

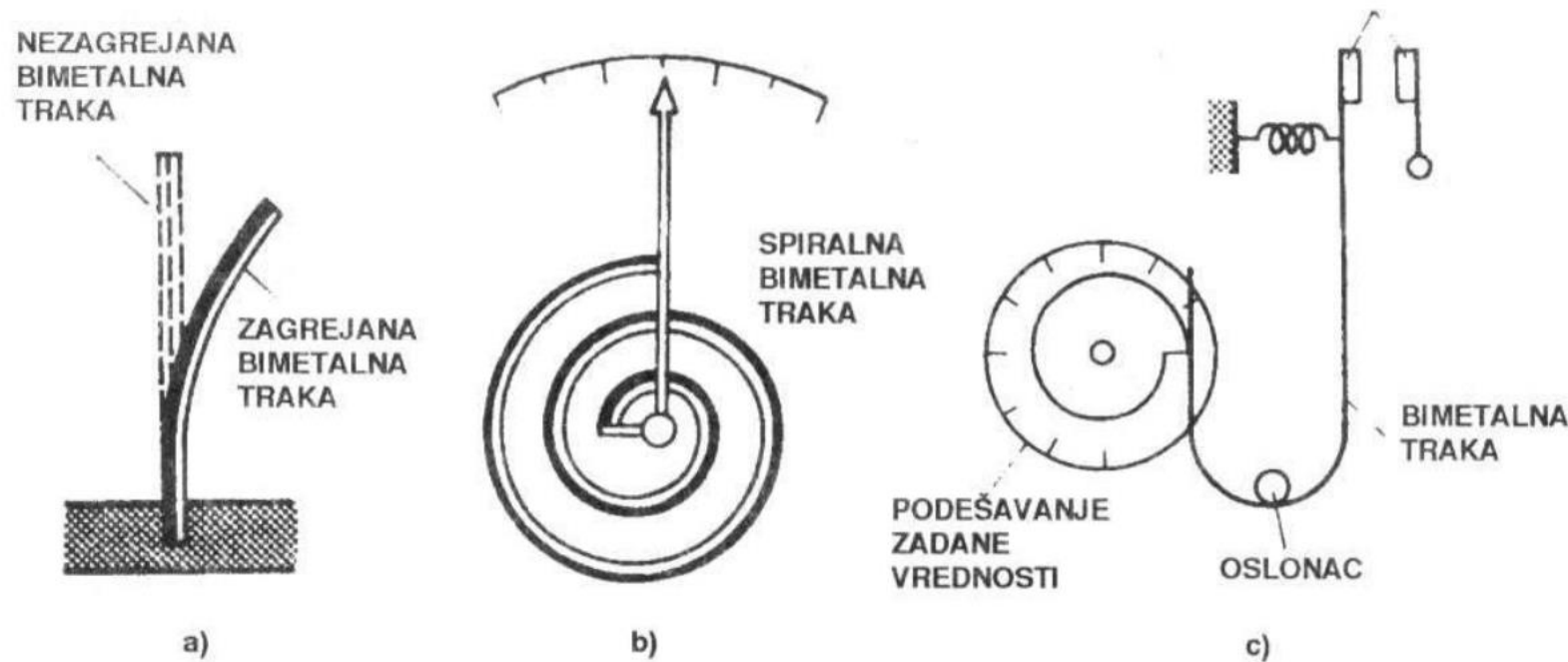
Senzori temperature Poluprovodnicksi senzori



- Kontaktni temperaturni senzori
- Termička ravnoteža senzora i objekta!!!!
- Problemi!!!!
- termoparovi, RTD-i, termistori, stakleni termometri, bimetalni termometri, poluvodički termometri itd.

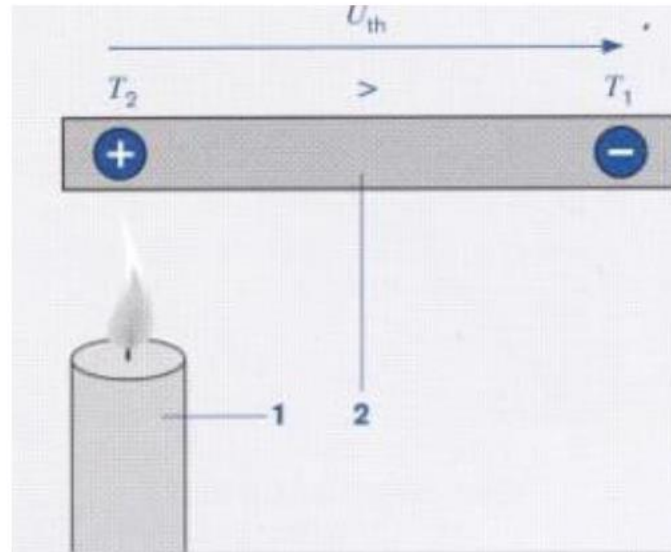
„Temperatura je intenzivna (aktivna) veličina koja nema svojstvo aditivnosti (prilikom deljenja tela svaki deo zadržava temperaturu tog tela).„

- Ekspanzioni senzori temperature su termometri čiji se radni medij grejanjem širi, a hladjenjem skuplja, tako da linearno menja svoje geometrijske dimenzije

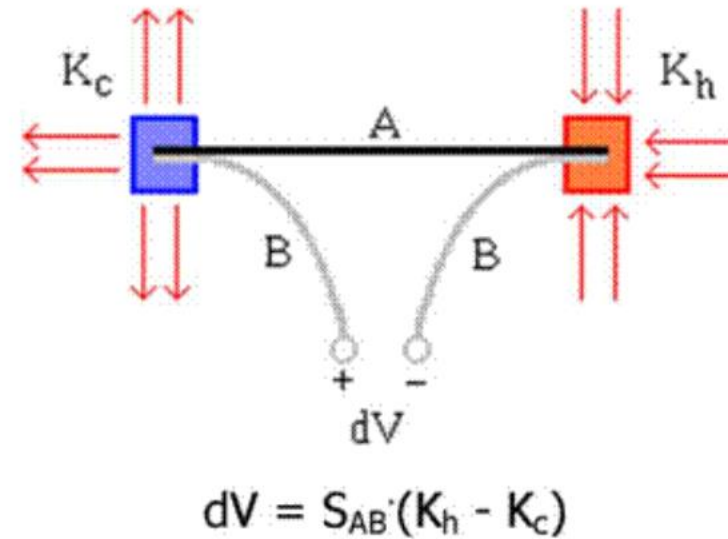


Termopar(engl. Thermocouples-TCs)

- najjednostavniji i najkorišćeniji temperaturni senzori.
- Seebeck-ov efekat
- Jednostavni, mere u širokom rasponu temperatura, nije im potrebno dodatno napajanje



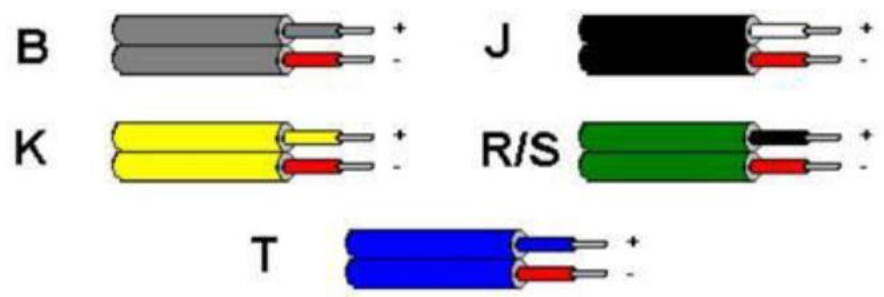
Temeraturni gradijent



Razlika napona dV između krajeva otvorenog „kola,, napravljenog od para različitih metala, A i B, koja su na različitim temperaturama, direktno je proporcionalna njihovoj razlici temperatura (hladni(c-cold) i topli(h-hot)) $K_h - K_c$, i nije funkcija raspodele toplote topline na metalu između kontakata.

Faktor proporcionalnosti, S_{AB} , se zove relativni Seebackov koeficijent,

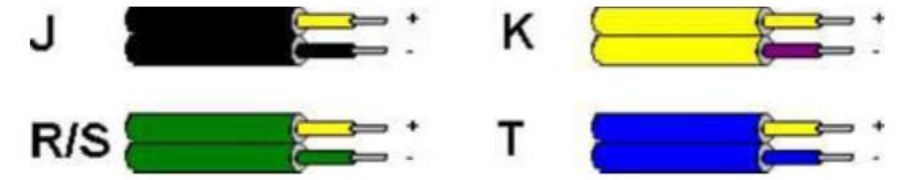
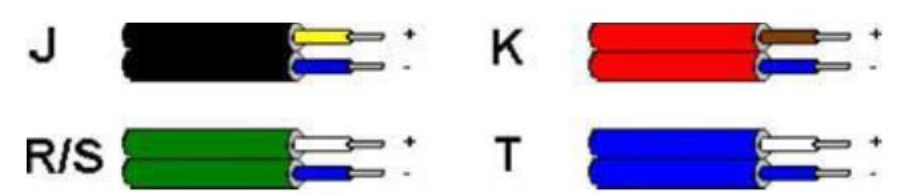
ASTM Standard E230 osigurava sve specifikacije za najčešće industrijske nivoe, uključujući i alfa beta oznake, kodove po bojama (jedino SAD), preporučene rokove trajanja, tablice zavisnosti napona od temperature ako je hladni spoj na konstantnoj temperaturi od 32 °F i 0 °C).



• Drugi standardi.....

: British BS1843: 1952:

French NFE:



Otpornički detektori temperature (engl. RTDs)

- Otpornički detektori temperature ili RDT su vrlo tanke žičane naprave koje mere temperaturu na osnovu pozitivnog temperaturnog koeficijenta električnog otpora metala.
- PPt-platina kao materijal za njihovu izradu.
- Najpopularniji tipovi su PRT i PRT100.
- Najprecizniji temperaturni senzori s rezolucijom do ± 0.1 °C



Karakteristike RTD-a

Prednosti

- stabilni izlaz na duže vreme,
- lagana rekalkibracija
- preciznost za relativno male promene temperature.

Nedostatci

- manji raspon temperatura,
- viši početni trošak i manja otpornost na okruženja s velikim vibracijama.

