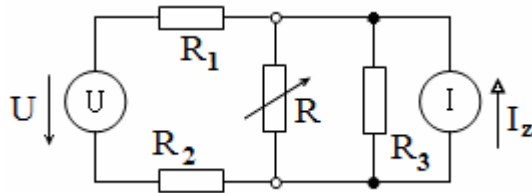


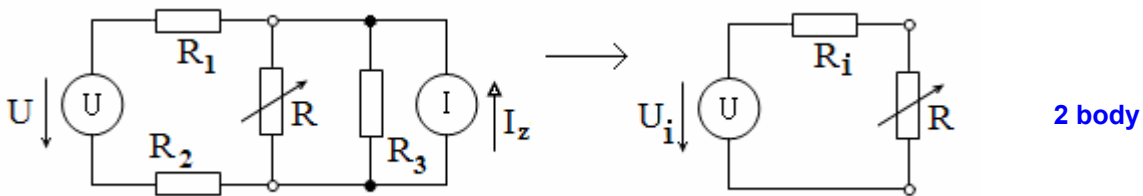
1 Elektrotechnika 1

Pomocí věty o náhradním zdroji vypočtete hodnotu rezistoru R tak, aby do něho byl ze zdroje dodáván maximální výkon. Vypočítejte pro tento případ napětí, proud a výkon rezistoru R .



$$\begin{aligned} R_1 &= R_2 = 5 \Omega \\ R_3 &= 10 \Omega \\ U &= 10 \text{ V} \\ I_z &= 1 \text{ A} \end{aligned}$$

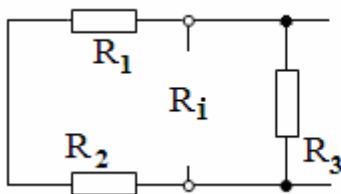
Řešení



2 body

Pro maximální přenos výkonu musí platit: $R = R_i$

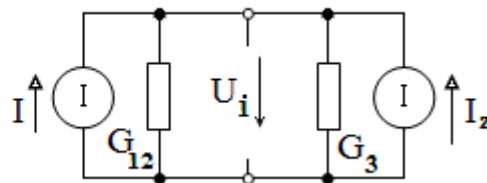
1 bod



$$R_i = \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + R_3} = 5 \Omega$$

$$R = R_i = 5 \Omega$$

1 bod



$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = 1 \text{ A}, \quad G_{12} = \frac{1}{R_1 + R_2} = 0,1 \text{ S}$$

$$(G_{12} + G_3)U_i = I + I_z$$

$$U_i = \frac{I + I_z}{G_{12} + G_3} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ V}$$

3 body

$$I_R = \frac{U_i}{R + R_i} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

$$U_R = R \cdot I_R = 5 \text{ V}$$

$$P_R = U_R \cdot I_R = 5 \text{ W}$$

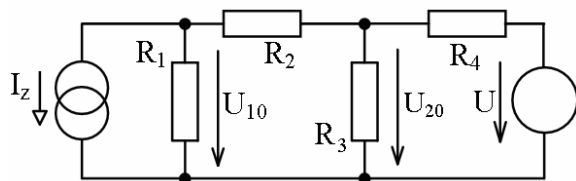
1 bod

1 bod

1 bod

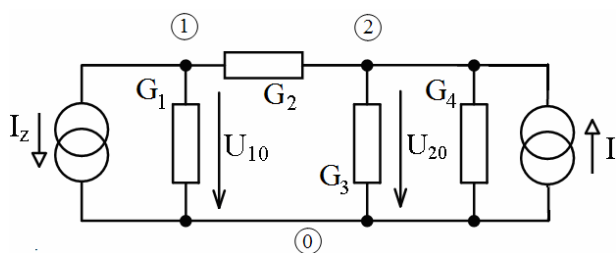
2 Elektrotechnika 1

Metodou uzlových napětí (MUN) vypočtete napětí U_{10} a U_{20} v uvedeném obvodu.



$$\begin{aligned} R_1 &= 2 \, \Omega, \quad R_2 = 1 \, \Omega \\ R_3 &= 1 \, \Omega, \quad R_4 = 0,5 \, \Omega \\ U &= 2 \, \text{V}, \quad I_z = 2 \, \text{A} \end{aligned}$$

Řešení



$$I = \frac{U}{R_4} = 4 \text{ A}$$

2 body

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_2 & -G_2 \\ -G_2 & G_2 + G_3 + G_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -I_z \\ I \end{pmatrix}$$

2 body

$$\begin{pmatrix} 1,5 & -1 \\ -1 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} U_{10} \\ U_{20} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 \\ 4 \end{pmatrix}$$

