul

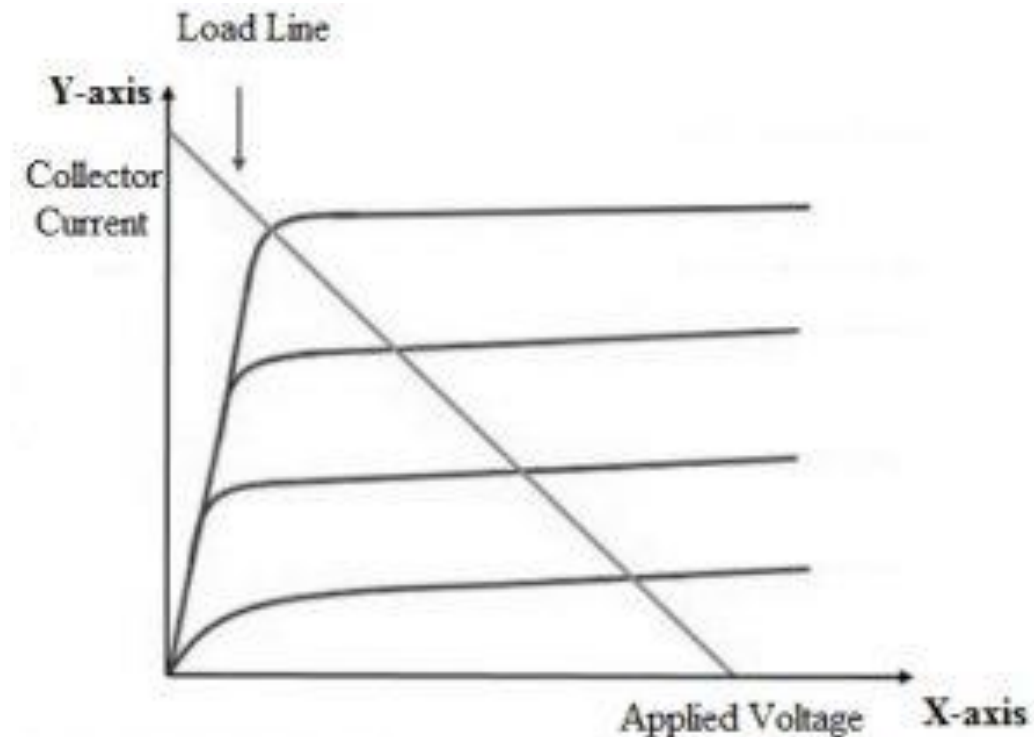
- Fototranzistorul este fabricat cu un material semiconductor. Odată ce lumina cade pe material, atunci purtătorii de încărcare, cum ar fi găurile sau electronii materialului semiconductor, pot provoca curentul să se alimenteze în zona de bază. Regiunea de bază a acesteia poate fi utilizată pentru polarizarea tranzistorului. Lumina pătrunde în terminalul de bază al tranzistorului pentru a produce perechile de găuri de electroni în polarizarea inversă. Fluxul de electroni în presiunea câmpului electric poate provoca curentul în regiunea de bază. Acest curent poate fi injectat cu electronii din zona emițătorului. Principalul dezavantaj al acestui tranzistor este răspunsul de joasă frecvență. Cel mai bun exemplu de fototranzistor IC este fototranzistorul 2N5777. Zona terminalului de bază poate fi mărită pentru a spori cantitatea de curent produs, deoarece atunci când cade mai multă lumină pe acest tranzistor, atunci se va genera un curent imens. Înainte, a fost proiectat cu un singur material semiconductor, cum ar fi germaniu sau siliciu. În prezent, aceste tranzistoare sunt alcătuite din arsenic și galiu pentru a obține o eficiență ridicată.



