

1.5 POLPREVODNIŠKE KOMPONENTE

Polprevodniške komponente lahko delimo glede na način delovanja oz. tehnologijo izdelave na bipolarno in unipolarno (MOS- Metal Okside Silicon) skupino.

Osnovni gradnik bipolarnih komponent je P-N spoj, ki v odvisnosti medsebojnih notranjih povezav (dioda, tranzistor, tiristor , triac,...) definira karakteristiko delovanja komponente. Glede na področje uporabe je možno s pomočjo ustrezne tehnologije izdelave, komponentam določiti specifične značilnosti (stikalni tranzistorji, visokofrekvenčni tranzistorji,...).

Osnovni gradnik MOS komponent je MOSFET tranzistor, ki ga sestavlja kanal (D-S) in preko Si oksida pripadajoča vrata (G), katerih napetostni potencial neposredno vpliva na prevodnost kanala. V novejšem času so na voljo tudi komponente, ki združujejo dobre lastnosti obeh skupin, v smislu izboljšanja karakteristik (npr. IGBT).

1.5.1 P-N SPOJ

Nosilca P-N spoja sta dve polprevodniški strukturi, od katerih ima ena višek prostih elektronov (N-tip polprevodnika), druga pa višek vrzeli (P-tip polprevodnika). Pri spojitvi obeh struktur se v ožjem delu spoja, zaradi prehajanja elektronov oz. vrzeli iz ene na drugo stran (rekombinacije), zgradi zaporna plast. Zaradi rekombinacij v ožjem delu, nastane v P-tipu negativni naboj (pomanjkanje pozitivnih nosilcev) in v N-tipu pozitivni naboj (pomanjkanje negativnih nosilcev), ki skupaj povzročita napetostni potencialni prag, ki prepreči nadaljevanje rekombinacij. Pri 25°C znaša potencialni prag za Si- PN spoj približno 0,6V, pri Ge- PN spoju je 0,4V, pri GaAs pa 1.2V. Napetost potencialnega praga je temperaturno odvisna, temperaturni koeficient PN spoja pa znaša za Si **-2mV/°C**, za Ge pa je še mnogo večji.

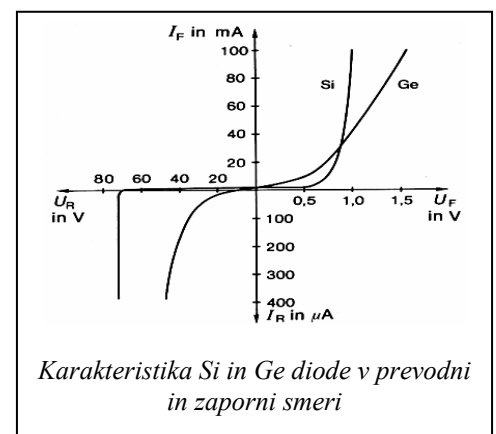
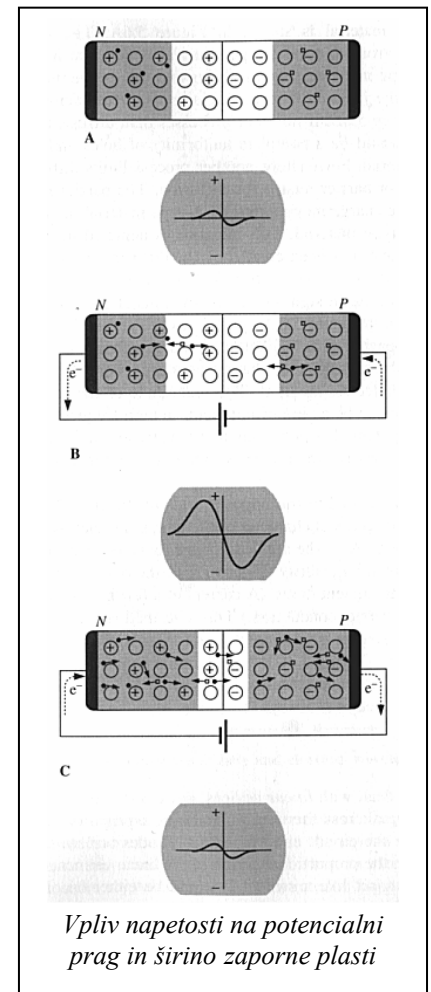
1.5.2 DIODA

