

Vyšší odborná škola a Střední průmyslová škola elektrotechnická  
Božetěchova 3, Olomouc  
Laboratoře elektrotechnických měření

# PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

**Nastavení pracovního bodu tranzistorového zesilovače**

Číslo úlohy

**202 - 3R**

Zadání

1. Pro jednostupňový tranzistorový zesilovač v zapojení SE ve třídě A vypočítejte hodnoty rezistorů, máte-li zadány parametry:  $U_{cc} = 12 \text{ V}$ ,  $I_C = 20 \text{ mA}$ , **úbytek napětí na  $R_E = 0,2 \text{ V}$ ,  $h_{21E} = 322$ .**
2. Na zesilovači nastavte vypočítané hodnoty rezistorů. Po připojení napájecího napětí ověřte, že pracovní bod zesilovače nastaven skutečně ve třídě A.  
**S pomocí generátoru a osciloskopu proveďte následující měření:**
3. Zjistěte maximální rozkmit vstupního sinusového signálu  $U_{VSTMAX}$  o frekvenci  $f = 1 \text{ kHz}$ , při kterém se obě půlvlny výstupního signálu přenesou ještě bez pozorovatelného zkreslení. Měření provádějte s připojeným  $C_E$ .
4. Spočítejte napěťové zesílení zesilovače  $A_U$  pro vstupní sinusový signál o frekvenci  $f = 1 \text{ kHz}$ . Měření proveďte s připojeným  $C_E$ .
5. Spočítejte napěťové zesílení zesilovače  $A_U$  dle předchozího bodu, ale s tím rozdílem, že  $C_E$  bude odpojený. Vysvětlete rozdíl v naměřených hodnotách.
6. Zjistěte šířku pásma zesilovače pro pokles napětí o 3 dB.

Poř. č.

**7**

Příjmení a jméno

**Horčíčka Askold**

Třída

**3.B**

Skupina

**1.**

Školní rok

**2021/22**

Datum měření

**5.4.2022**

Datum odevzdání

Počet listů

**5**

příprava

Klasifikace

měření

protokol

obhajoba

Protokol o měření obsahuje:

Teoretický úvod

Schéma

Tabulka použitých přístrojů

Postup měření

Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

Vzor výpočtu

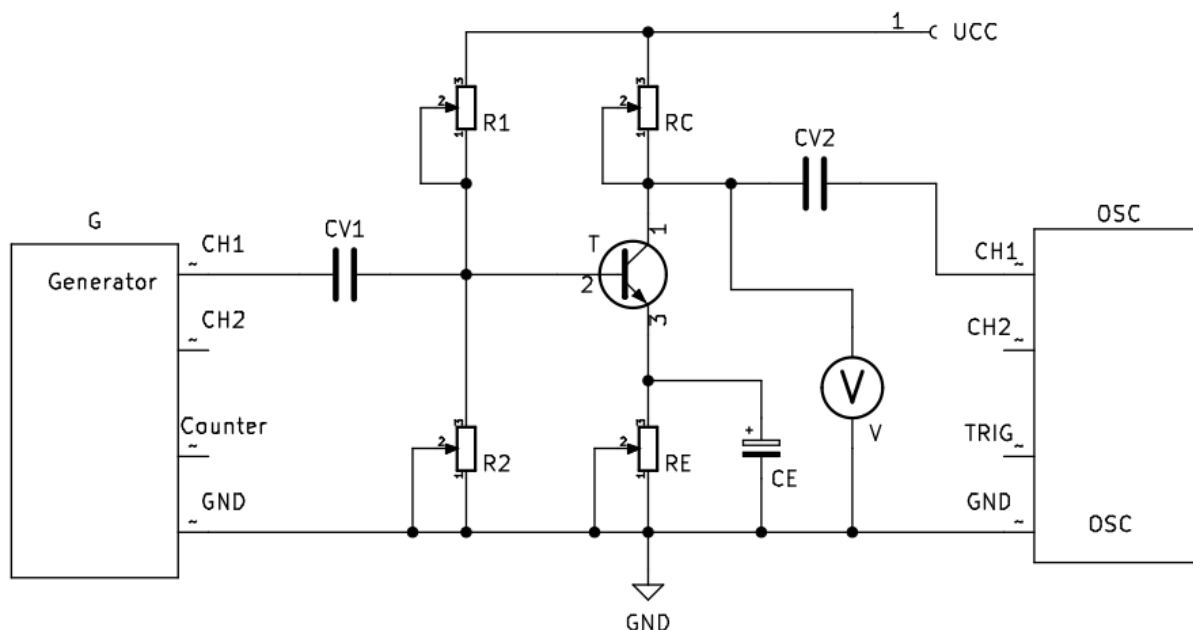
Grafy

Závěr

## 1. Teoretický úvod

Používáme zesilovač s tranzistorem v zapojení se společným emitorem (SE), což je nejčastější zapojení. Nastavené pracovního bodu realizujeme odporovým děličem složený z odporů  $R_1$  a  $R_2$ . Pracovní bod nastavujeme tak, aby byl zesilovač ve třídě A neboli v lineární části charakteristiky, což znamená že by měl mít malé zkreslení ale i velmi malou účinnost, také ve třídě A zesilujeme obě půlvlny sinusového signálu a fázi posouváme o  $180^\circ$ .

## 2. Schéma zapojení



**Schéma č. 1: Tranzistorový zesilovač SE**

## 3. Výpočet rezistorů

Napájecí napětí  $\rightarrow U_{CC} = 12\text{ V}$

Kolektorový proud  $\rightarrow I_C = 20\text{ mA}$

Úbytek napětí na  $R_E \rightarrow U_{RE} = 0.2\text{ V}$

Proudový zesilovací činitel  $\rightarrow h_{21E} = 322$

$$R_C \rightarrow U_{RC} = \frac{U_{CC}}{2} = \frac{12}{2} = 6\text{ V} \rightarrow R_C = \frac{U_{RC}}{I_C} = \frac{6}{0.02} = 300\ \Omega$$

$$R_E \rightarrow I_C = I_E + I_B \approx I_E \rightarrow R_E = \frac{U_{RE}}{I_E} = \frac{U_{RE}}{I_C} = \frac{0.2}{0.02} = 10\ \Omega$$

$$R_2 \rightarrow I_B = \frac{I_C}{h_{21E}} = \frac{20}{322} = 0.0621\text{ mA} \quad I_D = 10 \cdot I_B = 10 \cdot 0.0621 = 0.621\text{ mA}$$

$$U_{R2} = U_{BE} + U_{RE} = 0.65 + 0.2 = 0.85\text{ V} \quad R_2 = \frac{U_{R2}}{I_D} = \frac{0.85}{621 \cdot 10^{-6}} \approx 1369\ \Omega$$

$$R_1 \rightarrow R_1 = \frac{U_{CC} - U_{R2}}{I_D + I_B} = \frac{12 - 0.85}{621 \cdot 10^{-6} + 621 \cdot 10^{-7}} \approx 16\,323\ \Omega$$

#### 4. Tabulka použitých přístrojů

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Inventární číslo	Poznámka
G	Generátor	-	Stůl → 19 0042/03	-
OSC	Osciloskop	-	Stůl → 19 0042/03	-
V	Voltmetr	MY74	19-0045/05	3 ½; 2 mV-20 V, $\delta = \pm 0,5\%$ rdg + 2 dig
R <sub>1</sub>	Odporová dekáda	P33	19-0047/12	-
R <sub>C</sub>	Odporová dekáda	P33	19-1370/07	-
R <sub>2</sub> , R <sub>E</sub> , T, C <sub>E</sub> , C <sub>V1</sub> , C <sub>V2</sub>	Přípravek pro měření tranzistorového zesilovače	-	-	-

**Tabulka č. 1: Použité přístroje**

#### 5. Postup měření

##### I. Natavení pracovního bodu tranzistorového zesilovače

- Vypočítáme hodnoty rezistorů
- Sestavili jsme zapojení podle schématu č. 1 a nastavili jsme požadované hodnoty odporových dekád.
- Ověřujeme, zda je zesilovač doopravdy ve třídě A, popřípadě donastavíme odporovou dekádu R<sub>1</sub>.