Spoljasnje napajanje

- ASTM Standard E 1137 za Industrijske platinske RTS-e određuje odnos otpor-temperatura za takve naprave u opsegu od 0 °C to 650°C.

$$\bullet R(t) = R(0)[1 + At + Bt/V^2]$$

- t = temperatura (ITS-90), °C,
- $R(t)$ = otpornost na temperaturi t ,
- $r(0)$ = otpornost na 0°C
- $A = 3.9083 * 10^{-3}(\text{°C})^{-1}$,
- $B = -5.775 * 10^{-7}(\text{°C})^{-2}$

Temperature**Razred A****Razred B**

Degrees C

°C

Ohms

°C

Ohms

-200

0.47

0.20

1.1

0.47

0

0.13

0.05

0.25

0.10

100

0.30

0.11

0.67

0.25

400

0.81

0.28

1.9

0.66

650

1.24

0.40

3.0

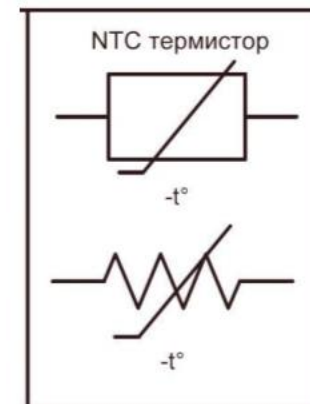
0.94

Termistori

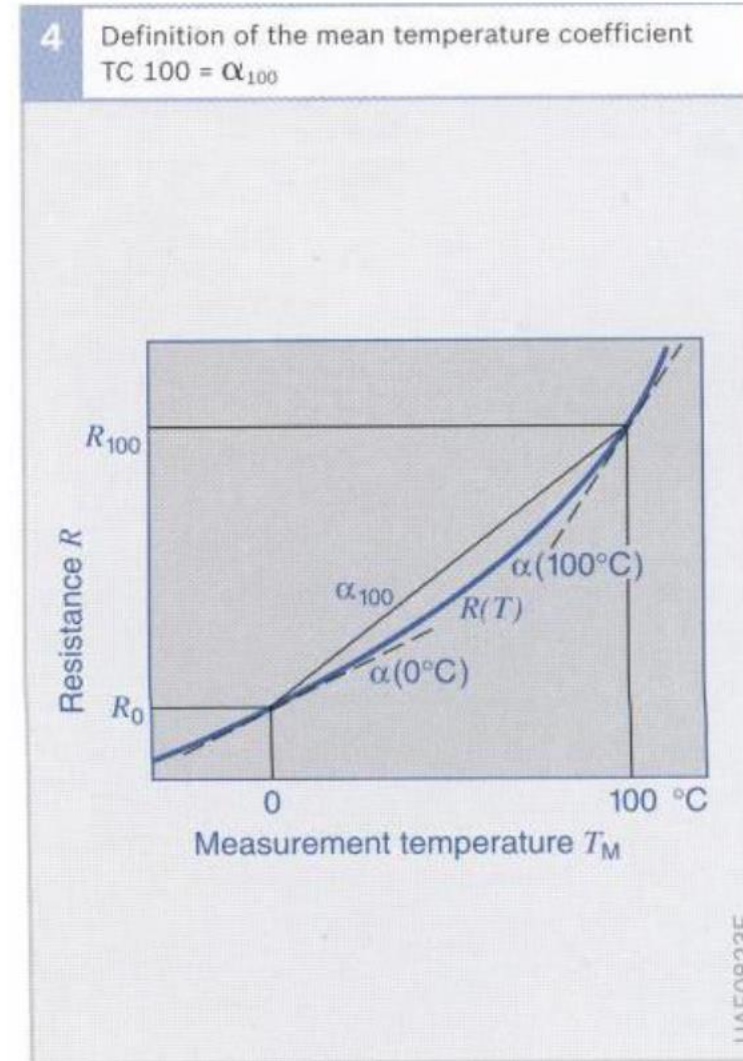
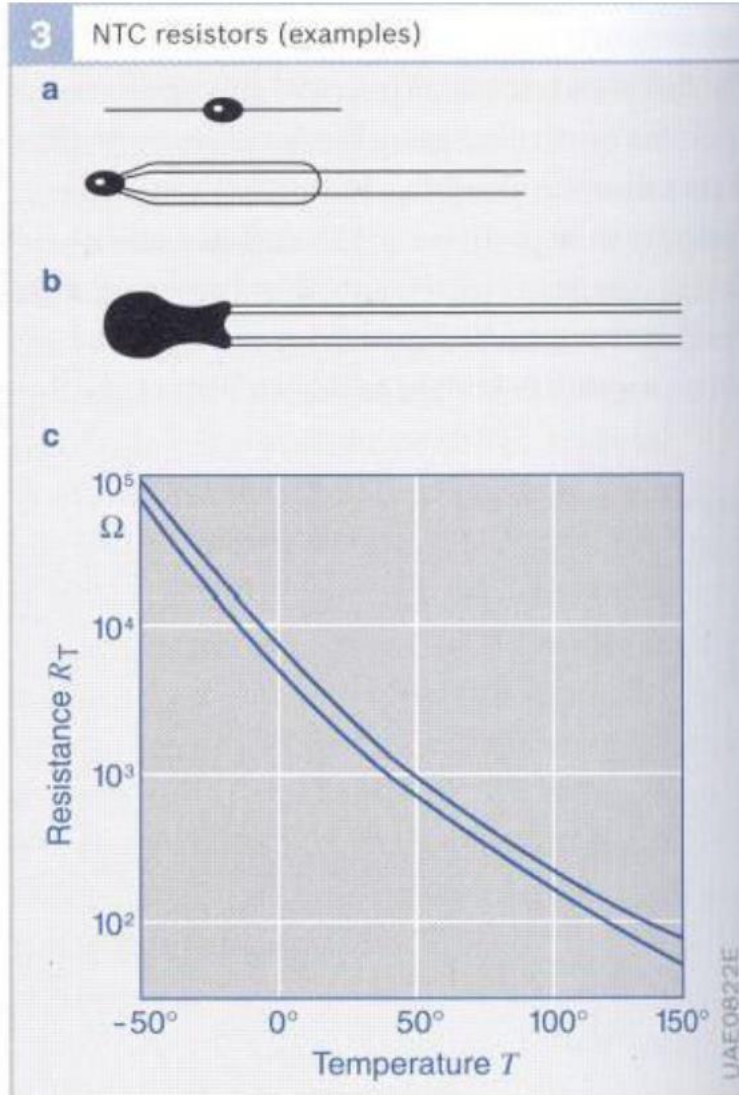


- Termistori su specijalni čvrsti temperaturni senzori koji se ponašaju kao temperaturno-osetljivi električki otpornici.
- NTC-Negativni Temperaturni Koeficijent, merenje temperature,
- PTC-Pozitivni Temperaturni Koeficijent kontrolu električne struje.

- $R(T)!!!!!!$







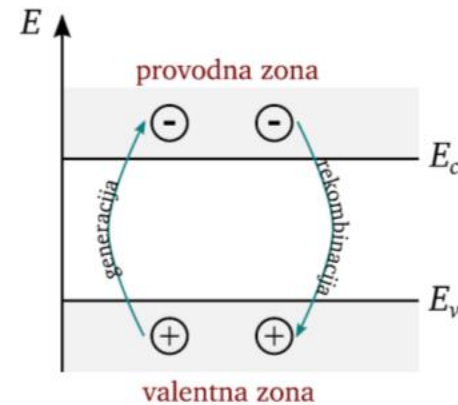
Prednosti

- visoka osetljivost na temperaturne promene
- male dimenzije
- velika brzina odziva
- velika vrednost nominalnog otpora na 20 °C
- neosetljivost na otpor priključnih vodova
- povećanje stabilnosti sa starenjem
- niska cena

Nedostatci

- izrazito nelinearna karakteristika
- velike varijacije parametara, pa je eventualna zamena
- drugim termistorom uvek problematična
- mali temperaturni opseg
- nestabilnost na višim temperaturama
- povećano samozagrevanje zbog velikog otpora i malih
- dimenzija, zbog čega termistori rade sa manjom
- strujom nego žičani otpornici.

Poluprovodnički senzori



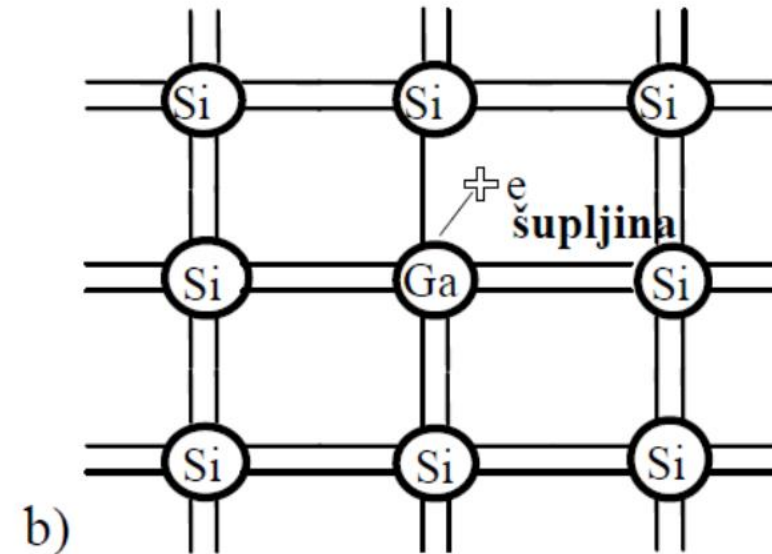
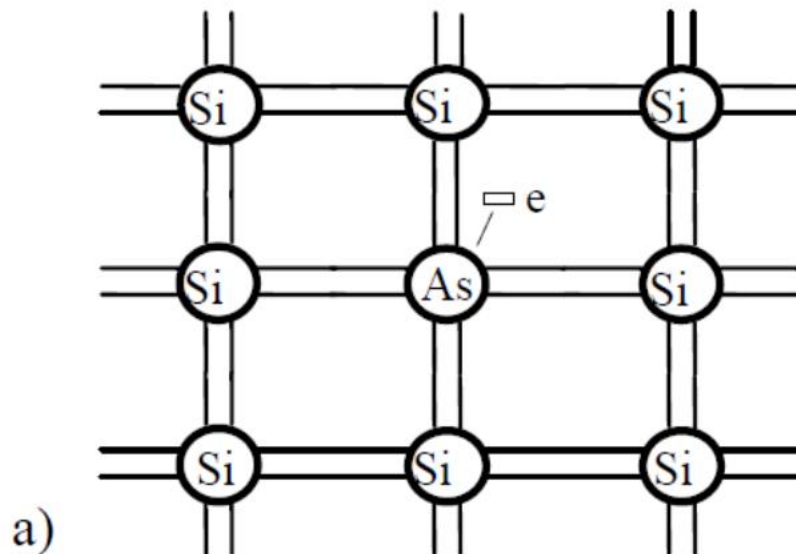
Poluprovodnički materijali

Perioda	Grupa				
	III	IV	V	VI	VII
Druga	B Bor	C Ugljenik			
Treća	Al Aluminijum	Si Silicijum	P Fosfor	S Sumpor	
Četvrta	Ga Galijum	Ge Germanijum	As Arsen	Se Selen	
Peta	In Indijum	Sn Kalaj	Sb Antimon	Te Telur	J Jod

- Energetski procep 0.3-3.5 eV
- Specifična električna otpornost
- 10^{-4} W/m - 10^4 W/m
- temperaturni koeficijent otpornosti manji od nule
- izražen Hallov efekat,
- osetljivi na elektromagnetno zračenje.
- zonska struktura.

