

## DUM č. 13 v sadě

### 11. Fy-2 Učební materiály do fyziky pro 3. ročník gymnázia

Autor: Vojtěch Beneš

Datum: 27.02.2014

Ročník: 2A, 2C

Anotace DUMu: Polovodiče

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## 3. ročník

### Vedení proudu v polovodičích, základy elektroniky

– písemná práce

#### Zkoušené učivo

- mechanismus vedení proudu v čistém polovodiči
- příměsový polovodič N
- příměsový polovodič P
- PN přechod, dioda
- usměrňování
- tranzistor
- zákony proudu v obvodech
- výpočet elektrické energie

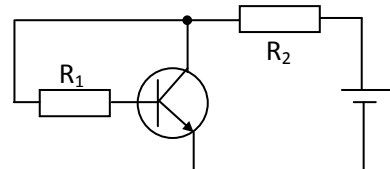
#### Metodické poznámky

- čas na vypracování = 1 vyučovací hodina (reálně max. 40 minut)
- obtížnost skupin srovnatelná
- zadání obsahuje jak teoretické otázky, tak příklady, tak otázky na logické uvažování
- obtížnost písemky je záměrně nižší než u příkladů k procvičení – při řešení příkladů doma má žák dispozici poznámky, učebnici, internetové zdroje a hlavně dostatek času
- výpočet elektrické energie a Kirchhoffovy zákony byly probrány v kapitole věnované elektrickému proudu obecně, resp. zákonitostem proudu v obvodech. Jedná se o základní učivo, které je třeba v paměti udržet trvale.

### 3. ročník Polovodiče, základy elektroniky

A

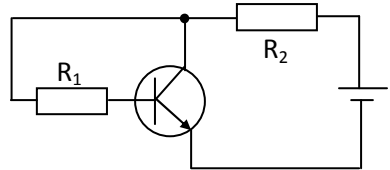
- 1) Vysvětlete, proč má polovodič typu N menší měrný odpor než čistý polovodič (za týchž podmínek).
- 2) Vysvětlete, jak a proč se mění odpor termistoru při jeho zahřátí.
- 3) Modrou LEDku o pracovním napětí 3,2 V a proudu 20 mA chceme napájet stejnosměrným zdrojem 5 V. Nakreslete schéma obvodu, vypočítejte odpor R ochranného rezistoru, elektrickou energii  $E_1$ , kterou dioda spotřebuje za 24 hodin svícení, a energii  $E_2$ , kterou obvodu s diodou odevzdá napájecí zdroj za stejnou dobu. Kolik % energie zdroje se při tom přemění na světlo, je-li světelná účinnost samotné diody 10 % (tj. dioda přemění 10 % přijaté energie na světlo)?
- 4) Na obrázku je schéma obvodu s tranzistorem a zdrojem 9 V ss.
  - Překreslete je do svého řešení, označte kolektor, bázi a emitor, pojmenujte proudy v jednotlivých větvích a vyznačte jejich směr.
  - Tranzistor pracuje v lineárním režimu, při  $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$  a  $I_B = 150 \mu\text{A}$  je  $\beta = 100$  a  $U_{CE} = 4 \text{ V}$ . Vypočítejte proudy  $I_C$ ,  $I_E$  a odpory  $R_1$  a  $R_2$ .
- 5) Vysvětlete, co je to usměrňování a kde se usměrňovače používají. Načrtněte schéma usměrňovačů, které znáte, a vysvětlete, jak fungují.



### 3. ročník Polovodiče, základy elektroniky

B

- 1) Máte před sebou kovově lesklý předmět, o němž víte, že je vyroben z čistého chemického prvku. Vysvětlete, jak se dá poznat, jestli se jedná o kov či polovodič.
- 2) Popište mechanismus vedení proudu v příměsovém polovodiči typu P.
- 3) Na štítku Zenerovy diody čteme údaje 3,9V/5W. O které fyzikální veličiny se jedná? Jaký maximální proud  $I_m$  můžeme do této diody pustit? K Zenerově diodě v závěrném směru připojíme do série rezistor o odporu  $2,2 \Omega$  a zdroj 5 V. Nakreslete schéma a vypočítejte, jaký proud  $I_1$  poteče obvodem. Určete, kolik elektrické energie dodá zdroj do tohoto obvodu za 48 hodin.
- 4) Na obrázku je schéma obvodu s tranzistorem a zdrojem 9 V ss.
  - Překreslete je do svého řešení, označte kolektor, bázi a emitor, pojmenujte proudy v jednotlivých větvích a vyznačte jejich směr.
  - Tranzistor pracuje v lineárním režimu, při  $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$  a  $R_2 = 470 \Omega$  je  $U_{BE} = 0,5 \text{ V}$  a  $U_{CE} = 4,3 \text{ V}$ . Vypočítejte  $I_E$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  a proudový zesilovací činitel  $\beta$ .
- 5) Vysvětlete, co je to usměrňování a kde se s usměrňovači setkáme. Načrtněte schéma usměrňovačů a vysvětlete, jak fungují.