##### II. Maximální rozkmit vstupního napětí U<sub>VSTMAX</sub>

- Nastavujeme generátor na frekvenci 1 kHz
- Nastavujeme osciloskop
- Postupně zvyšujeme U<sub>pp</sub>, dokud nepozorujeme nepatrné zkreslení
- Zjišťujeme hodnotu napětí

##### III. Napěťové zesílení A<sub>U</sub> pro zapojení s C<sub>E</sub> a i bez C<sub>E</sub>

- Nastavíme U<sub>pp</sub> = 20 mV na generátoru
- Zjišťujeme hodnotu napětí pro zapojení s C<sub>E</sub>
- Spočítáme A<sub>U</sub>
- Zopakujeme pro zapojení bez C<sub>E</sub>

##### IV. Šířka přenosového pásma s napěťovým útlumem 3 dB pro zapojení s C<sub>E</sub> a i bez C<sub>E</sub>

- Při U<sub>pp</sub> = 20 mV zjišťujeme zesílené napětí se zapojeným C<sub>E</sub>
- Vypočítáme pokles o 3 dB ze zesíleného napětí
- Zvyšujeme frekvenci generátoru do bodu, kdy je zesílené napětí rovno vypočtené hodnotě z bodu b
- Opakujeme bod c ale frekvenci snižujeme
- Zopakujeme pro zapojení bez C<sub>E</sub>

## 6. Vzory výpočtů

I. Výpočet šířky přenosového pásma pro  $f_H = 68 \text{ kHz}$ ,  $f_D = 245 \text{ Hz}$

$$B = f_H - f_D = 68\,000 - 245 = 67\,755 \text{ Hz}$$

II. Výpočet napětového zesílení  $A_U$  pro  $U_1 = 20 \text{ mV}$ ,  $U_2 = 2.7 \text{ V}$

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{2.7}{0.02} = 135$$

III. Výpočet napětového zisku při  $A_U = 135$

$$a_U = 20 * \log A_U = 20 * \log 135 = 42.6 \text{ dB}$$

## 7. Naměřené a vypočtené hodnoty

Označení rezistoru	$R_{\text{VYPOČTENÝ}} [\Omega]$	$R_{\text{SKUTEČNÝ}} [\Omega]$
$R_E$	10	10
$R_C$	300	300
$R_1$	1 369	1200
$R_2$	16 323	15 130

**Tabulka č. 2: Hodnoty rezistorů**

$f [\text{kHz}]$	$U_{\text{VSTMAX}} [\text{mV}_{\text{PP}}]$
1	40

**Tabulka č. 3: Maximální rozkmit vstupního napětí  $U_{\text{vstmax}}$**

Druh zapojení	$A_U [-]$	$a_U [\text{dB}]$
S $C_E$	135	42.6
Bez $C_E$	24.5	27.7

**Tabulka č. 4: Napětové zesílení**

Druh zapojení	$f_D [\text{Hz}]$	$f_H [\text{Hz}]$	$B [\text{Hz}]$
S $C_E$	245	68 000	67 755
Bez $C_E$	38	290 000	289 962

**Tabulka č. 5: Šířka pásma**

## 8. Závěr

Zhodnocení  $U_{VSTMAX}$ , rezistorů a zapojení s  $C_E$  a bez  $C_E$

- I.  $U_{VSTMAX} \rightarrow$  je maximální rozkmit vstupního napětí, byl okolo 40 mV<sub>pp</sub>, nad tuhle hodnotu už byla pozorovatelná mírná deformace, zkreslení. Pokud jsme se dostali nad okolo 90 mV<sub>pp</sub> tak už byl signál dokonce limitován, nejdříve zdola a po nastavení ještě vyššího napětí i shora. Píšu okolo, jelikož jsme to nemohli určit úplně přesně, odhadovali jsme to při zobrazení na osciloskopu.
- II. Skutečné hodnoty odporů  $\rightarrow$  nenastavili jsme přesně vypočítané hodnoty odporů, upravili jsme hodnoty tak, abychom měli na výstupu 6V
- III. S  $C_E$  vs bez  $C_E \rightarrow$  bez připojeného  $C_E$  jsme získali přes 4x širší přenosové pásmo, můžeme také pozorovat že bez  $C_E$  je napěťové zesílení  $A_U$  výrazně menší při stejných hodnotách vstupního napětí