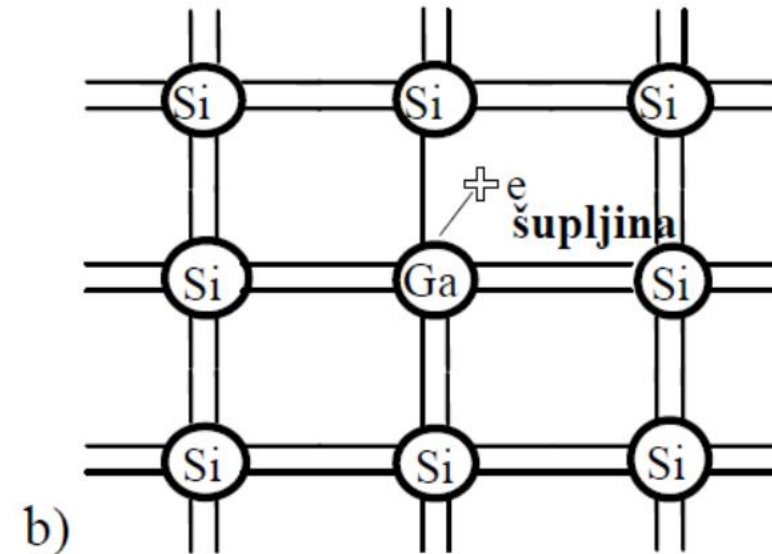
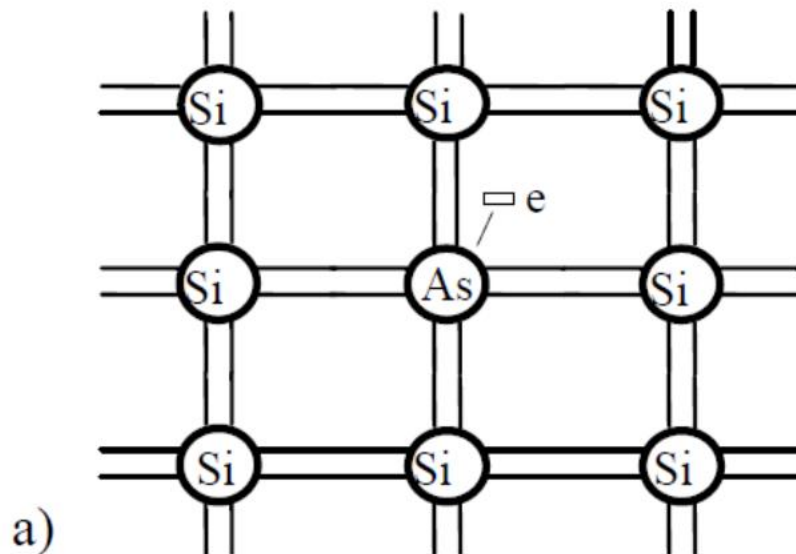
Primesni (dopirani) poluprovodnici.

- **N-tip** poluprovodnika nastaje kada se četvorovalentnim elementima (Si) dodaju petovalentne primese (P, As, Sb).
- **P-tip** poluprovodnika nastaje kada se četvorovalentnim elementima (Si) dodaju trovalentne primese (P, As, Sb).



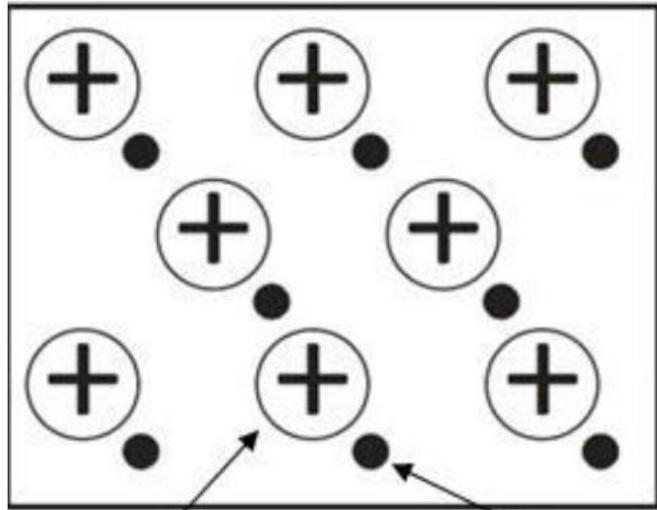
Primesni (dopirani) poluprovodnici.

- **N-tip** poluprovodnika nastaje kada se četvorovalentnim elementima (Si) dodaju petovalentne primese (P, As, Sb).
- **P-tip** poluprovodnika nastaje kada se četvorovalentnim elementima (Si) dodaju trovalentne primese (P, As, Sb).



Glavni i sporedni nosioci naelektrisanja

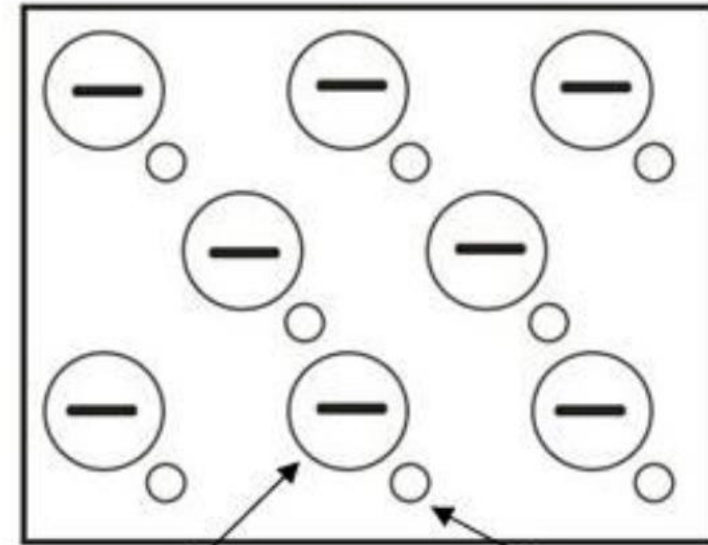
Poluprovodnik N tip



Pozitivni donorski jon

elektron

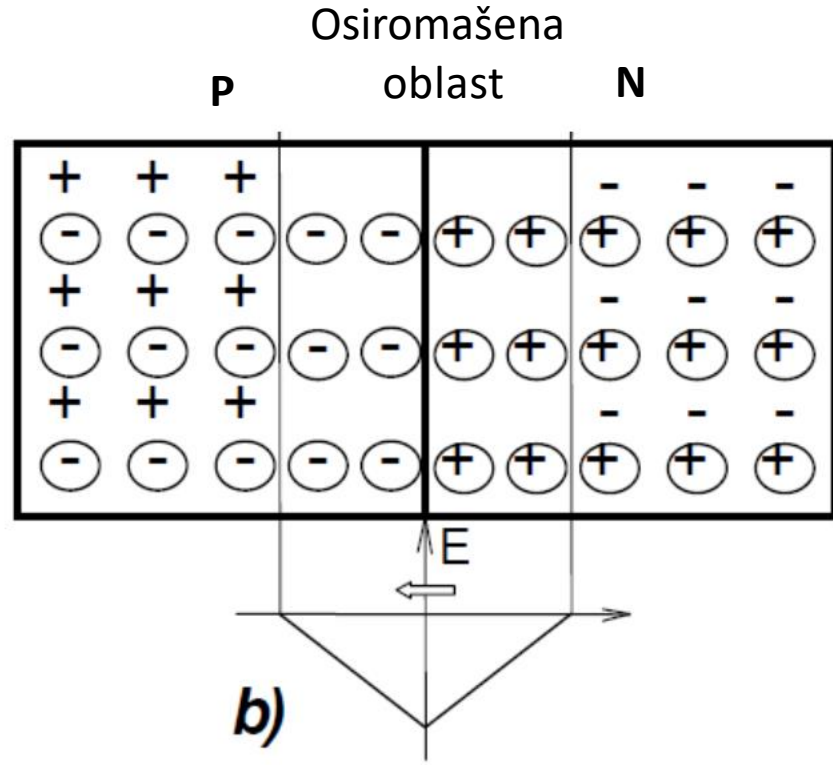
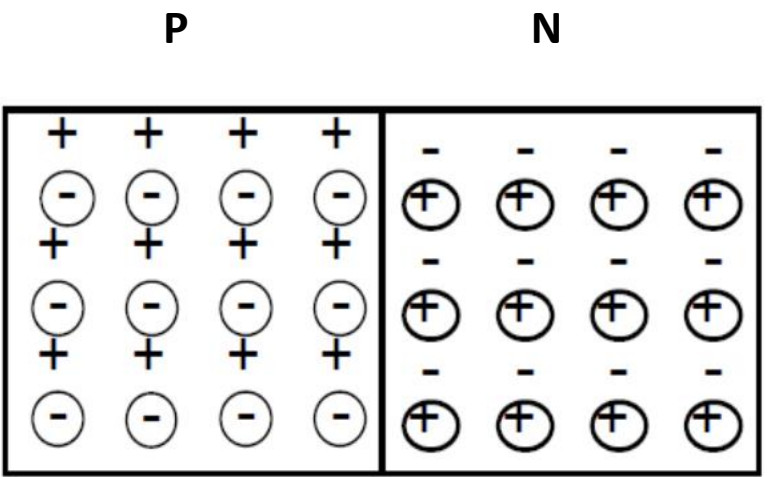
Poluprovodnik P tip