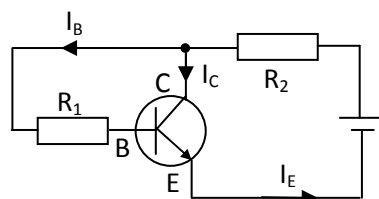
## Řešení skupiny A

- 1) Polovodič typu N obsahuje více volných nositelů náboje. V čistém polovodiči je stejný počet volných elektronů jako děr. V příměsovém polovodiči typu N jsou kromě párů volný elektron + díra též volné elektrony uvolněné z příměsových atomů 5. skupiny.
- 2) Odpor termistoru klesá s rostoucí teplotou. Při zvýšení teploty dochází vlivem tepelných kmitů k roztržení kovalentní vazby a generují se páry volný elektron + díra, tj. přibývá volných nositelů náboje.
- 3) V sérii ss zdroj, LED, ochranný rezistor. Napětí na rezistoru  $U = 5 - 3,2 = 1,8 \text{ V}$ ;  $R = 90 \Omega$ .

$$E_1 = 5,53 \text{ kJ}; E_2 = 8,6 \text{ kJ}; \eta = \frac{\text{světelná energie}}{\text{energie dodaná zdrojem do obvodu}} = \frac{10\% \text{ z } E_1}{E_2} = 6,4\%$$

- 4)  $I_C = \beta \cdot I_B = 15 \text{ mA}$ ;  $I_E = I_B + I_C = 15,2 \text{ mA}$ ; Podle 2. Kirchhoffova zákona je součet napětí na zdrojích v uzavřené smyčce roven součtu napětí na spotřebičích. Pro smyčku s kolektorem a zdrojem platí  $9 = 4 + R_2 \cdot I_E$ , takže  $R_2 = 330 \Omega$

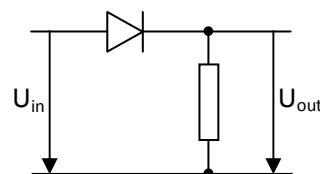
Pro napětí mezi kolektorem a emitorem platí  $U_{CE} = U_{BE} + R_1 \cdot I_B$ , takže  $R_1 = 22 \text{ k}\Omega$



- 5) Usměrňování je přeměna střídavého napětí na stejnosměrné. Používají se ve zdrojích k PC, v nabíječkách k notebooku, nabíječkách na mobil, napájecích zdrojích k autodráze atd.

Jednocestný usměrňovač

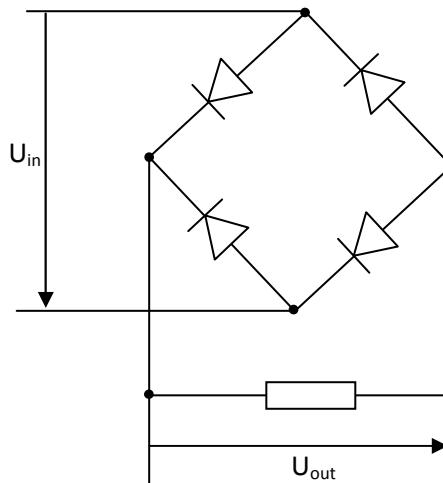
Je tvořen polovodičovou diodou v sérii s rezistorem. Na vstup je připojeno střídavé napětí. Poněvadž dioda vede proud pouze v propustném směru a pro rezistor platí Ohmův zákon, na rezistoru je nenulové (kladné) napětí jen při kladném napětí na vstupu (kladná půlvlna).



Dvojcestný usměrňovač

Je tvořen čtyřmi polovodičovými diodami zapojenými do tzv. Grätzova můstku. Bez ohledu na polaritu vstupního napětí teče rezistorem proud jen jedním směrem, takže na něm lze odebrat stejnosměrné (tepavé) napětí.

K vyhlazení se používají filtrační kondenzátory připojené paralelně k rezistoru.