1 bod

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1,5 & -1 \\ -1 & 4 \end{vmatrix} = 5 \quad \Delta_1 = \begin{vmatrix} -2 & -1 \\ 4 & 4 \end{vmatrix} = -4 \quad \Delta_2 = \begin{vmatrix} 1,5 & -2 \\ -1 & 4 \end{vmatrix} = 4$$

3 body

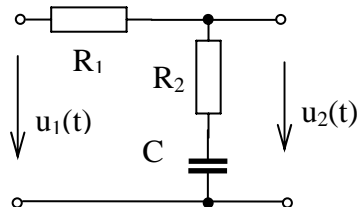
$$U_{10} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-4}{5} = -0,8 \text{ V} \quad U_{20} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{4}{5} = 0,8 \text{ V}$$

2 body

(Pozn.: V případě jiné volby nezávislých uzlů, které **musí být v řešení vyznačené**, je třeba správné mezivýsledky s hodnotami odlišnými od vzorového řešení také adekvátně bodovat).

3 Elektrotechnika 2

Pro uvedený obvod odvodte obecný výraz pro obraz napětového přenosu $\mathbf{K}_U(p)$ a vyčíslíte jej pro uvedené parametry obvodu. Vypočtete odezvu obvodu na jednotkový skok $h(t)$ v číselném tvaru a uveďte její hodnoty pro $t = 0$, $t = \infty$ (zpětnou inverzi obrazu $\mathbf{H}(p)$ proveďte pomocí Heavisideova vztahu).



$$\begin{aligned} C &= 5 \mu\text{F} \\ R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 3 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Řešení

$$\mathbf{K}_U(p) = \frac{R_2 + \frac{1}{pC}}{R_1 + R_2 + \frac{1}{pC}} = \frac{pCR_2 + 1}{pC(R_1 + R_2) + 1} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} p + 1}{2 \cdot 10^{-2} p + 1} \quad \text{2 body}$$

$$\mathbf{H}(p) = \frac{\mathbf{K}_U(p)}{p} = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} p + 1}{p(2 \cdot 10^{-2} p + 1)} \quad \text{1 bod}$$

Inverze obrazu:

$$\mathbf{H}(p) = \frac{1,5 \cdot 10^{-2} p + 1}{p(2 \cdot 10^{-2} p + 1)} = \frac{Q(p)}{P(p)}, \quad P'(p) = \frac{d}{dp} P(p) = 4 \cdot 10^{-2} p + 1 \quad \text{1 bod}$$

kořeny jmenovatele:

$$p(2 \cdot 10^{-2} p + 1) = 0 \Rightarrow p_1 = 0, \quad p_2 = -50 \quad \text{1 bod}$$

$$\begin{aligned} Q(p_1) &= 1, \quad Q(p_2) = 0,25 \\ P'(p_1) &= 1, \quad P'(p_2) = -1 \end{aligned} \quad \text{2 body}$$

odezva na jednotkový skok je

$$h(t) = L^{-1} \{ \mathbf{H}(p) \} = \frac{Q(p_1)}{P'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{Q(p_2)}{P'(p_2)} e^{p_2 t} = 1 - 0,25 e^{-50t} \quad \text{2 body}$$

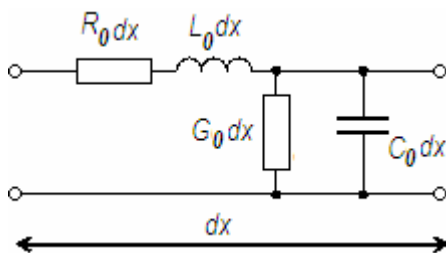
$$h(0) = 0,75, \quad h(\infty) = 1 \quad \text{1 bod}$$

4 Elektrotechnika 2

- a) Nakreslete náhradní schéma elementu vedení a charakterizujte jeho primární parametry.
 b) Vedení má uvedeny tyto parametry: $R_0 = 0$, $G_0 = 0$, $L_0 = 160$ nH/m, $C_0 = 100$ pF/m. Definujte sekundární parametry vedení Z_v a γ a vypočítejte je pro úhlový kmitočet $\omega = 10^7$ rad/s.
 c) Definujte činitel odrazu na konci vedení ρ_2 a uveďte jeho hodnoty pro vedení zakončené naprázdno a nakrátko.

Řešení

- a) Náhradní schéma elementu vedení



2 body

Primární parametry vedení:

měrná kapacita C_0 (F/m),
 měrná indukčnost L_0 (H/m),
 podélný měrný odpor R_0 (Ω /m),
 příčná měrná vodivost G_0 (S/m).