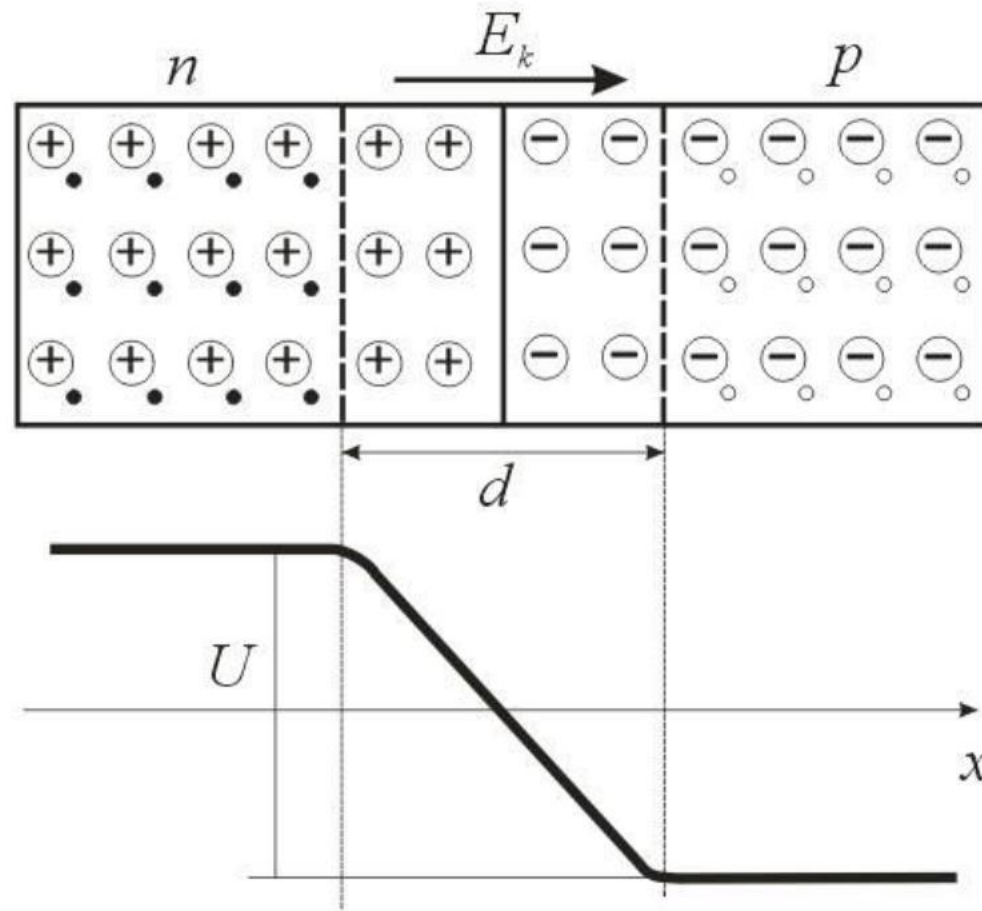
Negativni akceptorski jon

šupljina

PN spoj

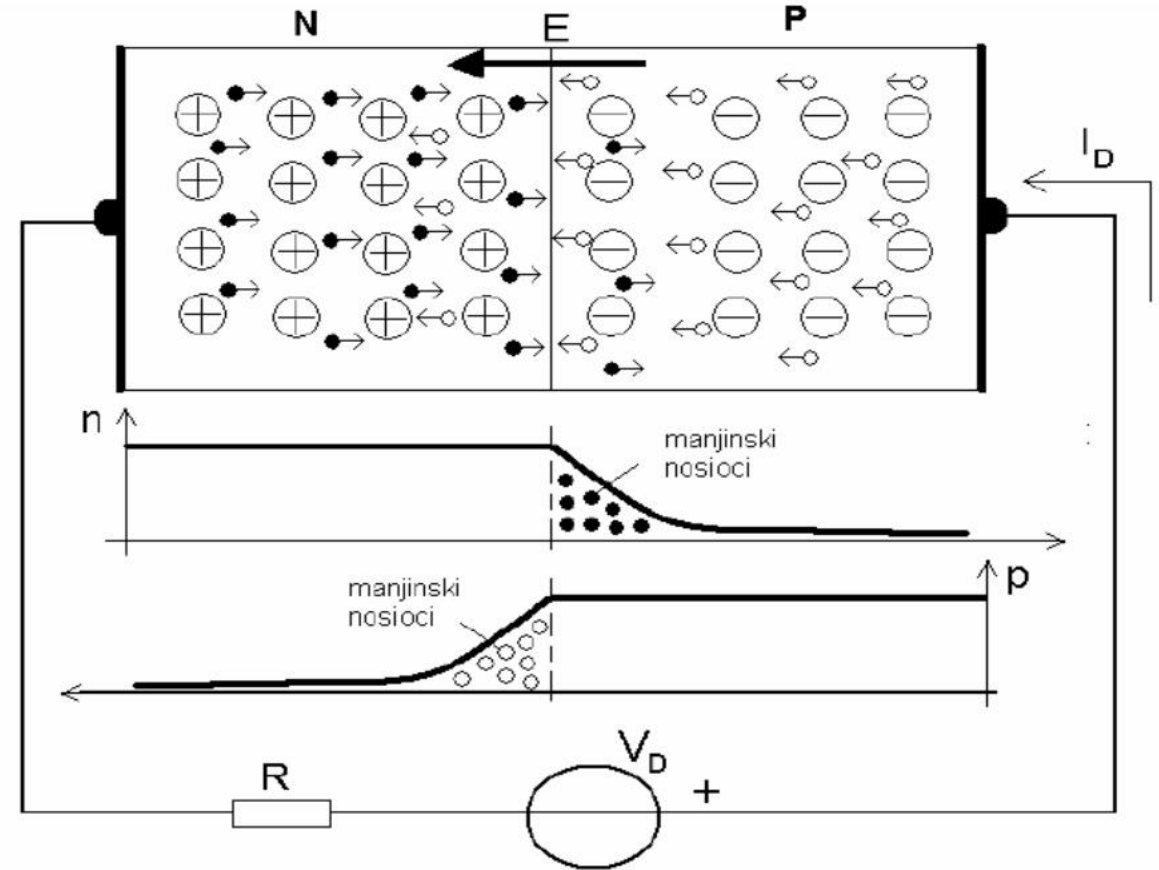


PN SPOJ



DIREKTNO POLARISAN PN SPOJ

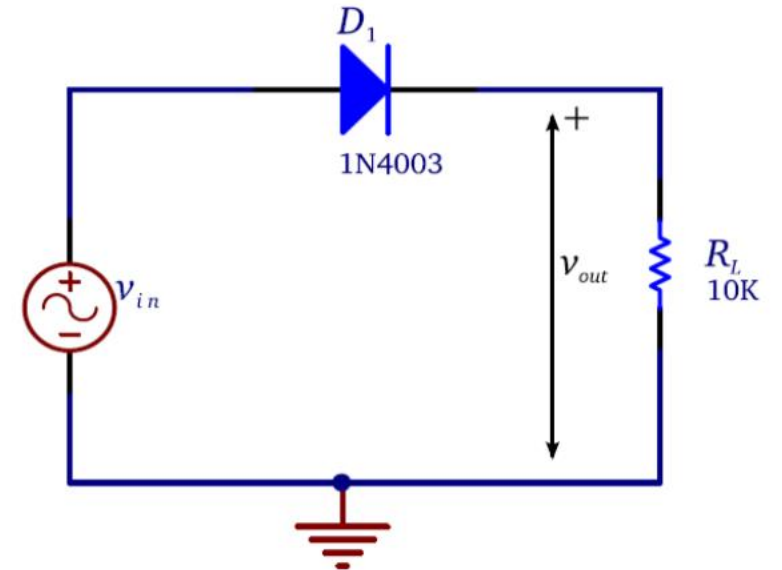
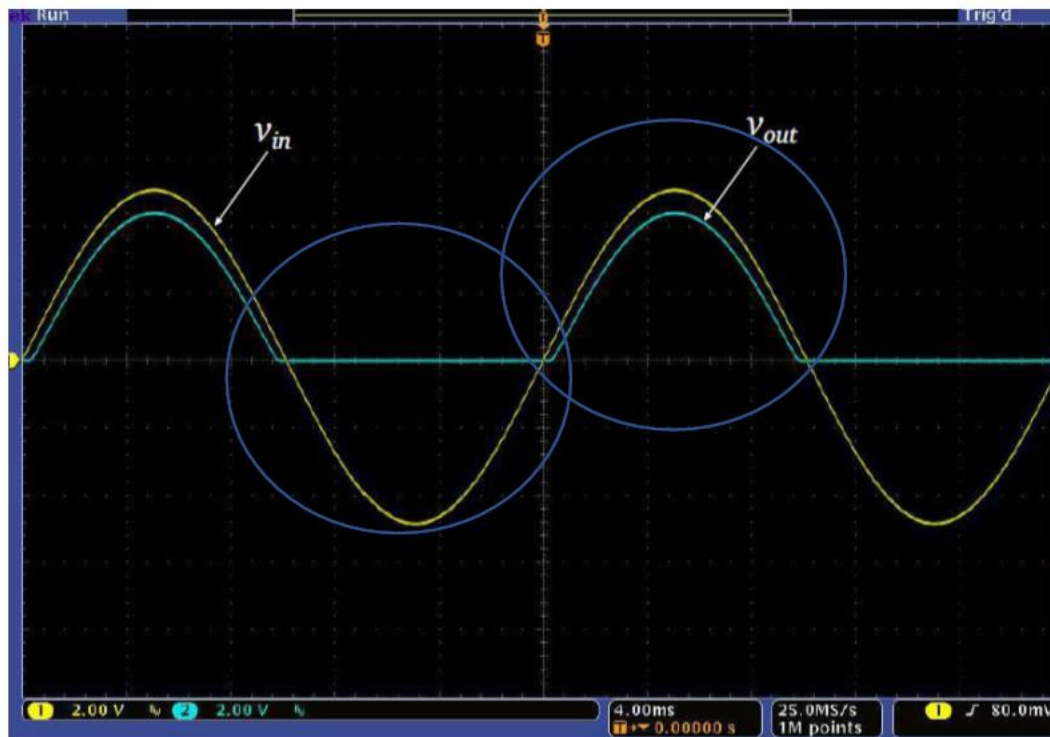
Direktna polarizacija diode pr edst avlj a dovođenje spoljašnjeg napona na njene priključke tak o da je pozitivan kraj napona na anodi, a negativan na katodi.



