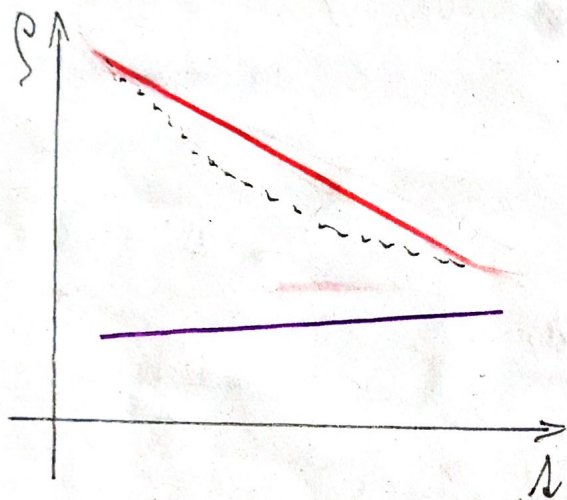


→ Elektrický proud v polovodičích

- polovodiče

- resistivita (ρ): vodiče \ll polovodiče \ll izolanty
- příklady: Ge, Si, Se, Te, grafit, CdS, PbS, GaAs \rightarrow 4. val. e⁻
- nízké teploty - blízko absolutní nuly \sim mK
 - \rightarrow velká resistivita
- vysší teploty + 20°C +
 - \rightarrow emitovaný pohyb částic \Rightarrow vybití elektronů
 - \Rightarrow volné elektrony v látce
 - \hookrightarrow přírodní pozice = díra
 - \rightarrow resistivita se zmenšuje



• polovodiče

• kovové vodiče

\rightarrow nejsou to lin. fce

→ teplotní součinitel elektrického odporu - α

- vodiče $\rightarrow \alpha > 0$
 - polovodiče $\rightarrow \alpha < 0$
- $$R = R_1(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

\hookrightarrow $|\alpha|$ je malá $\rightarrow \alpha \cdot \Delta T > -1$

\hookrightarrow s rostoucí teplotou se zmenšuje R

\rightarrow dříve se to objevuje hod. nic elektronů
vyskácí z těch vazeb

→ vlastní vodivost polovodičů

- čistý polovodič → \emptyset příměsy

→ např. monokrystal Si

Si → 14 e⁻ → 10 e⁻ - první vázané k jádru

↳ 4 e⁻ - valenční elektrony

→ limitujícím (nepelným) pohybem se valenční e⁻ vytrhne z vazeb ⇒ volný e⁻ a hladný iont

generace → vznik páru: volný elektron - díra

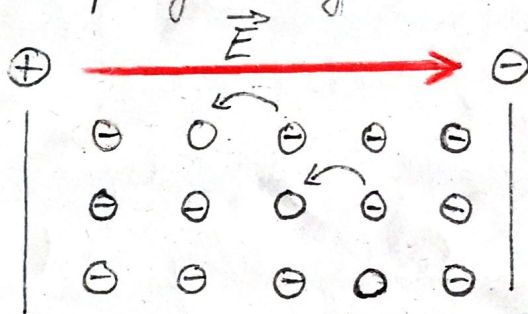
→ jestliže nějaký volný e⁻ díru zaplní

⇒ rekombinace = vznik páru vol. e⁻ - díra

→ počet volných e⁻ = počet dír

⇒ hustota volných e⁻ = hustota dír

→ pohyb dír



díra má \oplus náboj
→ v té částici je více protonů než elektronů

→ e⁻ se pohybují proti směru E

⇒ díry se pohybují po směru E

→ kovy: jen e⁻

→ polokovy: e⁻ + díry

⇒ vlastní polovodič = polovodič bez příměsí

⇒ příměsový polovodič = polovodič s příměsími

→ příměsová vodivost polovodičů

→ příměsová polovodiče

→ příměs = cizí atom, který nahradí vlastní atom
v krystalové mřížce

→ příměs s 5 valenčními elektrony - P, As, Sb

→ $5 e^- \rightarrow 4 e^-$ - vazby se sousedními atomy

↳ $1 e^-$ - "navíc"

