

PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

Tranzistorový zesilovač

Číslo úlohy

302-4R

Zadání

1. Pro zadanou hodnotu I_C vypočítejte hodnotu R_C a zvolte nejbližší hodnotu z řady.
2. Nastavte pracovní bod tranzistoru (měřením U_{RC}) a ve výstupním obvodu tranzistorového zesilovače (U_{RC} , U_{CE} , U_{RE}) ověřte platnost II. KZ.
3. Pro $f = 1\text{ kHz}$, $R_E = 10\ \Omega$ změřte A_u zesilovače pomocí:
 - (a) dvou milivoltmetrů
 - (b) dvoukanálového osciloskopuZměřené hodnoty porovnejte a vyberte měřící metodu s menší chybou měření.
4. Změřte mezní kmitočty zesilovače f_d a f_h , na mm papír nakreslete orientační tvar frekvenční přenosové charakteristiky zesilovače.
5. Pro $f = 1\text{ kHz}$ změřte vstupní odpor zesilovače.
6. Vhodným způsobem změňte úroveň zpětné vazby a opakujte měření parametrů zesilovače viz. body zadání 3-4-5.
7. Změřte a zakreslete časové průběhy napětí na vstupu a výstupu zesilovače $f = 1\text{ kHz}$.

Poř. č.	PŘÍJMENÍ a Jméno			Třída	Skupina	Školní rok	
26	VYKYDAL Jan			4A	3	2014/2015	
Datum měření		Datum odevzdání	Počet listů	Klasifikace			
15.10.		22.10.	9	příprava	měření	protokol	obhajoba
Protokol o měření obsahuje:				Tabulky naměřených a vypočtených hodnot			
Schéma				Vzor výpočtu			
Tabulka použitých přístrojů				Grafy			
Postup měření				Závěr			

Teoretický úvod

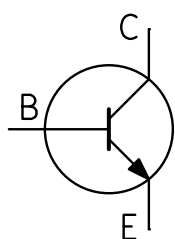
Bipolární tranzistor

Bipolární tranzistor je elektrotechnická součástka, oběvená 16. prosince 1947 v Bellových laboratořích týmem ve složení William Shockley, John Bardeen a Walter Brattain. Bipolární tranzistory mají tři elektrody: E - emitor, B - báze, C - kolektor. Bipolární tranzistory se dají rozdělit na tranzistory typu NPN a PNP. Jeden z nejdůležitějších parametrů tranzistoru je proudový zesilovací činitel.

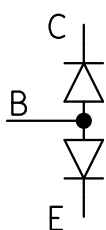
$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \tag{1}$$

kde:

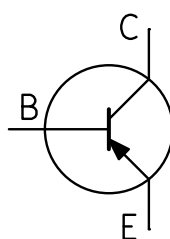
β proudový zesilovací činitel
 I_C proud tekoucí kolektorem
 I_B proud tekoucí bází



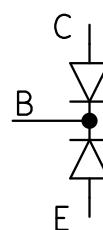
(a) NPN značka



(b) NPN náhradní schéma



(c) PNP značka



(d) PNP náhradní schéma

Schéma č. 1: schématické značky a náhradní zapojení bipolárních tranzistorů

Zesilovač

Zesilovač je zařízení, které zesiluje vstupní signál. V této úloze je realizován pomocí tranzistoru KFY34 (NPN) v zapojení se společným emitorem. Toto zapojení otáčí fázi o π rad. Hlavní parametr tohoto zesilovače je napěťové zesílení.

$$A_u = \frac{U_{OUT}}{U_{IN}} \tag{2}$$

kde:

A_u napěťové zesílení
 U_{IN} vstupní napětí
 U_{OUT} výstupní napětí

Schémata

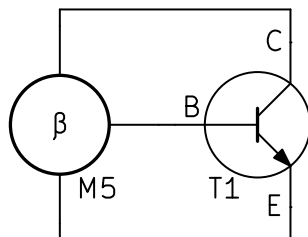


Schéma č. 2: Orientační měření β

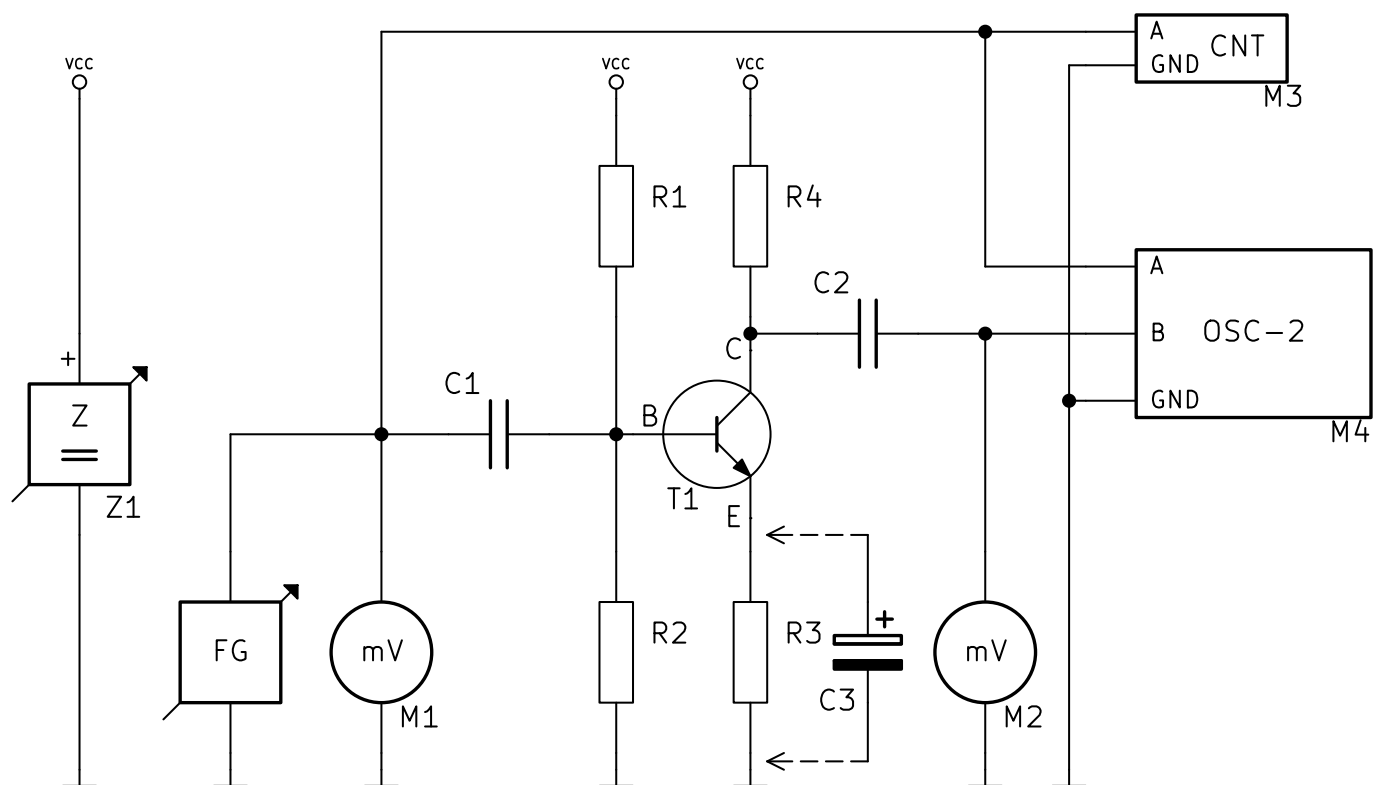


Schéma č. 3: Měření napěťového přenosu a frekvenčních charakteristik

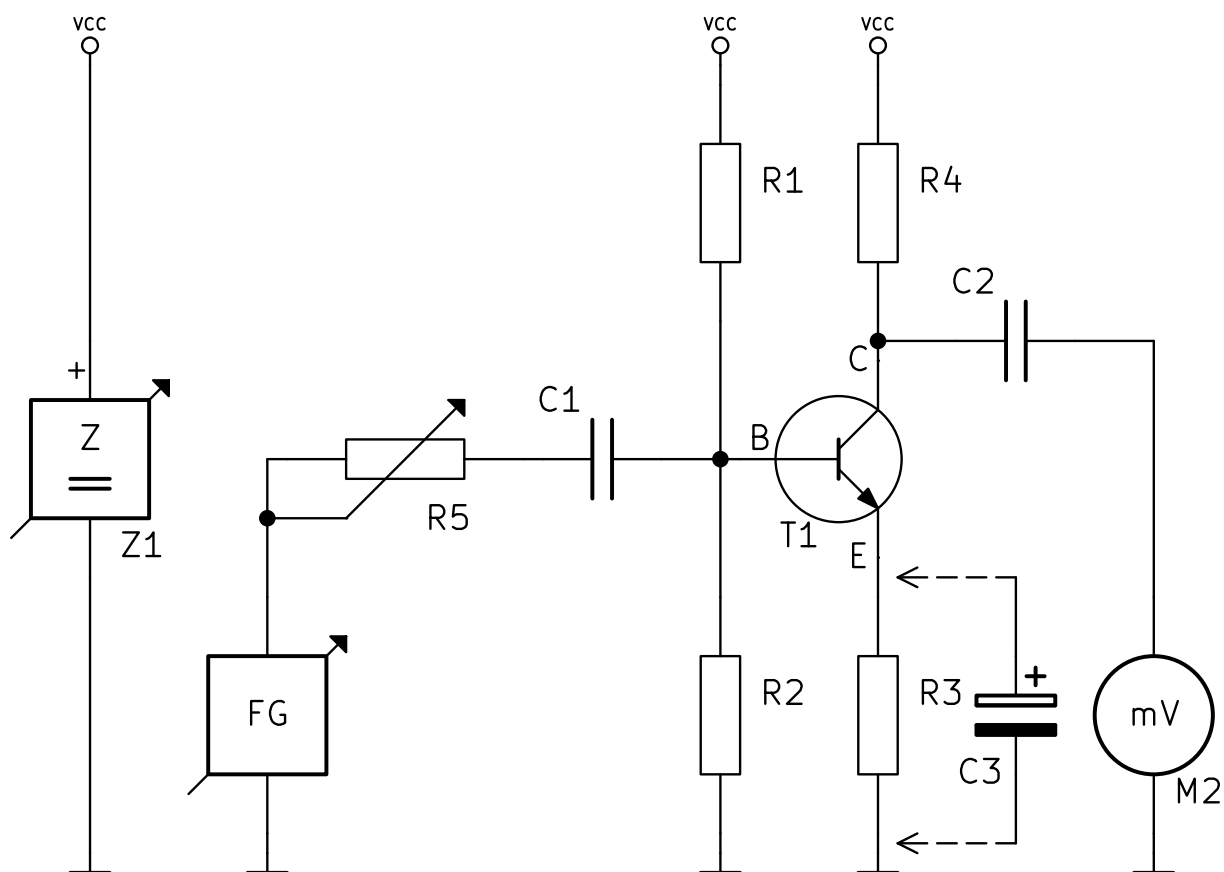


Schéma č. 4: Měření vstupního odporu (část 1.)

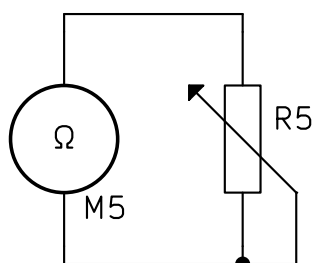


Schéma č. 5: Měření hodnoty vstupního odporu (část 2.)

Tabulka použitých přístrojů

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Evidenční číslo
M_1	milivoltmetr	TESLA BK-128	0901
M_2	milivoltmetr	TESLA BK-128	0902
M_3	čítač	U2000	0179
M_4	osciloskop	GOS-620	0651
M_5	DMM	MASTECH MY-64	0659
Z_1	zdroj ss. napětí	TESLA BK-127	0140
FG	generátor	TESLA BM-492	0129
R_5	odporová dekáda	—	0026

Tabulka č. 1: Použité přístroje

Postup měření

Měření proudového zesilovacího činitele

- DMM nastavíme na měření β .
- K DMM vhodným způsobem připojíme zkoumaný tranzistor, viz schéma č. 2.
- Z displaye DMM zjistíme naměřenou hodnotu.

Měření napěťového přenosu

- Zapojíme obvod dle schématu č.3.
- Na výstup generátoru nastavíme frekvenci $f = 1\text{ kHz}$.
- Z milivoltmetrů a osciloskopu zjistíme měřené hodnoty.
- Z naměřených hodnot dopočítáme A_u

Měření mezních kmitočtů zesilovače

- Zapojíme obvod dle schématu č.3.
- Na výstup generátoru nastavíme frekvenci $f = 1\text{ kHz}$.
- Změříme hodnoty vstupu a výstupu pomocí milivoltmetrů M_1 a M_2 .
- Ladíme frekvenci generátoru směrem nadoru, dokud úroveň na výstupu nepoklesne o tři decibely.
- Zjistíme aktuální frekvenci pomocí čítače.
- Opakujeme poslední dva body, ale frekvenci měníme směrem dolů.