Fototranzistorul

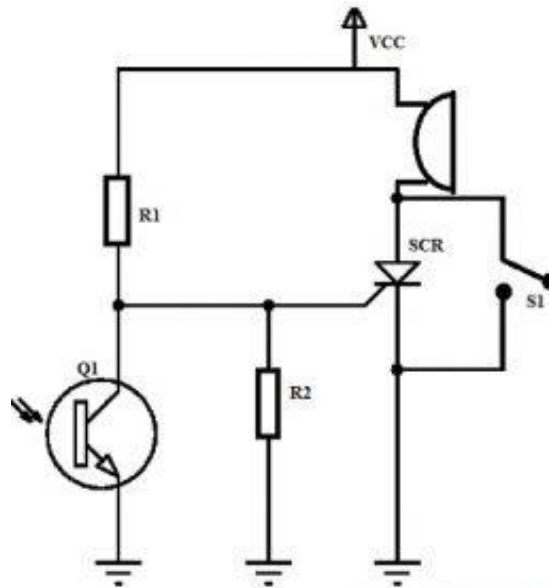
- În cele din urmă, aranjamentul unui fototranzistor se poate face într-o cutie metalică și un obiectiv este plasat în partea de sus a cutiei pentru a absorbi radiația incidentă. Construcția fototranzistorului este destul de similară cu tranzistorul obișnuit. Mai devreme, materialele de germaniu și siliciu sunt utilizate pentru construirea acestui fototranzistor. Joncțiunea bazei emițătorului este conectată în polarizare de direcționare, în timp ce regiunea colector-bază este conectată în polarizarea inversă. Ori de câte ori nu cade nicio rază de lumină pe suprafața tranzistorului, atunci un pic de curent de saturație inversă va induce deasupra fototranzistorului din cauza purtătorilor de sarcini minoritari mai puțini. Purtători și adaugă fluxul de curent către curentul de saturație inversă.

Graficul de mai jos arată magnitudinea curentului crește împreună cu intensitatea luminii. -axia semnifică alimentarea curentului colectorului în întregul dispozitiv în mA. Din graficul următor, putem observa modul în care fluxul de curent din regiunea colectorului se modifică cu intensitatea luminii incidente.



Fototranzistorul

Schema de circuit a unui circuit de alarmă simplu folosind un fototranzistor și anume o alarmă de întrerupere a luminii este prezentată mai jos. Folosind acest tranzistor, putem proiecta acest circuit. Odată ce lumina scade pe acest tranzistor, acesta va fi activat și regiunea de poartă a SCR va fi scăzută. Deci, SCR va fi dezactivat. Odată ce lumina se întrerupe, tranzistorul va fi oprit și oferă suficient potențial pe terminalul de poartă al SCR pentru a o activa. În consecință, alarma poate fi generată și poate fi resetată cu ajutorul comutatorului.



Fototranzistorul

Avantaje

- Timp de răspuns rapid.
- Acestea sunt sensibile la lungimile de undă care variază de la UV la IR prin radiații vizibile.
- Sensibile la diferite surse de lumină, cum ar fi fluorescente, incandescente, lasere, lumina soarelui, becuri de neon, flăcări, etc. fotodiode de tip avalanșă.
- Acestea sunt disponibile în diferite pachete, cum ar fi modelate prin transfer , acoperit epoxidic și montat la suprafață.

Dezavantaje

- Oferă un răspuns mai puțin frecvent.
- Când iluminarea este scăzută, atunci circuitul nu este capabil să o observe în mod eficient.

Aplicațiile fototranzistoarelor

- Pentru detectarea și controlul luminii
- În sisteme de numărare și cititoare de carduri perforate
- În relee
- Sisteme de alarmă
- Indicatori de nivel
- Detectoare de proximitate
- Codificatori

Diferențele cheie între fotodiodă și fototranzistor

- Fotodioda este un dispozitiv semiconductor care transformă energia luminii într-un curent electric. În timp ce fototranzistorul utilizează tranzistorul pentru conversia energiei luminoase într-un curent electric.
- Fototranzistorul generează curent, în timp ce fotodioda produce atât tensiunea, cât și curentul.
- Răspunsul fotodiodei este mult mai rapid decât fototranzistorul.
- Fotodioda este mai puțin sensibilă în comparație cu fototranzistorul, deoarece fototranzistorul produce curentul de ieșire mare.
- Fotodioda funcționează și în partea frontală fiind inversat în timp ce fototranzistorul funcționează în biasing înainte. Emițătorul fototranzistorului este negativ în comparație cu regiunea colectorului.
- Fotodioda este utilizată în centralele solare, într-un contor de lumină etc., în timp ce fototranzistorul este utilizat pentru detectarea luminii.