DONOR

⇒ volní se ⇒ volný e^- bez díry

→ převládají volní e^- nad dírami
= elektronová vodivost

→ volní e^- = majoritní nosiče náboje

→ díry = minoritní nosiče náboje

→ polovodič typu N

⇒ atom příměsi se stává kladným iontem

→ příměs se 3 valenčními elektrony - B, Al, Ga, In

→ $3 e^-$ - chybí $1 e^-$ na navázání vazeb
se sousedními atomy

⇒ převládají díry nad volnými e^-
= děrová vodivost

→ díry = majoritní nosiče náboje

→ volní e^- = minoritní nosiče náboje

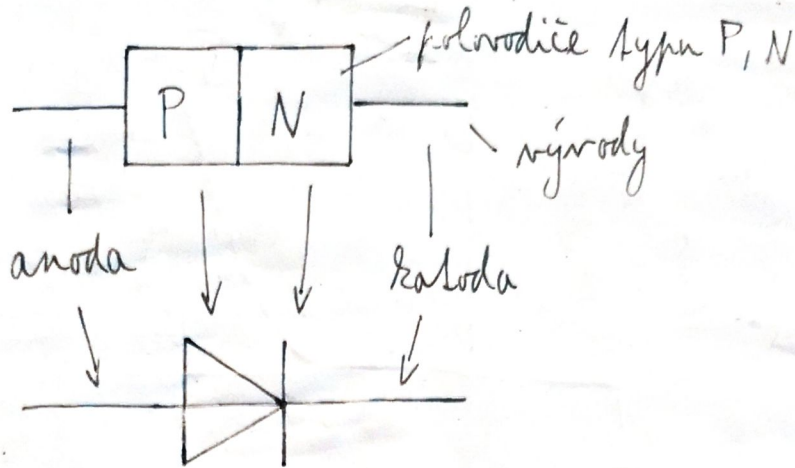
→ polovodič typu P

⇒ atom příměsi se po zaplnění díry stává
záporným iontem

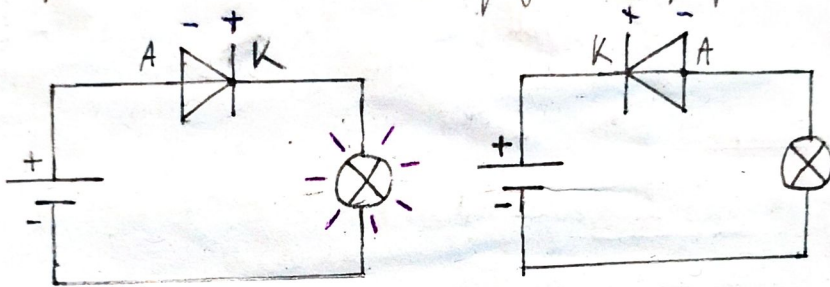
AKCEPTOR

→ polovodičová dioda

→ součástka s 1 PN přechodem a 2 vývody



→ pro polovodičovou diodu neplatí Ohmův zákon přesně → záleží na jejím zapojení do obvodu



→ dioda zapojena v propustném směru

→ dioda zapojena v záporném směru

→ záleží na orientaci napětí zdroje

→ přechod PN

→ v místě dotyku polovodičů P, N vznikne hradlová vrstva kde dochází k rekombinaci

⇒ prostor bez volných nosičů náboje ↓

→ okraj hradlové vrstvy v P je obsazen zápornými ionty

→ okraj hradlové vrstvy v N je obsazen kladnými ionty

⇒ vznik elektrického pole + napětí

→ je-li polarita napětí zdroje opačná než polarita napětí tohoto pole

⇒ proud prochází

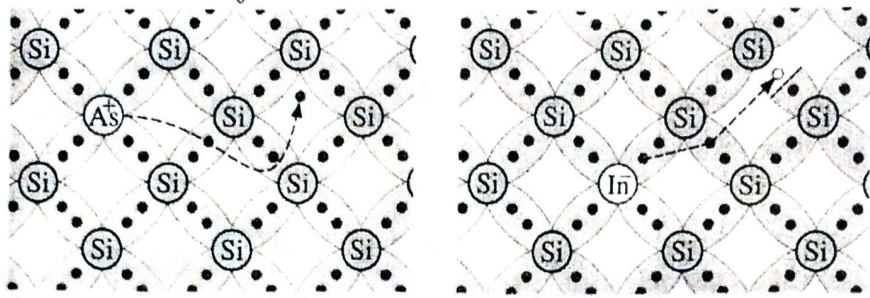
→ je-li polarita napětí zdroje stejná jako polarita napětí tohoto pole