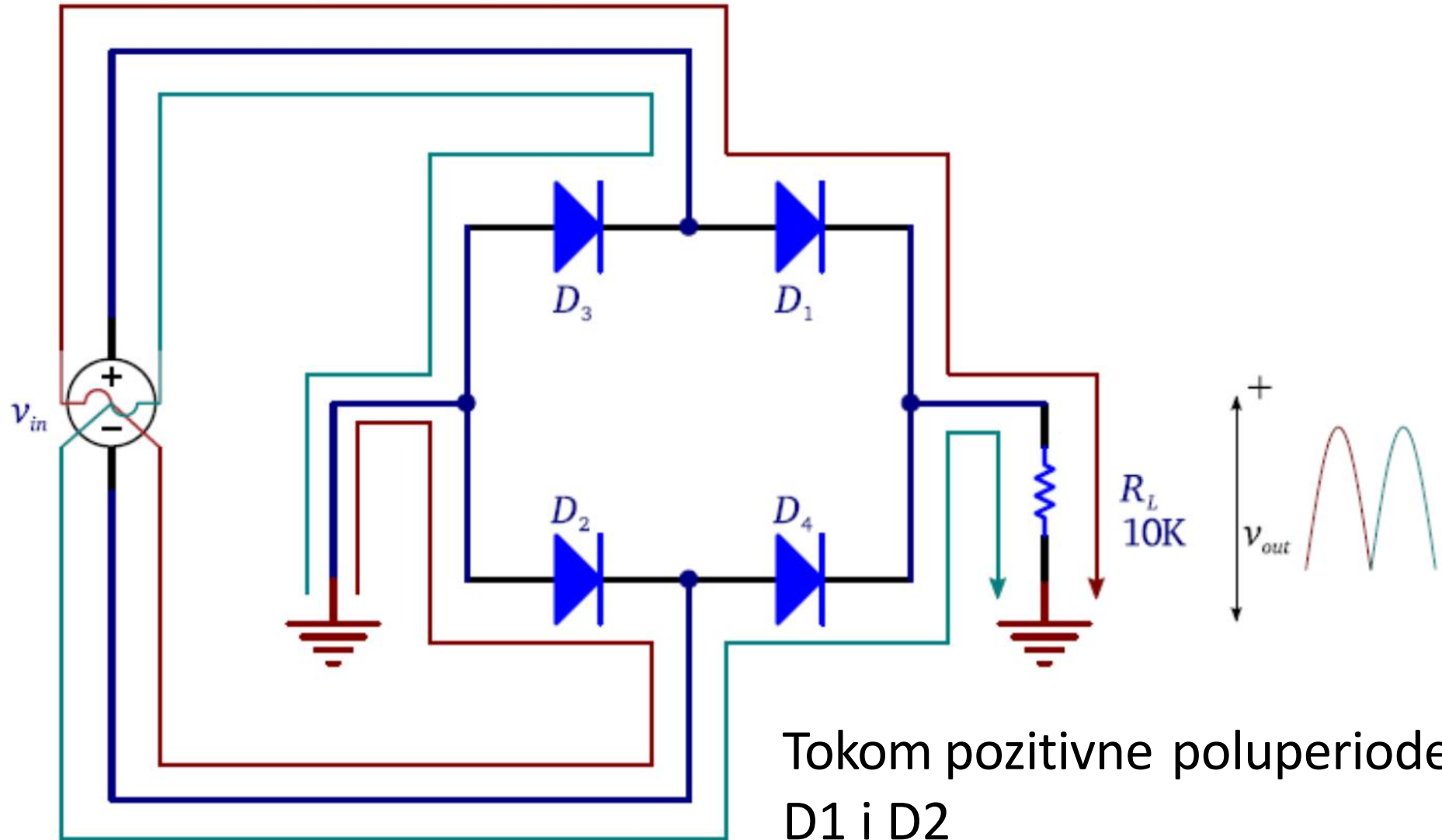
Tipovi dioda

Ispravljačka dioda

- Dioda provodi samo u toku pozitivne poluperiode.



