

1 Návrh multivibrátoru

1.1 Zadané hodnoty

- Frekvence $f = 1,09$ kHz
- Střída $s = 0,45$
- Dovolená odchylka $\delta_{max} = \pm 1,1\%$

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2}; \quad s = \frac{t_1}{t_2} = 0,45 = \frac{9}{20} \Rightarrow t_1 = \frac{9}{20}t_2$$

$$\frac{1}{t_1 + t_2} = 1090 \Leftrightarrow \frac{1}{\frac{9}{20}t_2 + t_2} = 1090 \Leftrightarrow \frac{20}{29t_2} = 1090 \Leftrightarrow t_2 = \frac{20}{1090 \cdot 29} \doteq \mathbf{6,327 \cdot 10^{-4} \text{ s}}$$

$$t_1 = \frac{9}{20}t_2 \doteq \mathbf{2,847 \cdot 10^{-4} \text{ s}}$$

Zvolené hodnoty kapacit kondenzátorů:

- $C_1 = 15$ nF
- $C_2 = 33$ nF

$$t = 0,41RC \Rightarrow R = \frac{t}{0,41C}$$

$$R_1 = \frac{t_1}{0,41C_1} = \frac{2,847 \cdot 10^{-4}}{0,41 \cdot 15 \cdot 10^{-9}} \doteq 46,3 \text{ k}\Omega \dots \text{nejbližší hodnota z řady je } \mathbf{47k}$$

$$R_2 = \frac{t_2}{0,41C_2} = \frac{6,327 \cdot 10^{-4}}{0,41 \cdot 33 \cdot 10^{-9}} \doteq 46,7 \text{ k}\Omega \dots \text{nejbližší hodnota z řady je } \mathbf{47k}$$

Ověření tolerance:

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{0,41(R_1C_1 + R_2C_2)} = \frac{1}{0,41(47 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-9} + 47 \cdot 10^3 \cdot 33 \cdot 10^{-9})} = \\ &= \frac{1}{(2,8905 + 6,3591) \cdot 10^{-4}} \doteq 1081 \text{ Hz} \dots \text{je v toleranci } 1090 \pm 12 \text{ Hz} \end{aligned}$$

$$s = \frac{t_1}{t_2} = \frac{0,41R_1C_1}{0,41R_2C_2} = \frac{2,8905 \cdot 10^{-4}}{6,3591 \cdot 10^{-4}} \doteq 0,45 \dots \text{je v toleranci } 0,45 \pm 0,00495$$

2 Návrh odporového děliče

2.1 Zadané hodnoty

- Výstupní napětí $U_2 = 13 \text{ V}$
- Vnitřní odpor zátěže $R_i = 45 \text{ k}\Omega$
- Maximální výkonová ztráta na rezistoru $P_{max} = 0,125 \text{ W}$
- Dovolená odchylka $\delta_{max} = \pm 1\%$

2.2 Odvození podmínky pro maximální R_B

Odchylka napětí U_2 po zatížení $\delta = \frac{U_2 - U'_2}{U_2}$.

$$U_2 = U_1 \frac{R_B}{R_A + R_B}; \quad U_1 = I(R_A + R_B); \quad R_{Bi} = \frac{R_B \cdot R_i}{R_B + R_i}; \quad U'_2 = U_1 \frac{R_{Bi}}{R_A + R_{Bi}}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{U_2 - U'_2}{U_2} \Rightarrow U_2(1 - \delta) = U_1 \frac{R_{Bi}}{R_A + R_{Bi}} = \frac{U_1 R_B U_2 R_i}{R_B(U_1 - U_2)(R_B + R_i) + R_B R_i U_2} \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{1 - \delta}{U_1 R_i} = \frac{1}{(U_1 - U_2)(R_B + R_i) + R_i U_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{Bmax} &= \frac{U_1 R_i - U_2 R_i (1 - \delta)}{(U_1 - U_2)(1 - \delta)} - R_i = R_i \left(\frac{U_1 - U_2(1 - \delta)}{(U_1 - U_2)(1 - \delta)} - 1 \right) = \frac{U_1 R_i \delta}{(U_1 - U_2)(1 - \delta)} = \\ &= \frac{24 \cdot 45 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01}{(24 - 13)(1 - 0,01)} \doteq \mathbf{991,74 \Omega} \end{aligned}$$

$$\boxed{R_B \leq \frac{U_1 R_i \delta}{(U_1 - U_2)(1 - \delta)}}$$

2.3 Návrh hodnot součástek

Vzhledem k R_{Bmax} zvolena hodnota $R_B = 940 \Omega$ – sériová kombinace odporů 470 Ω :

$$R_B = R_{B1} + R_{B2} = 470 + 470 = 940 \Omega$$

Hodnota druhého odporu v děliči R_A se získá ze vztahu

$$U_2 = U_1 \frac{R_B}{R_A + R_B} \Rightarrow R_A = R_B \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right) = 940 \left(\frac{24}{13} - 1 \right) \doteq 795,38 \Omega,$$

na základě této hodnoty zvolena sériová kombinace odporů 390 Ω :

$$R_A = R_{A1} + R_{A2} = 390 + 390 = 780 \Omega$$

2.3.1 Ověření tolerancí

Nezatížený dělič

$$U_2 = U_1 \frac{R_B}{R_A + R_B} = 24 \cdot \frac{940}{780 + 940} \doteq 13,116 \text{ V}$$

$$\delta_n = \frac{|U - U_2|}{U} = \frac{13,0 - 13,116}{13,0} \cdot 100 \doteq 0,892 \% \dots \text{je v menší než max. odchylka } \pm 1 \%$$

Zatížený dělič

$$R_{Bi} = \frac{R_B R_i}{R_B + R_i} = \frac{940 \cdot 45000}{940 + 45000} \doteq 920,77 \text{ } \Omega$$

$$U'_2 = U_1 \frac{R_{Bi}}{R_A + R_{Bi}} = 24 \cdot \frac{920,77}{780 + 920,77} \doteq 12,993 \text{ V}$$

$$\delta_z = \frac{|U - U'_2|}{U} = \frac{13,0 - 12,993}{13,0} \cdot 100 \doteq 0,054 \% \dots \text{je v menší než max. odchylka } \pm 1 \%$$

2.3.2 Výkonové ztráty na rezistorech nezatíženého děliče

Ve zvolené variantě zapojení A, je proud protékající všemi rezistory stejný:

$$I = \frac{U_1}{R_A + R_B} = \frac{24}{780 + 940} \doteq 13,953 \text{ mA}$$

Úbytek napětí na jednotlivých rezistorech je:

$$U_{Ax} = IR_{Ax} = 13,953 \cdot 10^{-3} \cdot 390 \doteq 5,442 \text{ V}$$

$$U_{Bx} = IR_{Bx} = 13,953 \cdot 10^{-3} \cdot 470 \doteq 6,558 \text{ V}$$

Výkonová ztráta na rezistorech:

$$P_{Ax} = \frac{U_{Ax}^2}{R_{Ax}} = \frac{5,442^2}{390} = 75,93 \text{ mW} \dots \text{je v menší než max. ztráta } 125 \text{ mW}$$

$$P_{Bx} = \frac{U_{Bx}^2}{R_{Bx}} = \frac{6,558^2}{470} = 91,51 \text{ mW} \dots \text{je v menší než max. ztráta } 125 \text{ mW}$$