⇒ proud neprochází + zvětšení hradlové vrstvy

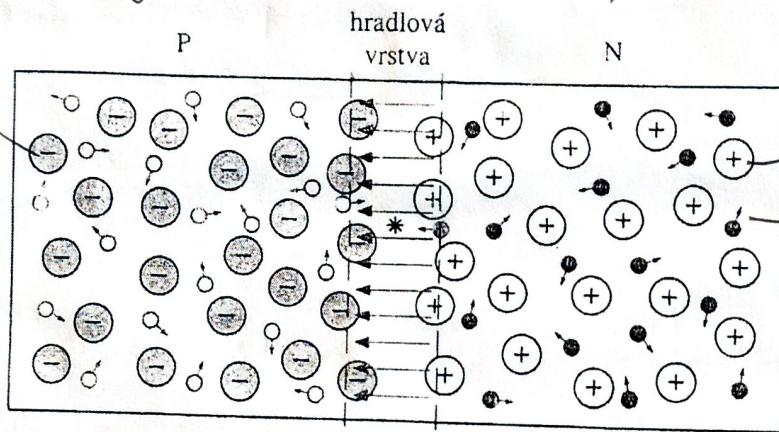
diody jev

Polovodič typu N

Polovodič typu P

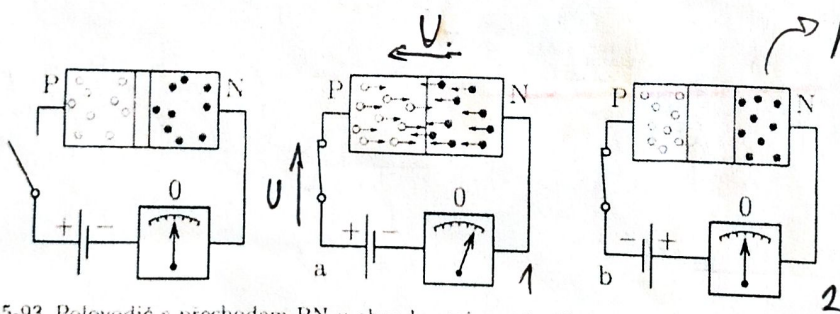


- ⊕ ionty vznikly z příměsí atomů příměsí pro uvolnění e^- navíc
- ⊖ ionty vznikly z brojících atomů příměsí pro vyplnění děr



neuspořádaný pohyb volných nosičů náboje

⊖ akceptor * rekombinace ⊕ donor
 ○ díra ● volný elektron



5-93 Polovodič s přechodem PN v obvodu stejnosměrného proudu

→ pořadí kudy jsou nejatě
 e^- → malý proud prochází

- 1: Svorkové napětí přebije napětí hradlové vrstvy
 \Rightarrow zrušení pole \Rightarrow volná distribuce děr a volných e^-
 \Rightarrow chování jako normální polovodič
- 2: Svorkové napětí podporí napětí hradlové vrstvy
 \Rightarrow posílí pole \Rightarrow volné e^- neprocházejí

→ volt-ampérová charakteristika polovodičové diody

$I = f(U)$ → proud diodou je funkcí napětí na diodě

usměrňovací dioda ~ základní
⇒ řízení

↑ přirozené
napětí ↑



→ exponenciální
nárůst proudu

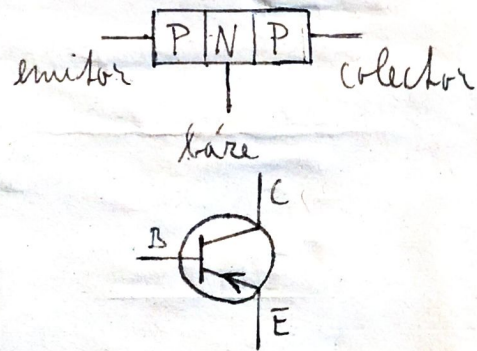
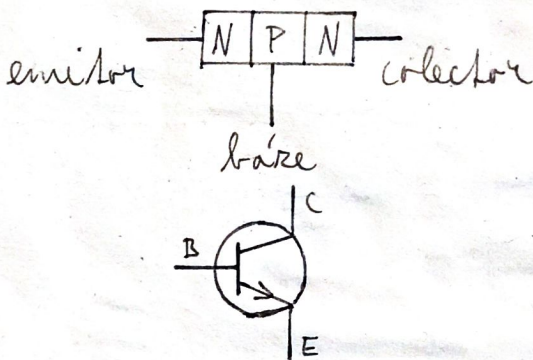
stabilizační dioda ←