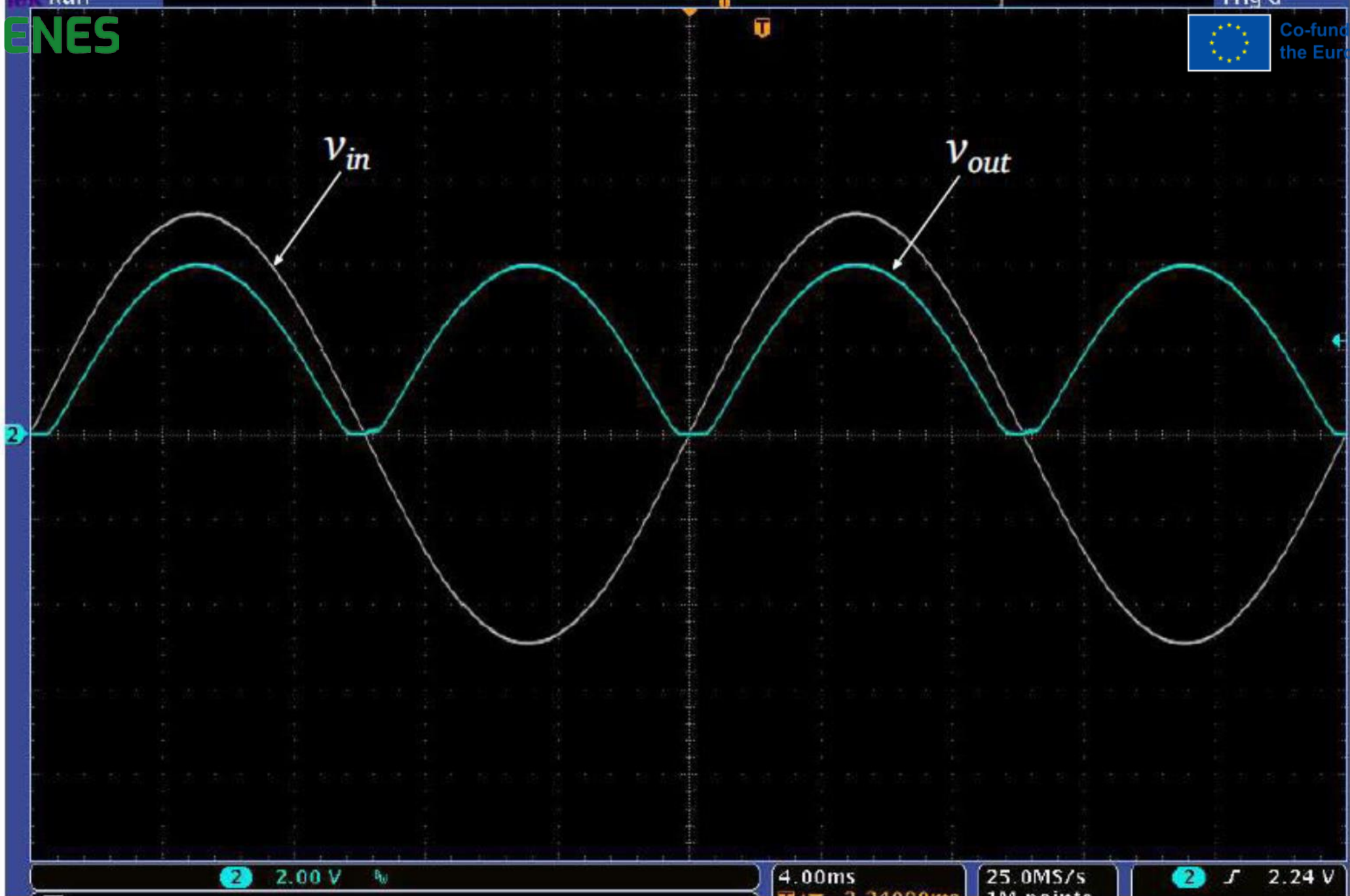
struja tokom pozitivne poluperiode



struja tokom negativne poluperiode

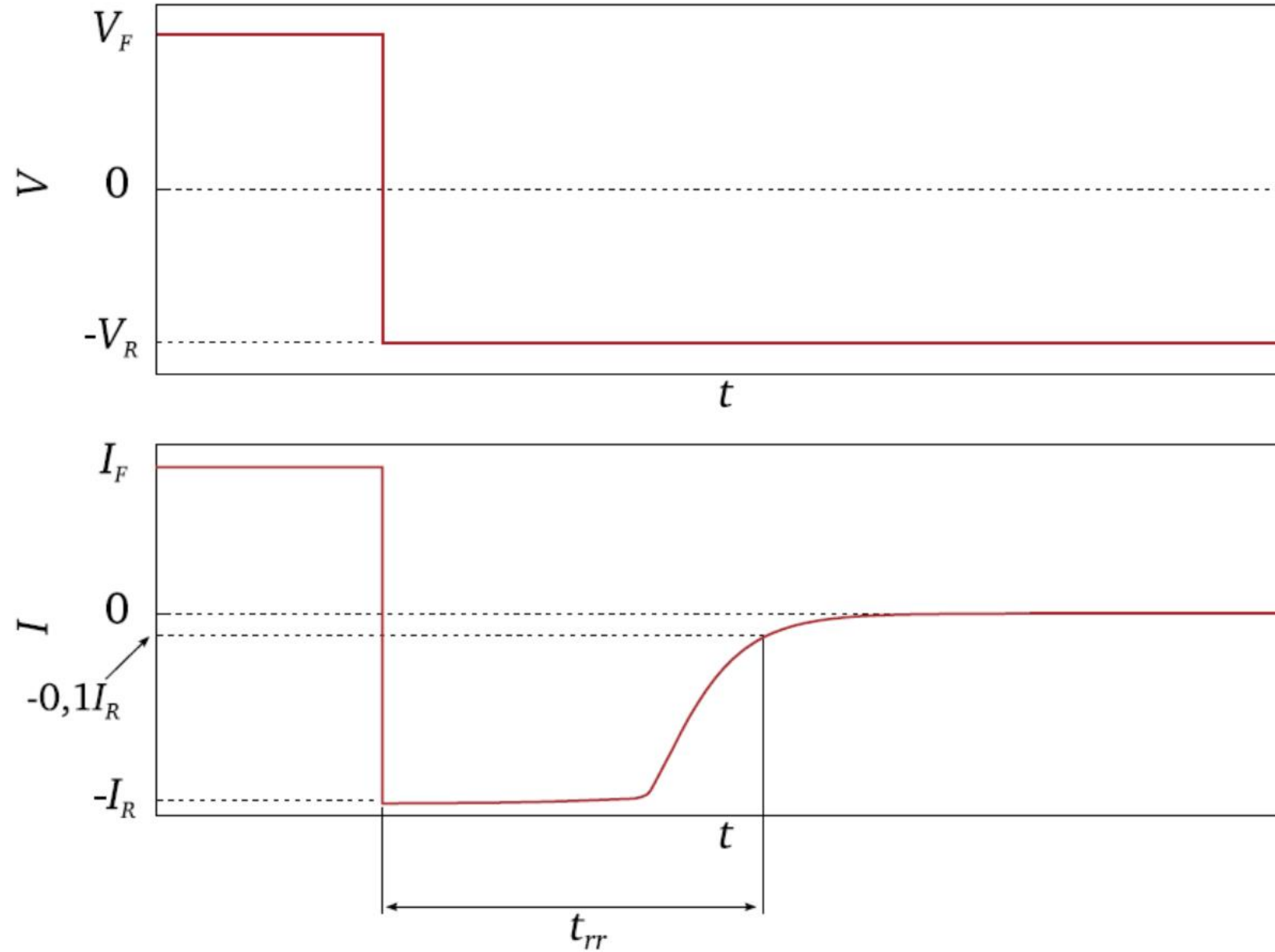
Tokom pozitivne poluperiode provode diode D_1 i D_2

Tokom negativne poluperiode D_3 i D_4



Prekidačke diode

- Diode koje u elektronskim kolima prelaze iz provodnog u neprovodno stanje i obratno pod dejstvom impulsne pobude, nazivaju se *prekidačke* (switching) diode. Na taj način ove diode ostvaruju funkciju elektronskog prekidača koji na određeni način razdvaja ili spaja pojedine delove kola.
- Brzina prekidanja.
- Prelazak diode iz provodnog u neprovodno stanje nije trenutno.
- *v*Vreme oporavka (reverse recovery time) *t_{rr}*- Vreme potrebno da struja prestane da teče kroz inverzno polarisanu diodu.



primene

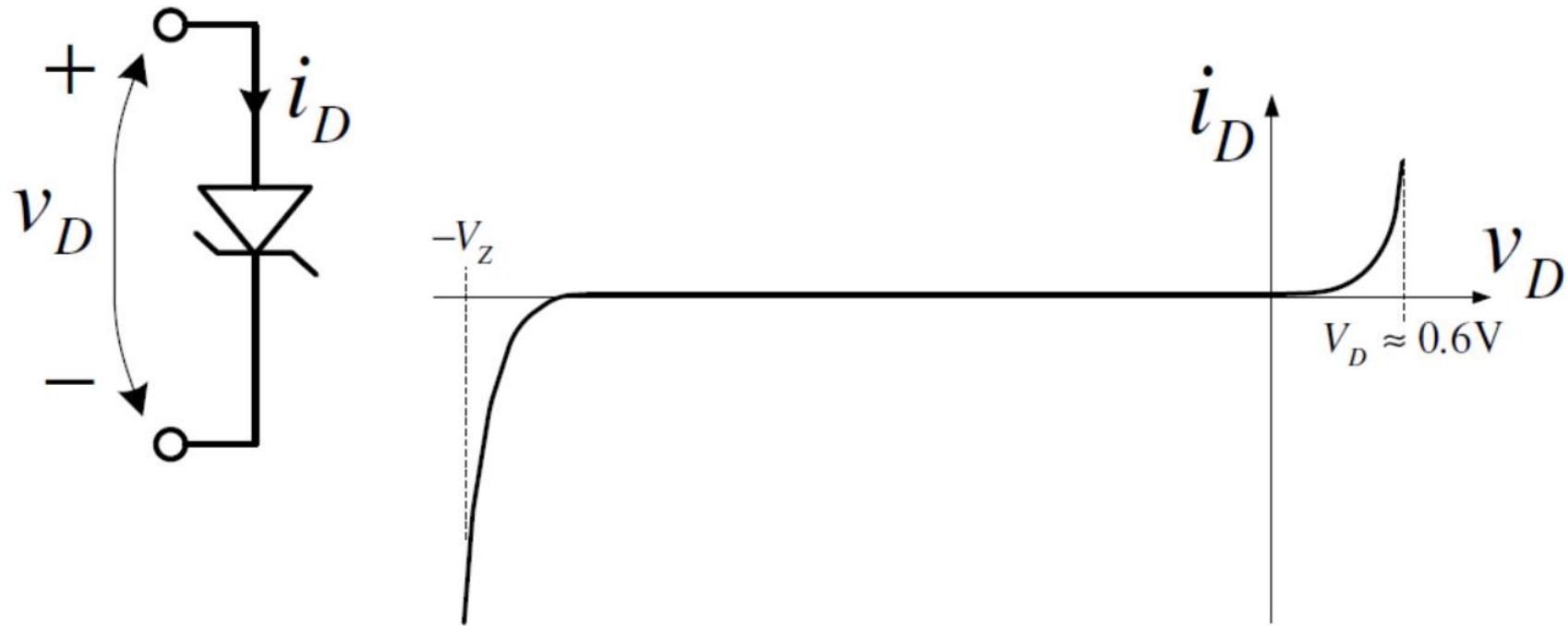
- zaštititi elektronskih prekidača od uticaja induktivnog opterećenja
- Diodna logička kola.
- Zaštita od inverzne polarizacije naponskih regulatora.
- Prebacivanje sa mrežnog na baterijsko napajanje.

Zener diode

- Zener diode su silicijumske diode koje su tehnološki optimizovane tako da pri inverznoj polarizaciji rade u oblasti proboja.

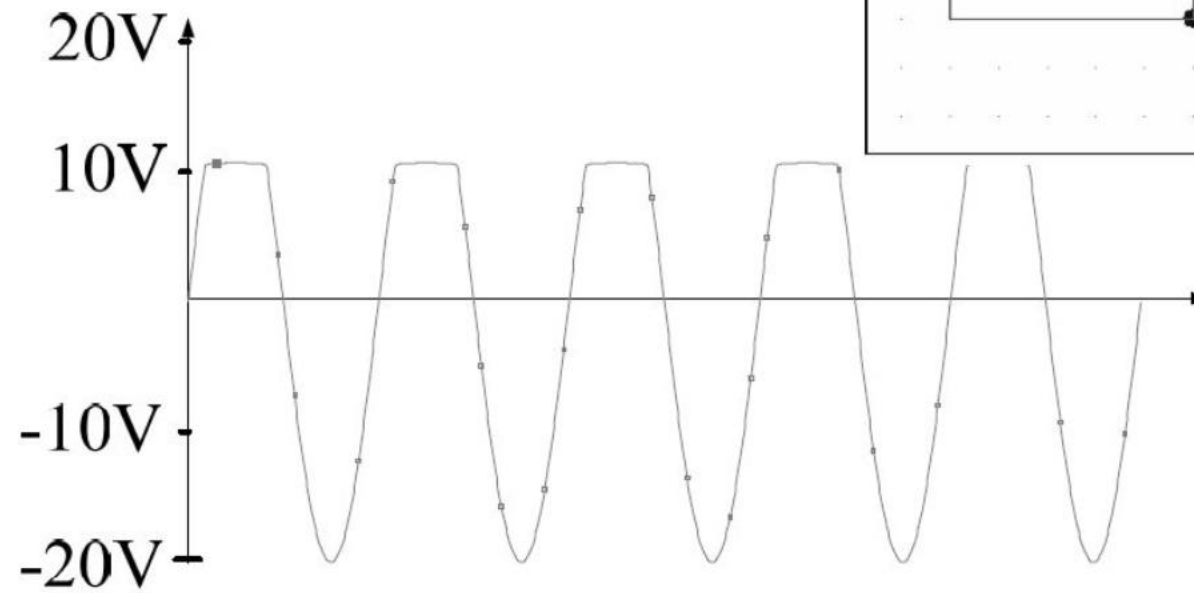
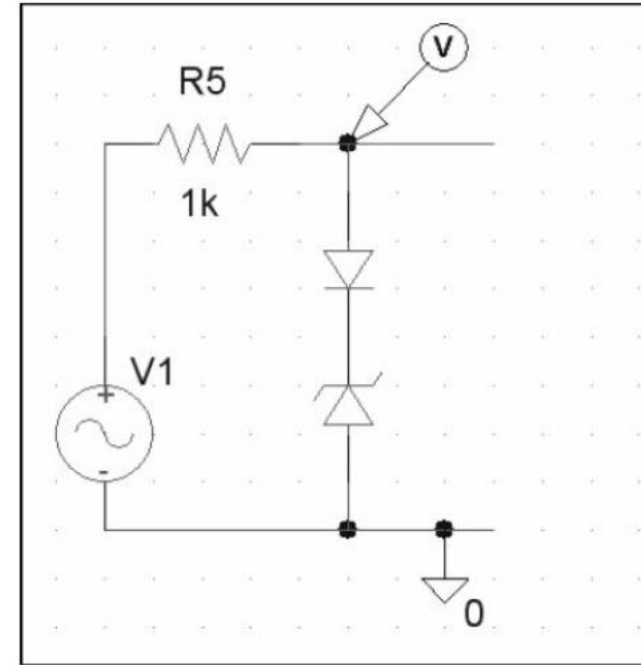


- Pri direktnoj polarizaciji i strujno–naponska karakteristika Zener diode je identična strujno–naponskoj karakteristici standardne diode.
- Pri inverznoj polarizaciji i, u oblasti proboja strujno–naponska karakteristika Zener diode ima oštro koleno.