2 body

- b) Vlnová impedance

$$Z_v(\omega) = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} = \sqrt{\frac{160 \cdot 10^{-9}}{100 \cdot 10^{-12}}} = \sqrt{16 \cdot 10^2} = 40 \text{ } \Omega$$

2 body

Konstanta šíření $\gamma(\omega) = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)} = \beta + j\alpha$
 (β - měrný útlum, α - měrný posuv)

$$\gamma(\omega) = \sqrt{j\omega L_0 j\omega C_0} = j\omega \sqrt{L_0 \cdot C_0} = j10^7 \sqrt{160 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-12}} = j10^7 \cdot 4 \cdot 10^{-9} = j4 \cdot 10^{-2} \text{ (1/m)}$$

2 body

- c) Činitel odrazu $\rho_2 = \frac{R_2 - R_v}{R_2 + R_v}$

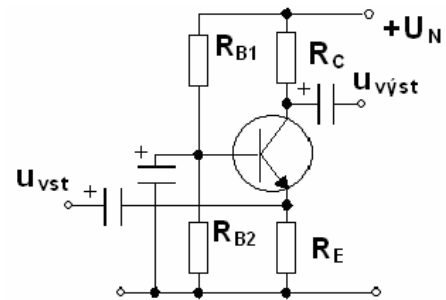
pro $R_2 = 0$ (Ω) $\rho_2 = -1$

pro $R_2 \rightarrow \infty$ (Ω) $\rho_2 = 1$

2 body

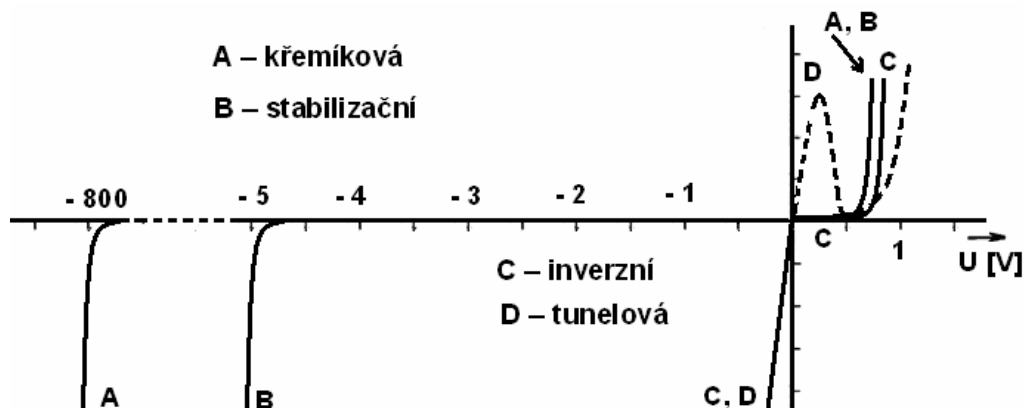
5 Elektronické součástky

- a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?
Vysvětlete funkci odporů R_C a R_E .
Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost?
- b) Načrtněte do jednoho grafu charakteristik diod: usměrňovací křemíková dioda, stabilizační dioda ($U_Z = 5\text{ V}$), inverzní dioda, tunelová dioda.
- c) Stručně (!) vysvětlete pojem "rekombinace nosičů".
Jaký je její význam u polovodičových součástek?



Řešení

- a) Zapojení je zesilovač s bipolárním tranzistorem v zapojení se společnou bází (SB). **1 bod**
 R_C je zátěž zesilovače, R_E slouží k nastavení klidového proudu tranzistoru. Proud I_E je určen napětím nastaveným děličem na bázi tranzistoru a velikostí odporu R_E takto:
 $I_E = (U_B - U_{BE}) / R_E$. **1 bod**
 Proud $I_E = (U_B - U_{BE}) / R_E = I_C$ nastavíme tak, aby $U_{RC} \geq 1/3 U_N$. Odporů volíme $R_E \leq R_C$. Napětí U_B nastavíme děličem R_{B1}, R_{B2} na $U_B = U_N \cdot R_{B2} / (R_{B1} + R_{B2})$. **2 body**
- b)



4 body

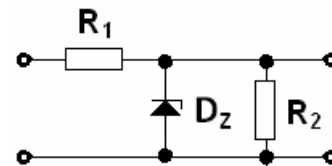
- c) Rekombinací nosičů se obnovuje tepelná rovnováha v polovodiči. Rychlost rekombinace závisí na typu polovodiče a na koncentraci nečistot a poruch, které se chovají jako rekombinační centra. Rekombinace je nežádoucí například u solárních článků, kde výrazně snižuje celkovou účinnost a u vysokonapěťových součástek, kde zhoršuje závěrné vlastnosti. U rychlých bipolárních součástek záměrně zavádíme rekombinační centra pro potlačení akumulace nosičů a zrychlení procesu vypnutí. **2 body**

6 Elektronické součástky

a) Jaká je funkce zapojení podle schématu?