↳ prahové
napětí → přebíje hradečkovou
vrstvou

$I_R/\mu A V$ → záporný směr - R

→ tranzistor

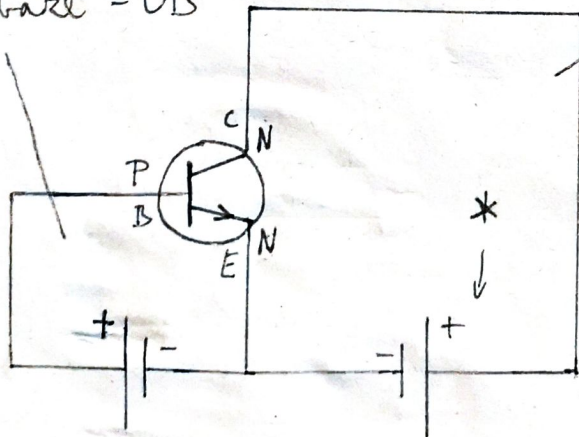
→ součásteň se 2 PN přechody a 3 vývody



→ zapojení se společným emítorem

obvod báze = OB

collectorový obvod = OC



→ přechod B-E → propustný směr

- volné e^- pronikají do hradečkové vrstvy B-E
- báze je tenká
- C přetáhne volné e^- z B - chtějí se dostat k *

tranzistorový jev

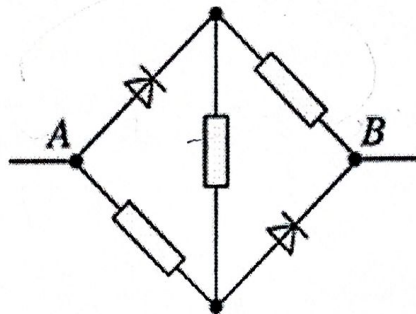
⇒ malým napětím v OB se vytvoří velký proud v OC

13 - Elektrický proud v polovodičích

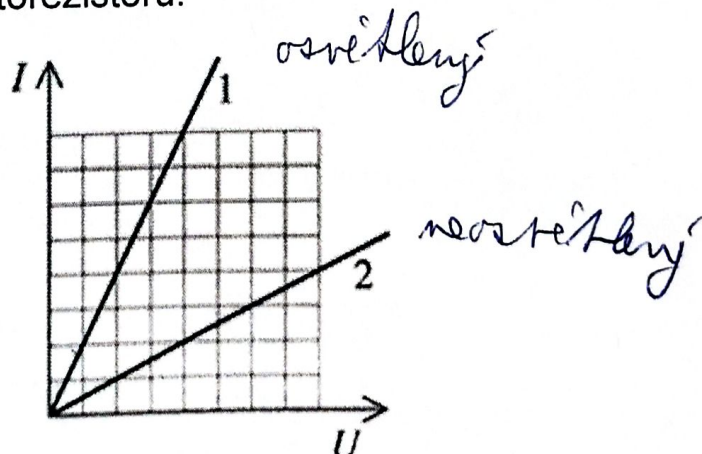
1) Termistor má při teplotě 17 °C elektrický odpor 1,6 kΩ, při zvýšení teploty na 25 °C se jeho odpor sníží na 1 280 Ω. Určete teplotní součinitel odporu termistoru v uvedeném teplotním intervalu.

2) Teplotní součinitel odporu termistoru je $\alpha = -40 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Jak se musí změnit teplota termistoru, aby se jeho elektrický odpor zmenšil na polovinu?

3) Obvod na obrázku je tvořen třemi stejnými rezistory o odporu 1 kΩ a dvěma polovodičovými diodami ideálních vlastností (v propustném směru je odpor diody nulový ($R = 0$) a v závěrném směru je odpor nekonečně veliký ($R \rightarrow \infty$)). Určete celkový odpor obvodu, je-li bod A připojen a) ke kladnému pólu zdroje, b) k zápornému pólu zdroje.



4) Na obrázku jsou závislosti proudu na napětí (voltampérové charakteristiky) fotorezistoru, naměřené jednak při neosvětleném, jednak při osvětleném fotorezistoru. Která charakteristika odpovídá osvětlenému fotorezistoru? Odpověď zdůvodněte. Určete, kolikrát je odpor osvětleného fotorezistoru menší než odpor neosvětleného fotorezistoru.