V_Z – karakteristika zener diode

Primene zener diode -ograničenje napona



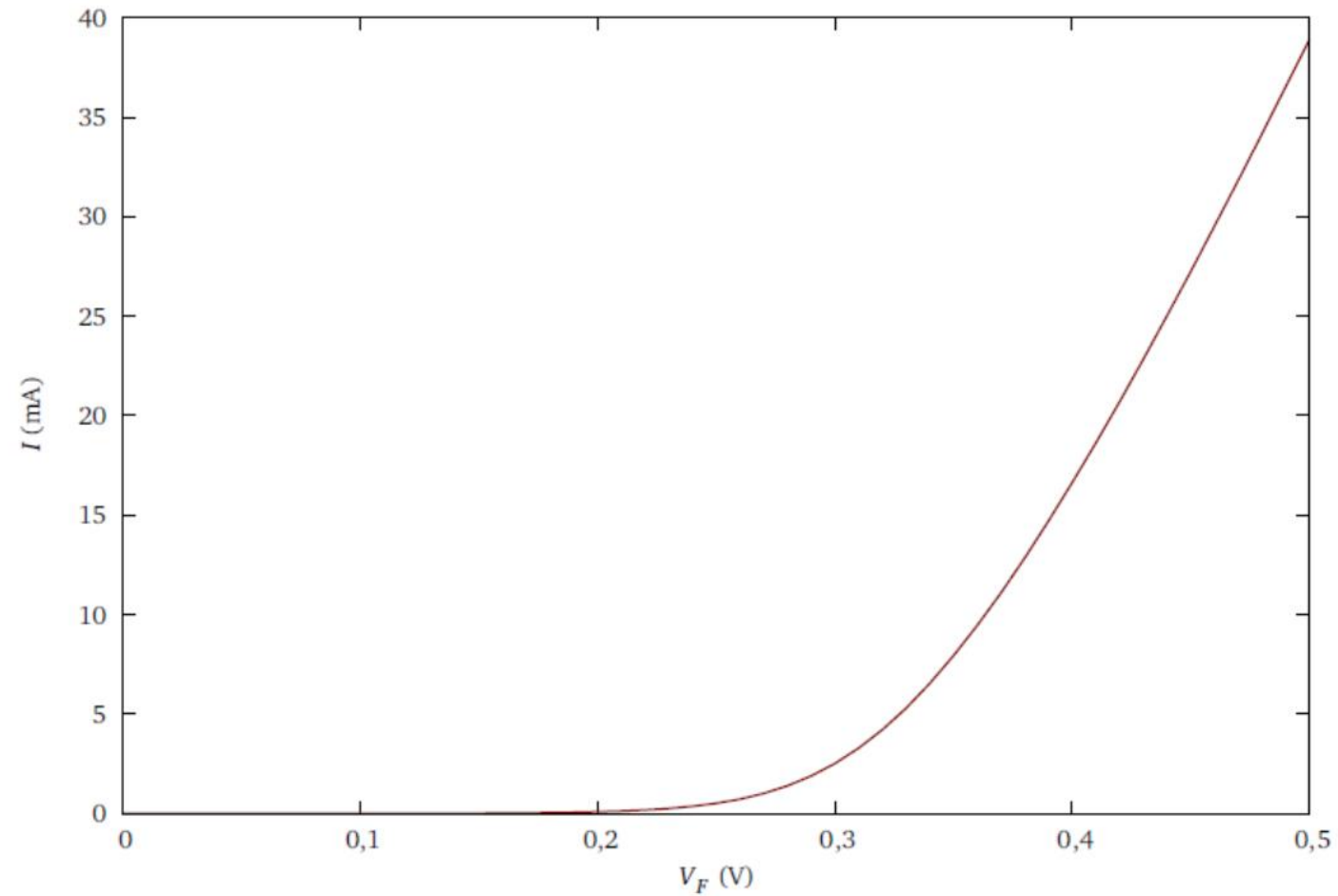
Šotkijeva dioda

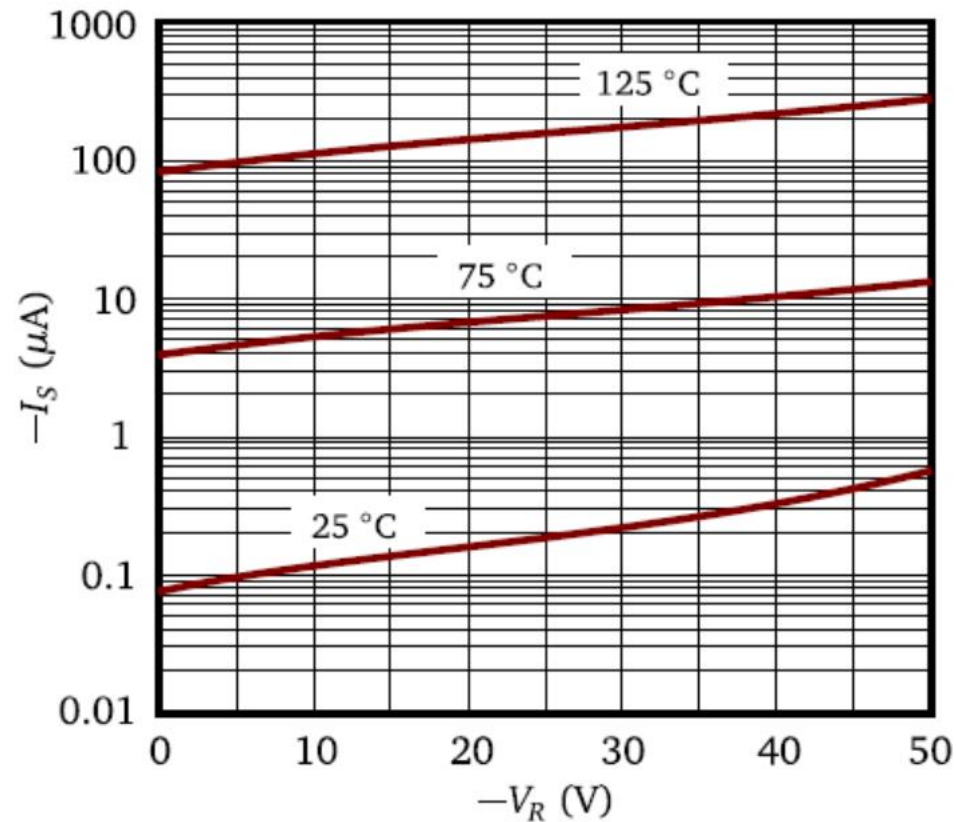
- Šotkijeve (Schottky) diode se tehnološki realizuju kao spoj metala i dopiranog poluprovodnika.



- Zbog prisustva metala, ugrađena potencijalna barijera kod Šotkijeve diode je manja nego kod diode zasnovane na *pn* spoju. Zbog to ga je napon provođenja pri direktnoj polarizaciji u opsegu 0.3 V–0.4 V!

Strujno–naponska karakteristika Šotkijeve diode BAT42 pri direktnoj polarizaciji:



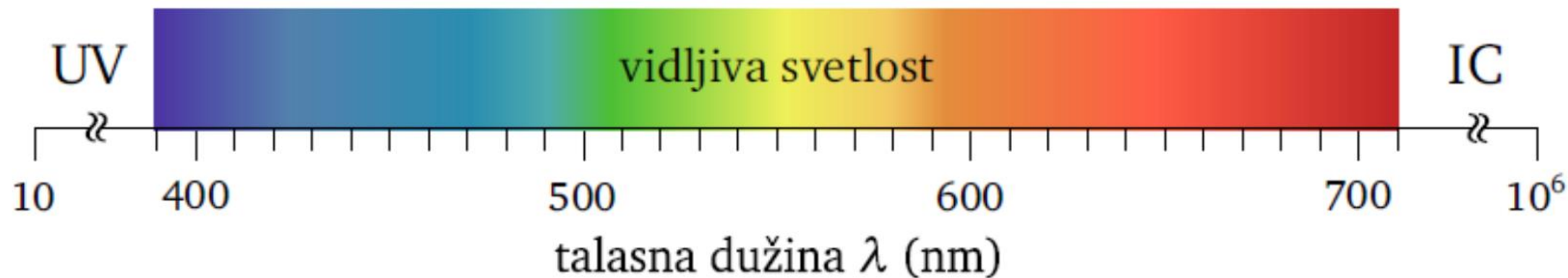


- Inverzne struje zasićenja kod Šotkijevih dioda su znatno veće nego kod dioda na bazi pn spoja, što ograničava njihove primene na višim temperaturama.
- Primene su kod prekidačkih izvora napajanja, kao i u digitalnim prekidačkim kolima (high-speed switching).