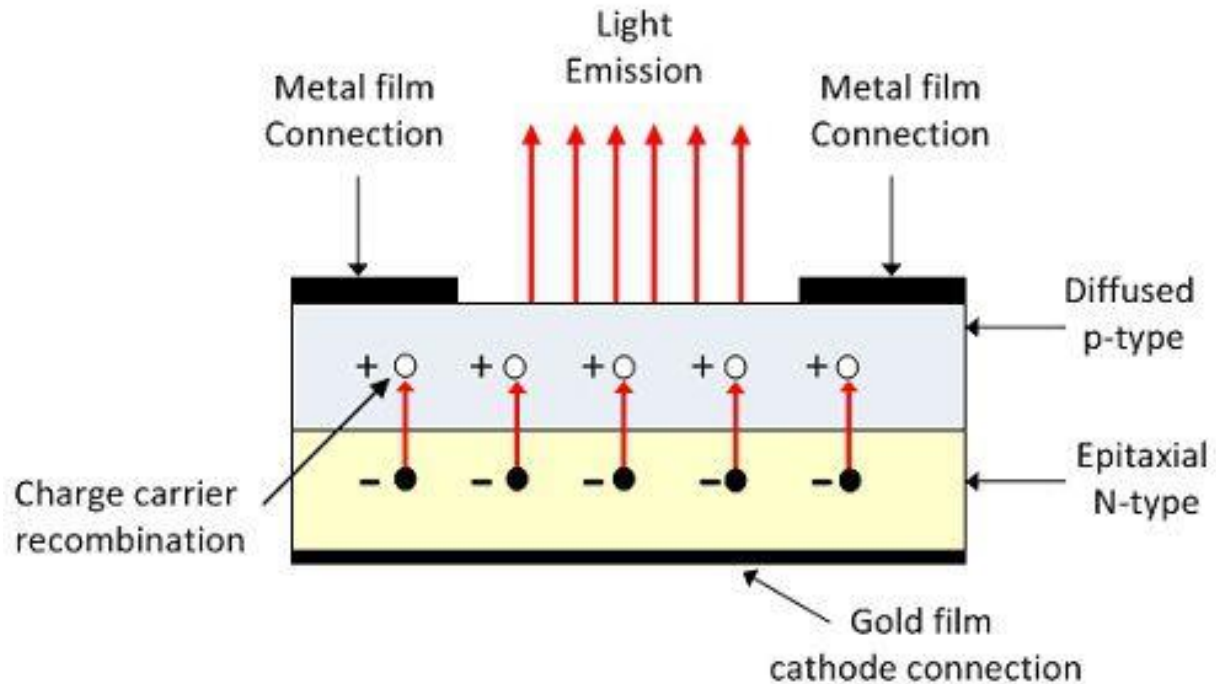
Dioda LED

- Un LED (din engleză light-emitting diode, însemnând diodă emițătoare de lumină) este o diodă semiconductoare ce emite lumină la polarizarea directă a joncțiunii p-n. Efectul este o formă de electroluminescență.