ELEKTRICKÝ PROUD V POLOVODIČÍCH

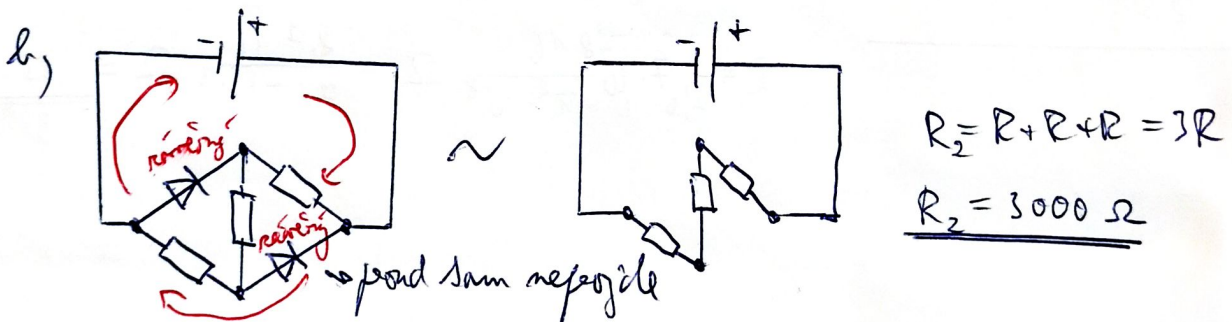
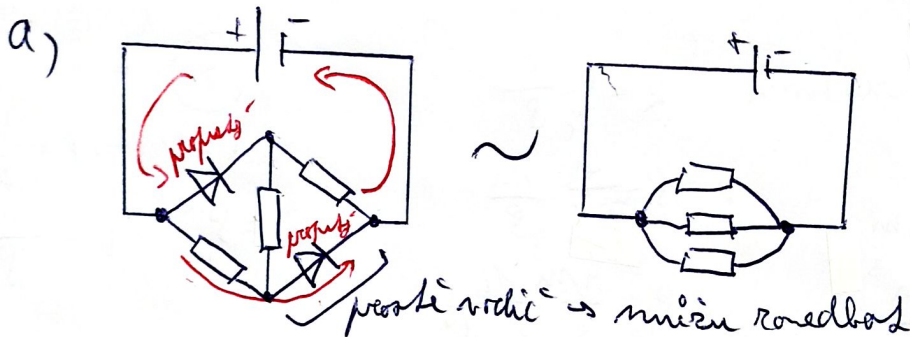
① $t_1 = 17^\circ\text{C}$
 $R_1 = 1600\ \Omega$
 $t_2 = 25^\circ\text{C}$
 $R_2 = 1280\ \Omega$
 $\alpha = ?$

$R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta t)$
 $\frac{R_2 - R_1}{R_1 \Delta t} = \alpha$
 $\alpha = \frac{-320}{1600 \cdot 8} \text{K}^{-1} = \underline{\underline{-25 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}}}$

② $\alpha = -40 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$
 $R_1 = R$
 $R_2 = \frac{1}{2}R$
 $\Delta t = ?$

$R_2 = R_1(1 + \alpha \Delta t)$
 $\frac{1}{2}R = R(1 + \alpha \Delta t)$
 $\frac{1}{2} = 1 + \alpha \Delta t \Rightarrow \Delta t = -\frac{1}{2\alpha}$
 $\Delta t = \frac{1}{2 \cdot (-40) \cdot 10^{-3} \text{K}} = \frac{10^3}{80} \text{K} = \underline{\underline{12,5 \text{K}}}$

③ $R = 1\ \text{k}\Omega$



④ osvětlení $\Rightarrow \uparrow$ teplota $\Rightarrow \downarrow$ odpor $\Rightarrow \uparrow$ proud \Rightarrow ① $U = R \cdot I$
 $I = \frac{1}{R} U$

$\frac{R_1}{R_2} = ?$

①: $I = 2U \Rightarrow R_1 = \frac{1}{2}$
 ②: $I = \frac{1}{2}U \Rightarrow R_2 = 2$

$\left. \begin{array}{l} \text{①: } I = 2U \Rightarrow R_1 = \frac{1}{2} \\ \text{②: } I = \frac{1}{2}U \Rightarrow R_2 = 2 \end{array} \right\} \frac{R_1}{R_2} = \frac{\frac{1}{2}}{2} = \frac{1}{4}$

\Rightarrow Rozsvícení je 4 krát menší než R neosvětleného.