## Řešení skupiny B

- 1) Důkaz může být založen na teplotní závislosti odporu: při zvyšování teploty kovu jeho odpor roste (elektrony se srážejí s kmitajícími mřížovými ionty), při zvyšování teploty čistého polovodiče jeho odpor klesá (neboť roste počet párů elektron-díra). Jiná možná odpověď: má-li předmět pravidelný tvar (hranolek, váleček), lze určit měrný odpor a porovnat s tabulkovými hodnotami (u kovů o několik řádů nižší při pokojové teplotě).

2) Kromě tepelně generovaných párů elektron-díra jako v čistém polovodiči k vodivosti přispívají také díry vzniklé dodáním příměsových atomů ze 3. skupiny (Ga, In) do čistého polovodiče. Díra se pohybuje přeskoky elektronů ze sousedních vazeb, chová se jako kladný nositel náboje.

3) Jedná se o jmenovité napětí  $U_1 = 3,9 \text{ V}$  a maximální příkon  $P_m = 5 \text{ W}$ .

Maximální proud  $I_m = P_m/U_1 = 1,28 \text{ A}$ .

Podle 2. Kirchhoffova zákona  $U_2 = R \cdot I_1 + U_1$ ,  $I_1 = 0,5 \text{ A}$

$Eel = U_2 \cdot I_1 \cdot t = 432 \text{ kJ}$

4) Podle 2. Kirchhoffova zákona je součet napětí na zdrojích v uzavřené smyčce roven součtu napětí na spotřebičích. Pro smyčku s kolektorem a zdrojem platí  $9 = 4,3 + 470 \cdot I_E$ , takže  $I_E = 10 \text{ mA}$ , pro smyčku s bází a zdrojem platí

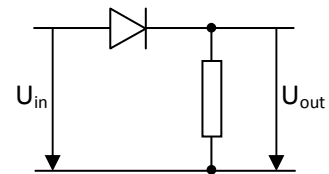
$$9 = 0,5 + 470 \cdot I_E + 50\,000 \cdot I_B, \text{ čili číselně } I_B = 76 \mu\text{A}.$$

Podle 1. Kirchhoffova zákona  $I_E = I_B + I_C$ , čili  $I_C = 9,92 \text{ mA}$  a konečně  $I_C = \beta \cdot I_B$ , takže  $\beta = 131$ .

5) Usměrňování je přeměna střídavého napětí na stejnosměrné. Používají se ve zdrojích k PC, v nabíječkách k notebooku, nabíječkách na mobil, napájecích zdrojích k autodráze atd.

Jednocestný usměrňovač

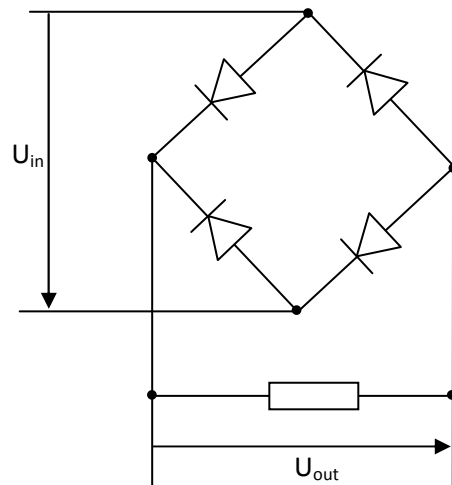
Je tvořen polovodičovou diodou v sérii s rezistorem. Na vstup je připojeno střídavé napětí. Poněvadž dioda vede proud pouze v propustném směru a pro rezistor platí Ohmův zákon, na rezistoru je nenulové (kladné) napětí jen při kladném napětí na vstupu (kladná půlvlna).



Dvojcestný usměrňovač

Je tvořen čtyřmi polovodičovými diodami zapojenými do tzv. Grätzova můstku. Bez ohledu na polaritu vstupního napětí teče rezistorem proud jen jedním směrem, takže na něm lze odebírat stejnosměrné (tepavé) napětí.

K vyhlazení se používají filtrační kondenzátory připojené paralelně k rezistoru.



## Bodování:

Skupina A

- 1) 3 body
- 2) 3 body
- 3) 5 bodů
- 4) 1 + 3 body
- 5) 5 bodů

Celkem 20 bodů

Skupina B

- 1) 2,5 bodů
- 2) 3 body
- 3) 4,5 bodů
- 4) 1 + 4 body

5) 5 bodů  
Celkem 20 bodů