Glede na velikost in polariteto priključene zunanje napetosti na PN spoj, zavisi odziv delovanja zaporne plasti. V primeru večanja zunanje napetosti v prevodni smeri (na sliki pod »C«), do napetosti potencialnega praga tok ne teče, naprej pa se nelinearno (eksponencialno) povečuje. Pri obratni polariteti zunanje napetosti (na sliki pod »B«), se potencialni prag ustrezno zviša, zaporna plast se razširi in ne dopusti prehajanja nosilcev elektrine (toka).

Ta značilnost PN spoja predstavlja osnovno funkcijo diode, katera je v eni smeri za električni tok prevodna in v obratni ne. Karakteristika diode je v prevodni smeri nelinearna, vendar jo lahko opišemo z enačbo za PN spoj.

Karakteristika diode

Čeprav želimo čim bolj idealizirano karakteristiko diode (čim manjši potencialni prag, čim manjšo r , čim manjši I_s) lahko v praksi te slabosti tudi s pridom izkoriščamo. Npr. nelinearna karakteristika omogoča funkcijo »mehkega« omejevanja napetosti ali logaritmiranja, temp. odvisnost omogoča kompenzacijo temp. vplivov v vezju, spreminjanje širine zaporne plasti omogoča spreminjanje kapacitivnosti – varikap dioda,...)



Značilni parametri

- U_{RRM} -maksimalna ponovljiva reverzna napetost
- U_{RSM} -maksimalna neponovljiva reverzna napetost
- I_{FAV} -srednja vrednost toka v prevodni smeri
- I_{FSM} -srednja vrednost toka v prevodni smeri
- T_J -maksimalna temperatura spoja
- U_F -napetost kolena v prevodni smeri
- t_{rr} - odzivni čas (recovery time)
- r – dinamična upornost
- C_j - kapacitivnost PN spoja

Pri PN spoju razlikujemo glede na polariteto priključitve dve vrste kapacitivnosti. Kadar je dioda orientirana v prevodni smeri predstavlja PN spoj difuzno kapacitivnost, ki lahko znaša nekaj nF.

Difuzijska kapacitivnost predstavlja frekvenčno omejitvev, saj se v zaporni plasti nakopičen naboj pri VF signalih ne more periodično hitro izprazniti in povzroči posledično tudi bolj ali manj močno prevajanje v zaporni smeri. S tem funkcija diode oslabi, tok v obe smeri pa povzroči prekomerno segrevanje in posledično uničenje. Zato je potrebno pri visokih frekvencah ali v stikalnem režimu izbrati hitre diode, ki hitrim spremembam tudi sledijo (*fast, schotky diode,...*).

Spojna kapacitivnost, ki jo izkazuje dioda v zaporni smeri je bistveno manjša (nekaj 10 pF), vendar se močno spreminja v odvisnosti od velikosti napetosti. To kapacitivnost izkoriščajo kapacitivne (varikap) diode.