Vysvětlete funkci odporů R_1 a R_2 .

Jak volíme proudy a napětí v obvodu pro jeho správnou činnost? Polaritu napětí a proudů vyznačte do schématu.



b) Vysvětlete pojem Lavinová dioda. Jaké je použití lavinových diod?

c) Uveďte alespoň dva rozdíly mezi tranzistorem MOSFET a tranzistorem IGBT.

Řešení

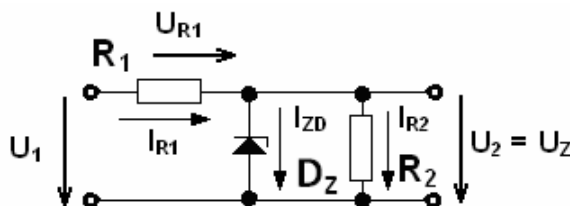
a) Zapojení je stabilizátor se stabilizační diodou.

1 bod

R_2 je zátěž stabilizátoru. R_1 má funkci proudového zdroje pro napájení stabilizační diody a zátěže. Jeho velikostí se nastaví součet proudů do zátěže a stabilizační diody.

2 body

Při kolísání vstupního napětí proudový odběr stabilizátoru nastavíme pomocí odporu R_1 takto: při minimálním vstupním napětí $U_1 = U_{\min}$ musí být zaručeno že proud stabilizační diodou nepoklesne pod přibližně $0,1 I_{DZ\max}$: $R_1 \leq (U_{\min} - U_Z) / (0,1 I_{DZ\max} + I_{R2})$, kde $I_{R2} = U_Z / R_2$, při maximálním vstupním napětí $U_1 = U_{\max}$ nesmí být překročen maximální proud diody $I_{DZ\max}$. Z této podmínky vychází $R_1 \geq (U_{\max} - U_Z) / (I_{DZ\max} + I_{R2})$, kde $I_{R2} = U_Z / R_2$.



3 body

b) Pro lavinové diody je charakteristické rovnoměrné rozložení proudové hustoty proudu na přechodu PN. Dosáhne se toho pomocí vhodné geometrie přechodu a použitím velmi kvalitního homogenního materiálu - bez poruch a nečistot. Lavinová dioda je proto schopná snášet velký závěrný proud bez nebezpečí tepelného průrazu. Typické použití je proto v některých typech usměrňovačů a v impulsních obvodech kde dochází k namáhání diody závěrnými proudy. Další použití je v optoelektronice – lavinová fotodiody pracující v oblasti lavinového průrazu má ve srovnání s běžnou fotodiódou mnohem větší citlivost.

2 body

c) 1. Při velkém závěrném napětí není **MOSFET** schopen pracovat s velkým proudem, tranzistor **IGBT** ano.

2. V sepnutém stavu je napětí U_{DSON} na **IGBT** vždy větší než 1 V a to i při velmi malém proudu, napětí v sepnutém stavu U_{DSON} na **MOSFET** může být menší než 0,1 V.

3. Mezní kmitočet spínání u **MOSFET** je prakticky omezen pouze parazitními kapacitami. Mezní kmitočet spínání u **IGBT** je omezen vypínáním PNP tranzistoru ve struktuře IGBT. Mezní kmitočet spínání IGBT lze zvýšit pomocí rekombinačních center za cenu zvýšení napětí v sepnutém stavu. Maximální kmitočet je proto omezen přibližně na 50 kHz (80 kHz v rezonančních obvodech).

2 body

7 Signály, soustavy, systémy

Diskrétní Fourierova řada. Periodická posloupnost má periodu $N = 4$. Prvek $S(3)$ obrazu je dán vztahem:

$$S(3) = 2 \exp(-j0,2\pi).$$

- a) Jaká je hodnota $S(-3)$?
- b) Jaká je hodnota $S(1)$?
- c) Jaká je hodnota $S(403)$? (Pomůcka: $403 = 100 \times 4 + 3$)
- d) Jaká je hodnota $|S(3)|$?