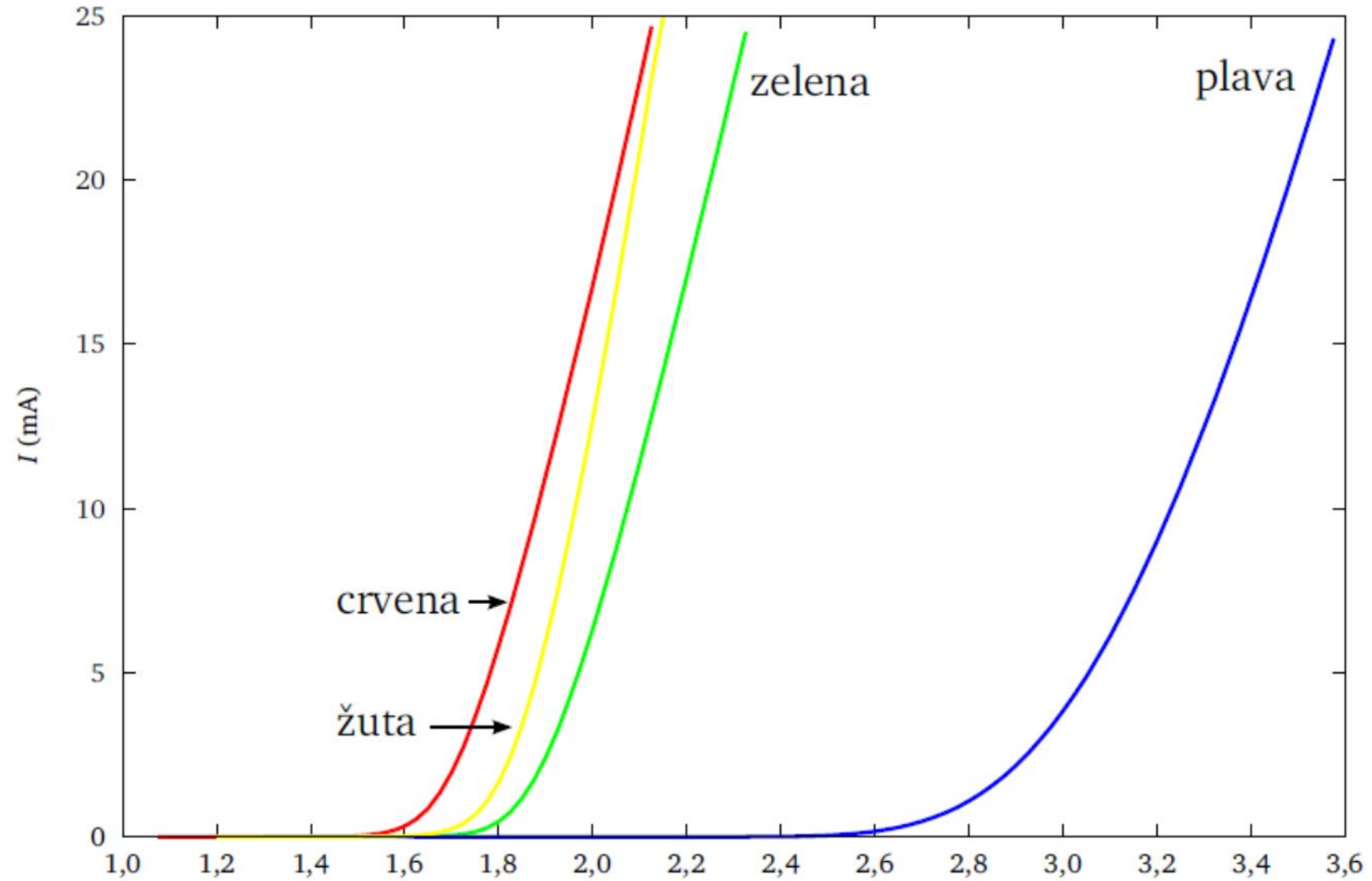
LE Diode

- Diode koje emituju svetlost (Light Emiting Diodes - LED) pripadaju grupi *optoelektronskih* komponenata. Električni simbol LE diode
- Emisija svetlosti se dešava prilikom direktne polarizacije diode i ova pojava se naziva *elektroluminiscencija*.
- rekombinaciji elektrona iz provodne zone sa šupljinama u valentnoj zoni, prilikom koje se višak energije otpušta u obliku fotona.
- LE diode se izrađuju od poluprovodničkih jedinjenja (GaAs, GaAsP, AlGaP, SiC, itd.)

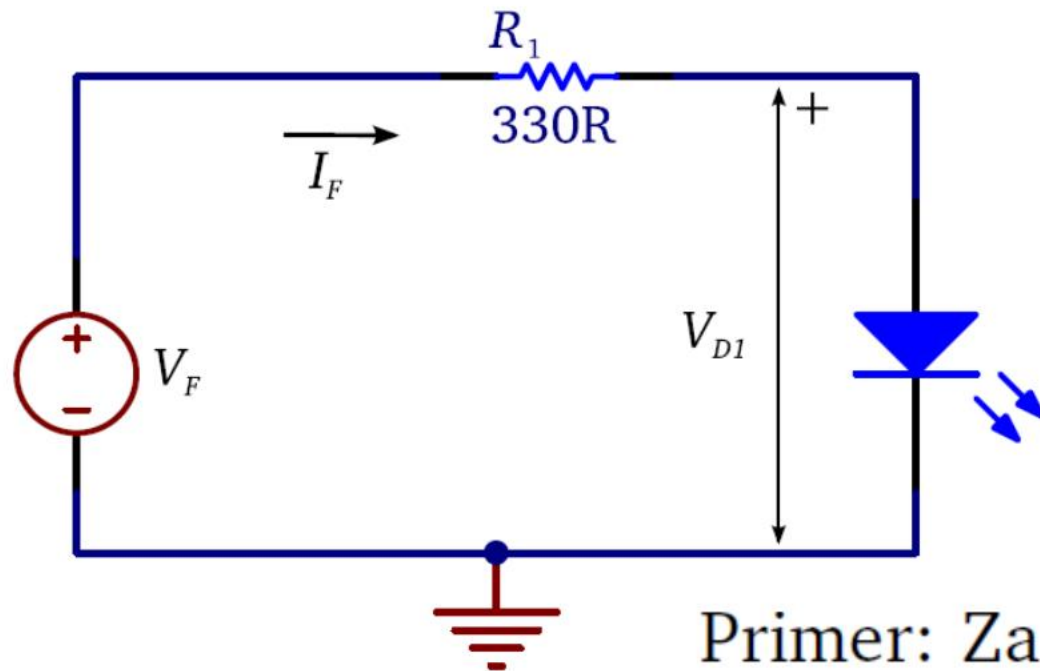




Svetlost	$V_{F(typ)}$ (V)	$I_{F(typ)}$ (mA)
infracrvena	1,2	20–100
crvena	1,8	10–20
narandžasta	2,0	10–20
žuta	2,1	10–20
zelena	2,2	10–20
plava	3,5	20–30
bela	3,5	20–30
ultraljubičasta	3,6	20



Vrednost otpornika se izračunava na osnovu tipičnih vrednosti pada napona i struje kroz diodu iz tehničkih specifikacija proizvođača.

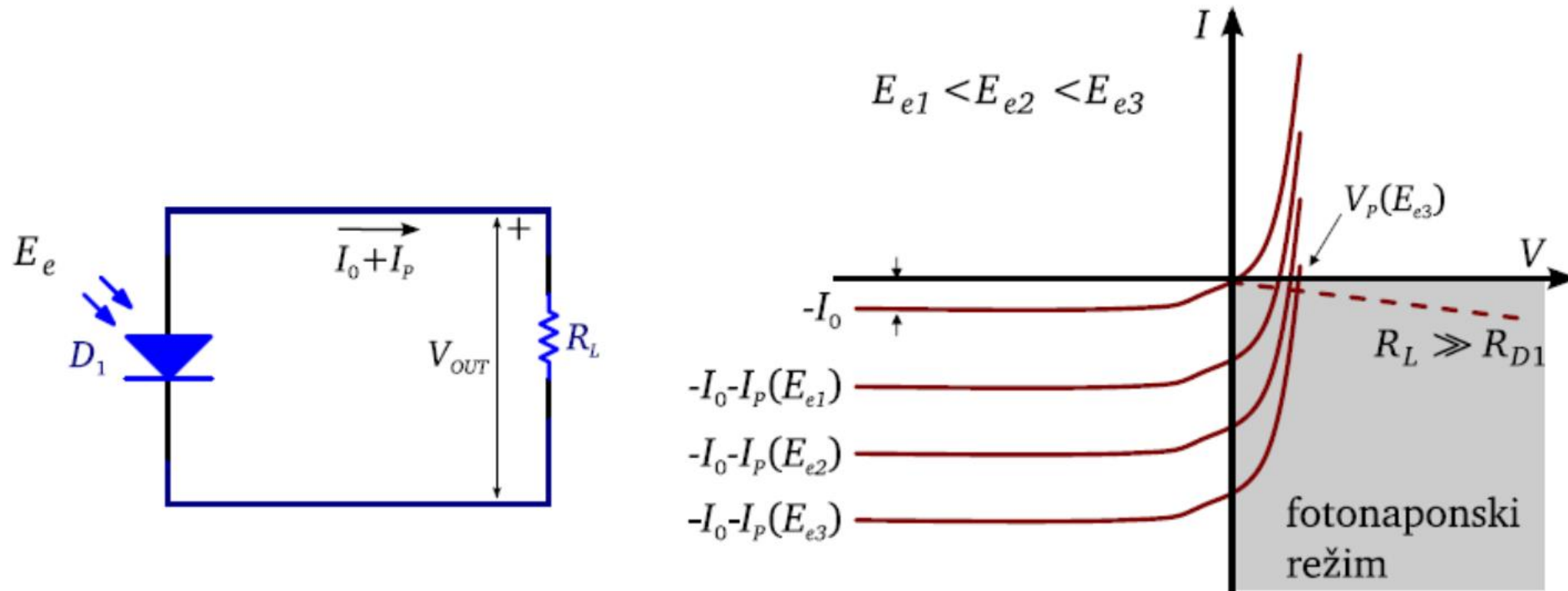


Primer: Za $V_F = 5\text{ V}$, $V_{D1} = 1.8\text{ V}$ i $I_F = 10\text{ mA}$ je:

$$R_1 = \frac{V_F - V_{D1}}{I_F} = \frac{5 - 1,8}{0,01} = 320\ \Omega .$$

Fotodiode

- Fotodiode spadaju u grupu optoelektronskih komponenata, a n jih ova osnovna karakteristika je da im se inverzna struja zasićenja menja sa promenom intenziteta upadne svetlosti.
- Kada fotodioda n ije osvetljena kroz nju teče inverzna struja zasićenja I_0 koja se naziva struja mraka (dark current).
- Pod dejstvom upadne svetlosti, unutar pn spoja dolazi do generacije parova elektron–šupljina, pa se inverzna struja kroz diodu povećava. Struja koja potiče usled dejstva upadne svetlosti naziva se struja osvetljaja (light current) ili fotostruja



- ▶ Gustina fluksa svetlosnog zračenja naziva se iradijansa E_e (mW cm^{-2}).
- ▶ Struja I_P se menja u zavisnosti od iradijanse E_e upadne svetlosti, tako da je pad napona na otporniku:

$$V_{OUT} = V = (I_0 + I_P)R_L$$