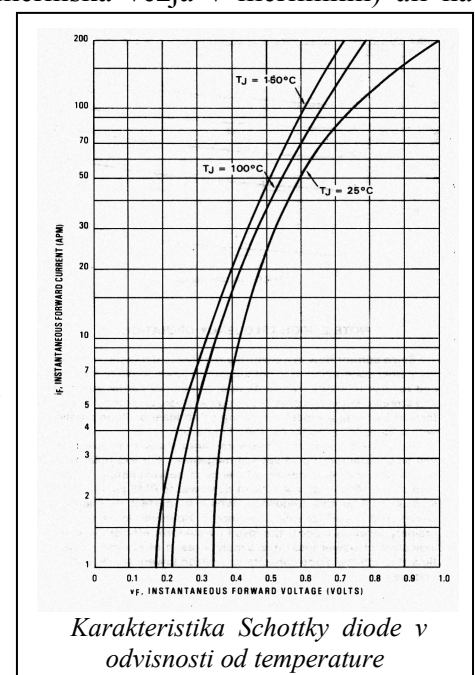
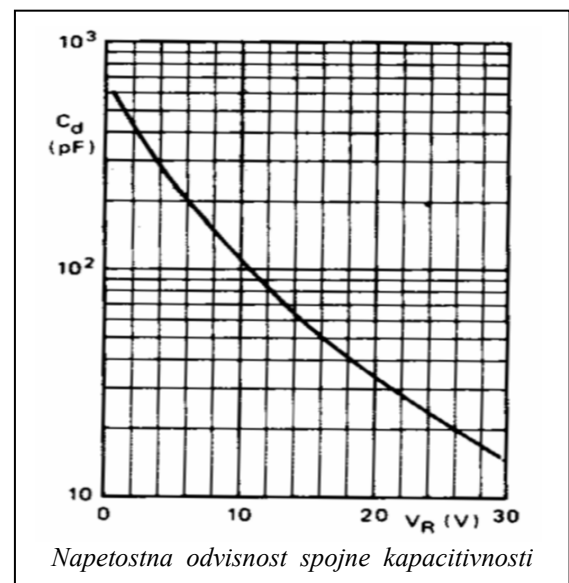
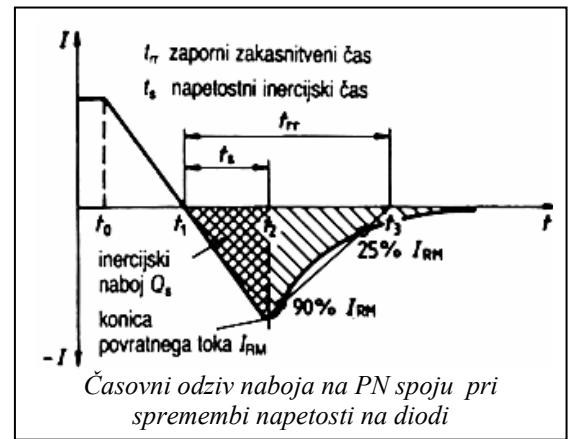
Vrste diod

- Točkasta dioda (Ge) je malosignalna dioda z nizko kapacitivnostjo in malih moči. Uporabimo jih v primerih, kadar je zahtevan nizek potencialni prag (npr. usmerniška vezja v merilnikih) ali na področju VF signalov (modulatorji).
- Univerzalna dioda (Si) je usmerniška dioda za večje tokove in napetosti, predvsem za omrežno frekvenco oz. NF področje in sinusno obliko napetosti.
- Schotky dioda (*hot carrier*)

Sestoji se iz dveh slojev polprevodnika tipa N in N⁺ (substrat) in kovinske plasti, ki nadomešča P- tip polprevodnika.

V primerjavi s klasičnim PN spojem, kjer so v dominantni vlogi manjšinski nosilci, je v tem primeru karakteristika odvisna od večinskih. Ti imajo bistveno hitrejši čas prehoda, kar posledično pomeni, da je odzivni čas Schotky diode praktično nič. Zato so nepogrešljive pri napetostih nesinusnih oblik (npr. pri stikalnih napajalnikih) in VF signalih do nekaj 100MHz.

Napetost kolena je odvisna od izvedbe in je med 0,3 do 0,4V, vendar je dif. upornost večja kot pri univerzalnih in jih zato lahko vežemo vzporedno brez uparjanja.



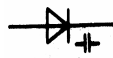


• Zener dioda

Ima značilen Zenerjev (do 5V; neg temp. koeficient) oz. Avalavchev (nad 5V; poz. temp. koeficient) efekt v zapornem področju. V tem delu ima zener dioda relativno majhno diferencialno upornost, kar izkoriščamo za stabilizacijo napetosti. V novejšem času se bolj uporabljajo referenčne diode, katere so v bistvu temperaturno stabilizirane zener diode (različne zaporedne kombinacije obeh efektov). Dosežen temp. koeficient $\alpha_c = 0.01 \text{ \%}/^\circ\text{C} - 0.0005 \text{ \%}/^\circ\text{C}$ (5ppm/ $^\circ\text{C}$)