Pomůcka:
$$S(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \exp\left(-j \frac{2\pi}{N} kn\right).$$

Řešení

a) $S(-3) = S^*(3) = 2 \exp(+j0,2\pi)$ **3 body**

b) $S(1) = S^*(4-1) = S^*(3) = 2 \exp(+j0,2\pi)$ **2 body**

c) $S(403) = S(3) = 2 \exp(-j0,2\pi)$ **2 body**

d) $|S(3)| = |2 \exp(-j0,2\pi)| = 2$ **3 body**

8 Signály, soustavy, systémy

Potřebujeme digitalizovat analogový signál

$$s(t) = 3 \cos 50\pi t + 10 \sin 300\pi t + \cos 100\pi t .$$

Určete kmitočty jednotlivých složek a stanovte podmínku pro vzorkovací kmitočet f_{vz} tak, aby nedošlo k aliasingu.

Řešení

Kmitočty jednotlivých složek $\omega_1 = 50\pi$ $\omega_2 = 300\pi$ $\omega_3 = 100\pi$ **3 body**

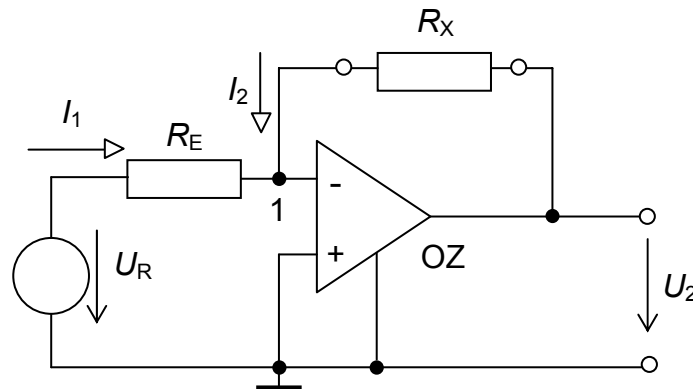
Nejvyšší kmitočet v signálu $\omega_m = 2\pi f_m = 300\pi$
 $f_m = 150 \text{ Hz}$ **3 body**

Podmínka pro vzorkování $f_{vz} \geq 2 f_m$
 $f_{vz} \geq 2 \cdot 150 = 300 \text{ Hz}$ **4 body**

9 Měření v elektrotechnice

Nakreslete schéma převodníku odpor-napětí R/U a odvoďte převodní vztah.

Řešení



4 body

$$I_1 + I_2 = \frac{U_R}{R_E} + \frac{U_2}{R_X} = 0$$

3 body

$$R_X = -\frac{R_E}{U_R} \cdot U_2 \Rightarrow U_2 = -\frac{R_X}{R_E} \cdot U_R$$

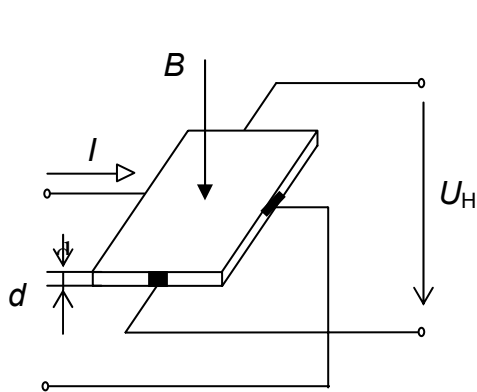
3 body

10 Měření v elektrotechnice

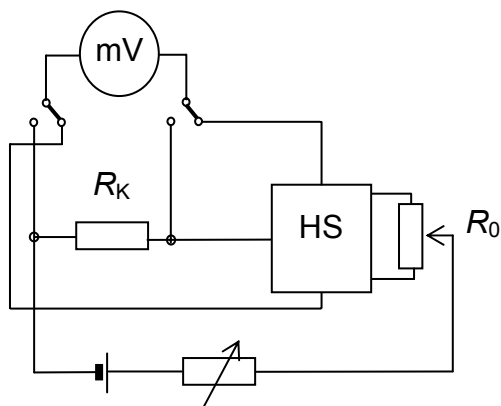
Nakreslete Hallovu sondu a její zapojení pro měření indukce magnetického pole. Uveďte vztah pro Hallovo napětí.

Řešení

Hallův jev se projevuje výrazně hlavně u polovodičů (Ge, In-As, In-Sb, Ga-As).



4 body



4 body

Hallovo napětí

$$u_H = \frac{R_H \cdot I}{d} \cdot B \quad (\text{V}),$$

2 body

- R_H Hallova konstanta ($\text{C}^{-1} \cdot \text{m}^3$),
 I proud procházející destičkou (A),
 B indukce magnetického pole (T),
 d tloušťka destičky (m).