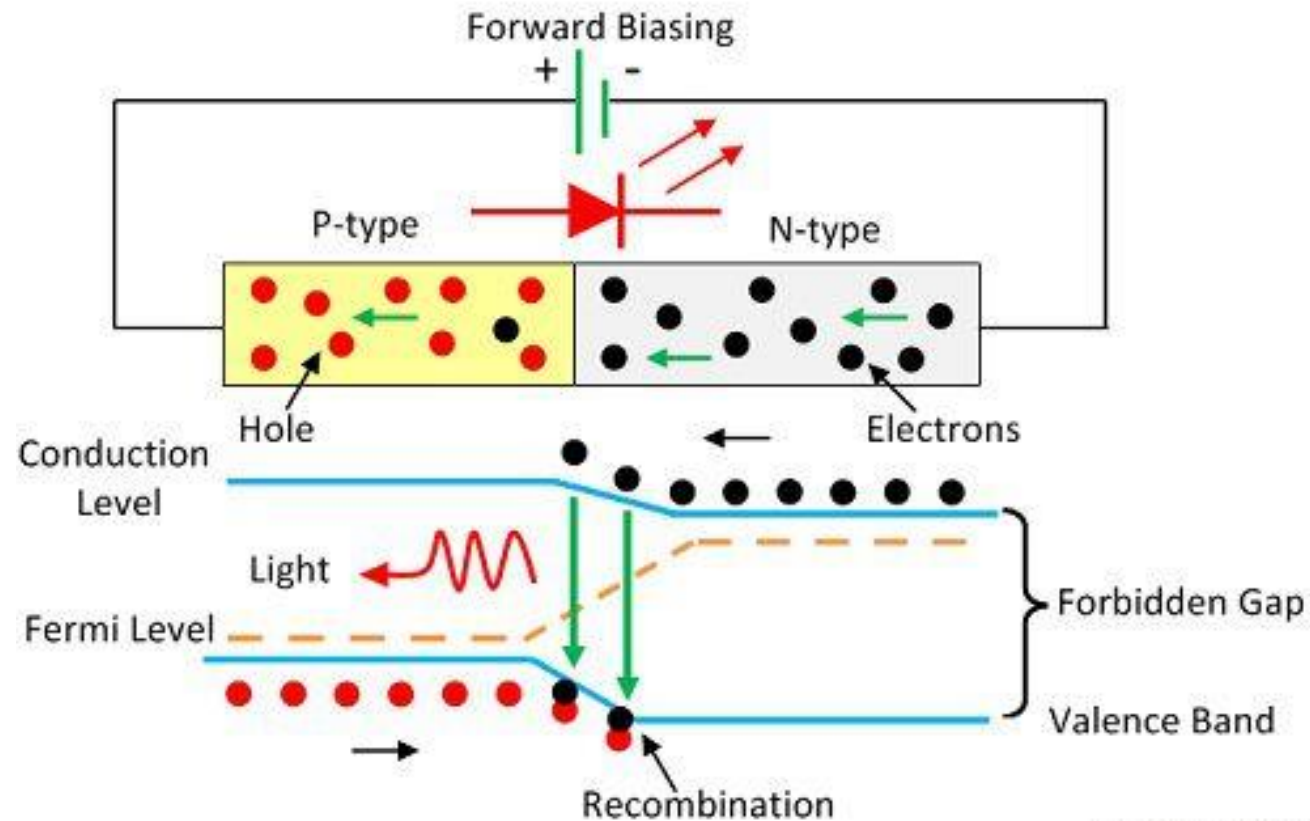
Constructii de LED-uri

- Recombinarea purtătorului de încărcătură are loc în materialul tip P și, prin urmare, materialul P este suprafața LED-ului. Pentru emisia maximă de lumină, anodul este depozitat la marginea materialului de tip P. Catodul este realizat din folie de aur și este, de obicei, plasat în partea de jos a regiunii N. Acest strat de aur al catodului ajută la reflectarea luminii la suprafață.



Funcționarea LED-urilor

- Funcționarea LED-ului depinde de cuantumteorie. Teoria cuantică afirmă că atunci când energia electronilor scade de la nivelul superior la cel inferior, ea emite energie sub formă de fotoni. Energia fotonilor este egală cu decalajul dintre nivelul superior și cel inferior.



Dioda LED

Avantajele LED-urilor în afișaje electronice

- LED-urile sunt mai mici în dimensiuni și pot fi stivuite împreună pentru a forma afișarea numerică și alfanumerică în matricea cu densitate mare.
- Intensitatea luminii de ieșire a LED-ului depinde de fluxurile de curent prin acesta. Intensitatea luminii lor poate fi controlată fără probleme.
- Sunt disponibile LED-urile care emit lumină în diferite culori cum ar fi roșu, galben, verde și chihlimbar.
- Timpul de pornire și oprire sau timpul de comutare al LED-ului este mai mic de 1 nanosecundă. Din acest motiv, LED-urile sunt folosite pentru funcționarea dinamică.
- LED-urile sunt foarte economice și oferă un grad înalt de fiabilitate, deoarece sunt fabricate cu aceeași tehnologie ca cea a tranzistorului.
- LED-urile sunt operate pe o gamă largă de temperaturi, de exemplu 0° - 70° . De asemenea, este foarte durabil și poate rezista șocului și variației.
- LED-urile au o eficiență ridicată, dar ele necesită puterea moderată pentru funcționare. În mod normal, tensiunea de 1.2V și curentul de 20mA sunt necesare pentru luminozitatea completă. Prin urmare, este utilizat într-un loc în care există mai puțină putere.

Dezavantaje ale LED-urilor

- LED-urile consumă mai multă putere în comparație cu ecranul LCD, iar costul lor este ridicat. De asemenea, nu este utilizat pentru a face afișajul mare.

Aplicațiile diodelor LED

- Imagine telefoane și ceasuri digitale
- Blițuri ale camerei și lămpi de căldură auto
- Iluminat de aviație
- Calculatoare și calculatoare digitale
- Sisteme de semnalizare rutieră și de alarmă antiefracție
- Microprocesoare și multiplexoare
- Etc.