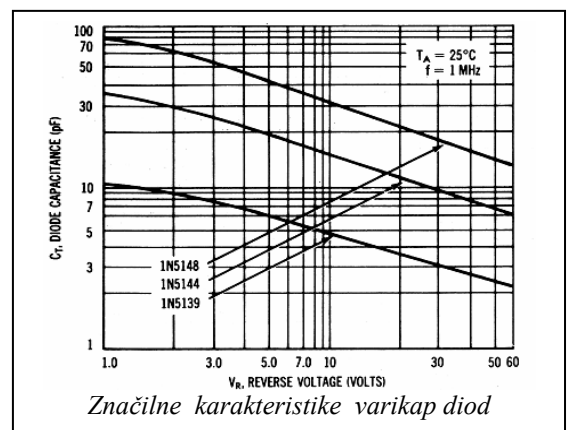
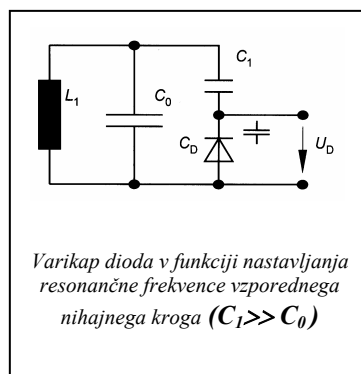
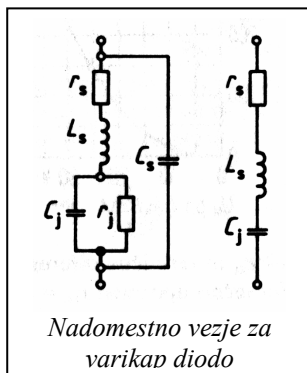
• Supressor dioda

je v bistvu dvosmerna hitra zener dioda za moči nekaj W, namenjena za omejevanje napetostnih konic manjših moči.



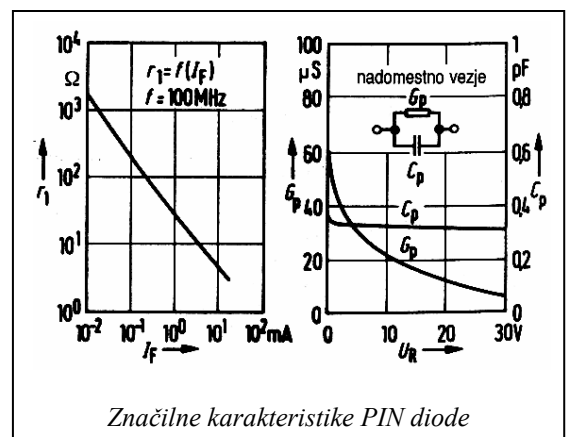
• Kapacitivna (Varaktor) dioda

ima izrazito poudarjeno odvisnost spojne kapacitivnosti od zaporne napetosti, uporablja se pri napetostno krmiljenih oscilatorjih in napetostno nastavljenih VF krogih.



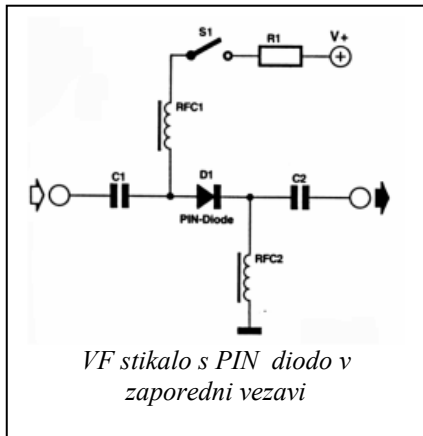
• PIN dioda (P-Intrinsic area-N)

je posebna izvedba diode, ki ima med P in N tipom polprevodnika še plast visokoohmskega silicija (intrinsic area), ki je zelo slabo dotiran z nosilci elektrine. Zaradi tega med P in N spojem ne pride do spontanah medsebojnih rekombinacij, temveč se sredinska plast obnaša kot izolator. V primeru zunanje napetosti v prevodni smeri, se v vmesni del inicirajo nosilci tako iz N, kot iz P področja strukture, kar povzroči znižanje upornosti in posledično prevodnost, ki je odvisna od velikosti toka. To omogoča značilno karakteristiko spreminjanja upornosti za VF signal v odvisnosti od enosmernega toka.

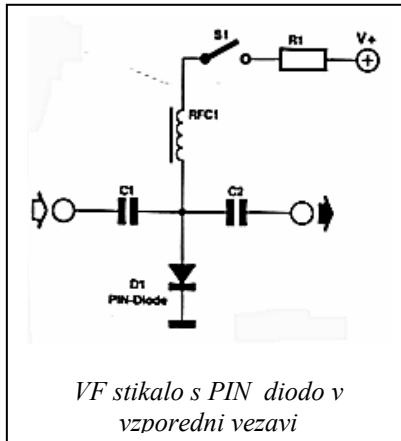


Poleg teh izvedb diod obstajajo še številne optoelektronske diode kot so LED, laserske, oddajne in sprejemne fotodiode v infrardečem in vidnem spektru (ter številne izvedbe diod za posebne namene (VN diode, alternatorske, za kompenzacijo temperature, tunnel diode, mikrovalovne, magnetne diode, Gunn diode...)).

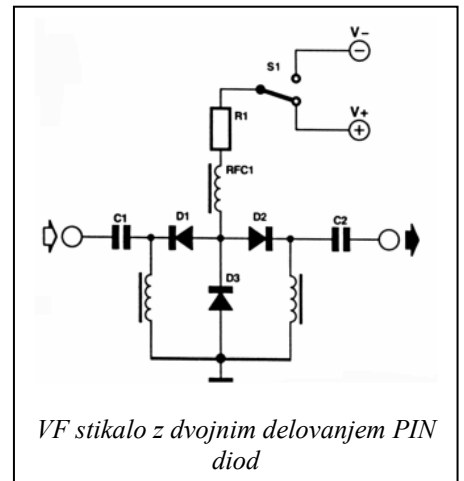
Primeri uporabe PIN diod



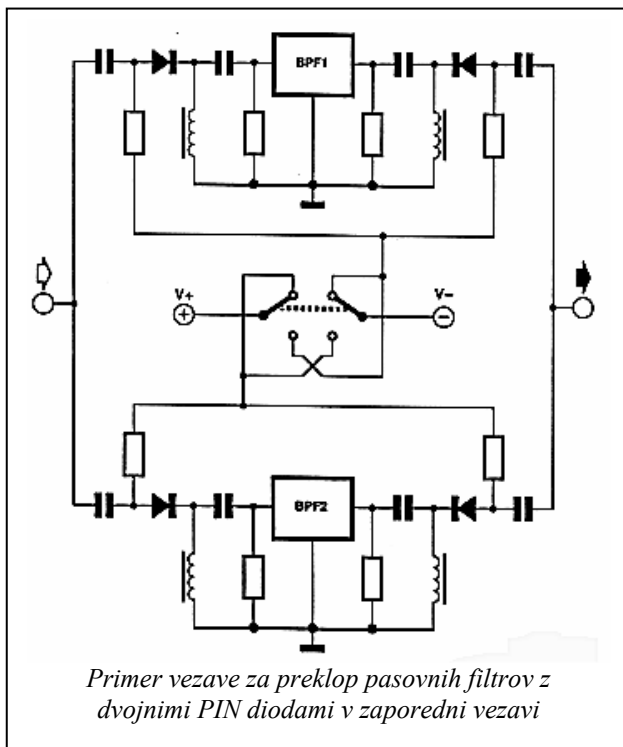
VF stikalo s PIN diodo v zaporedni vezavi



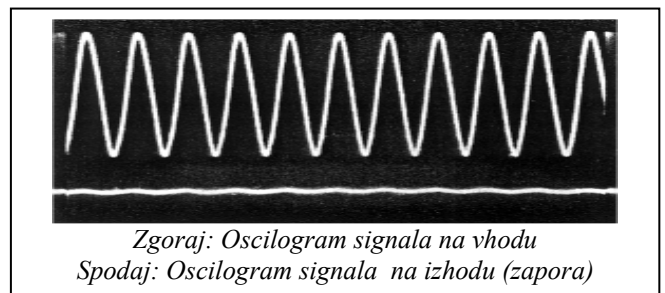
VF stikalo s PIN diodo v vzporedni vezavi



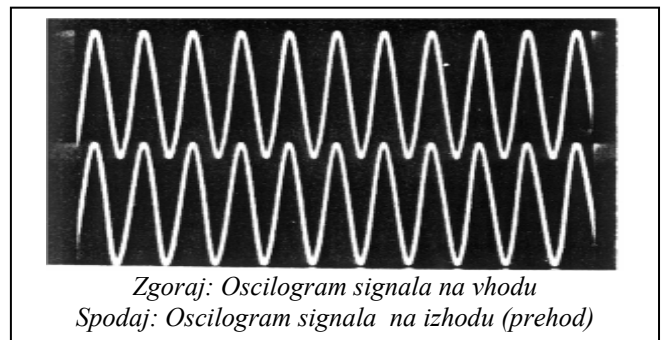
VF stikalo z dvojnimi delovanjem PIN diod



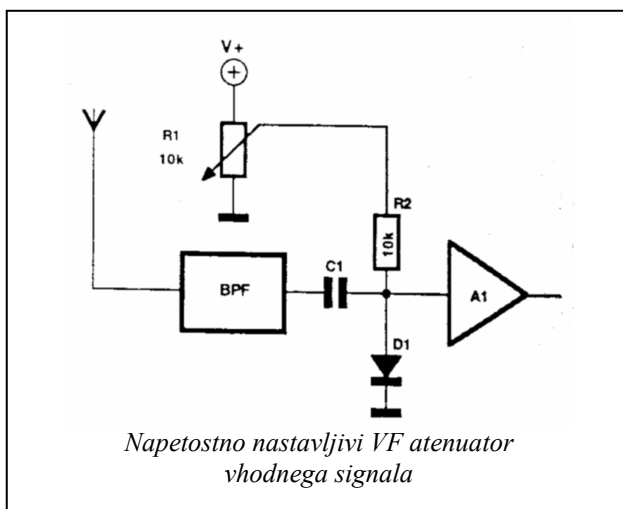
Primer vezave za preklop pasovnih filtrov z dvojnimi PIN diodami v zaporedni vezavi



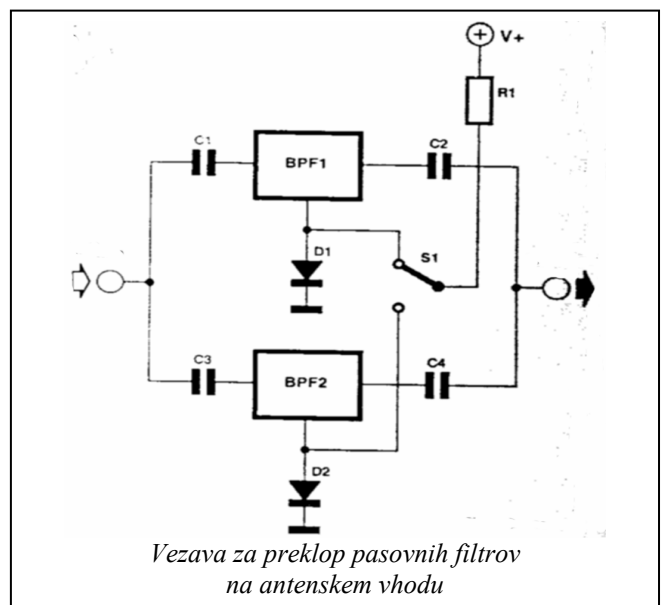
Zgoraj: Oscilogram signala na vhodu
Spodaj: Oscilogram signala na izhodu (zapora)



Zgoraj: Oscilogram signala na vhodu
Spodaj: Oscilogram signala na izhodu (prehod)



Napetostno nastavljeni VF atenuator vhodnega signala



Vezava za preklop pasovnih filtrov na antenskem vhodu