Měření vstupního odporu

- Zapojíme obvod dle schématu č. 4.
- Na generátoru nastavíme frekvenci $f = 1 \text{ kHz}$.
- Dekádu nastavíme na nejmenší možný odpor.
- Změříme výstupní namětí, pomocí milivoltmetru M_2 .
- Zvyšujeme odpor dekády, dokud výstupní napětí neklesne na polovinu napětí naměřeného v minulém bodu.
- Z dekády odečteme vstupní odpor.
- Dekádu zapojíme dle schématu č. 5.
- Měřením můžeme ověřit odpor dekády.

Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

veličina	spočtená hodnota	naměřená hodnota
β	—	68
$R_1 [k\Omega]$	6,258	6,2
$R_2 [\Omega]$	544,217	560
$R_3 [\Omega]$	500	500
$R_4 [\Omega]$	10	10
$C_3 [\mu F]$	—	100

Tabulka č. 2: napěťový přenos A_u s odpojeným kondenzátorem C_3

přístroj	$U_1 [mV]$	$\delta_{\%U_1}$	$U_2 [mV]$	$\delta_{\%U_2}$	A_u
milivoltmetr	4	$\pm 3,75$	270	$\pm 1,667$	67,5
osciloskop	5	± 3	350	$\pm 4,5$	70

Tabulka č. 3: napěťový přenos A_u s připojeným kondenzátorem C_3

přístroj	$U_1 [mV]$	$\delta_{\%U_1}$	$U_2 [mV]$	$\delta_{\%U_2}$	A_u
milivoltmetr	4	$\pm 3,75$	140	$\pm 3,214$	35
osciloskop	5	± 3	150	$\pm 4,5$	30

Tabulka č. 4: napěťový přenos A_u s odpojeným kondenzátorem C_3

veličina	s připojenám kondenzátorem C_3	s odpojeným kondenzátorem C_3
f_d [Hz]	241	45
f_h [kHz]	589,721	636,309
R_{VST} [Ω]	440	610

Tabulka č. 5: napěťový přenos A_u s odpojeným kondenzátorem C_3

Vzory výpočtů

Výpočet procentuální chyby:

$$\delta_{\%U_2} = \frac{\pm TP \cdot MR}{MH} = \frac{\pm 1,5 \cdot 10}{4} = \underline{\underline{\pm 3,75 \%}}$$

kde:

$\delta_{\%U_2}$ procentuální chyba
 TP třída přesnosti
 MR měřící rozsah
 MH měřená hodnota

Proud bázi:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \Rightarrow I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{68} \doteq \underline{\underline{147,058 \mu A}}$$

Proud stabilizačním děličem:

$$I_D = 10I_C = 10 \cdot 147,058 = \underline{\underline{1,47 mA}}$$

Hodnota rezistoru R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_D} = \frac{9,2}{1,47} \doteq \underline{\underline{6,258 k\Omega}}$$

Hodnota rezistoru R_2 :

$$R_2 = \frac{U_{R_2}}{I_D} = \frac{0,8}{1,47} \doteq \underline{\underline{544,217 \Omega}}$$

Hodnota rezistoru R_3 :

$$R_3 = \frac{U_{R_3}}{I_C} = \frac{5}{10} = \underline{\underline{500 \Omega}}$$

Hodnota rezistoru R_4 :

$$R_4 = \frac{U_{R_4}}{I_C} = \frac{0,1}{10} = \underline{\underline{10 \Omega}}$$

Ověření platnosti II. KZ. pro výstupní obvod:

$$U_{CC} = U_{R_3} + U_{R_4} + U_{CE} = 4,51 + 0,086 + 5,26 = \underline{\underline{9,859 V}}$$

Napěťový přenos:

$$A_u = \frac{U_{OUT}}{U_{IN}} = \frac{140}{4} = \underline{\underline{35}}$$

Grafy

Závěr

Chyby měřících přístrojů

Procentuální chyba použitých měřících přístrojů (M_1 , M_2 , M_3 a M_4) nepřekročila $\pm 5\%$. tudíž by jse měření dalo považovat za relativně přesné. Největší procentuální chyby jsem se dopustil při měření maximální hodnoty maximálního napětí osciloskopem (M_4), chyby byly vypočítána na $\pm 4,5\%$.

Zhodnocení

1. Pro zadanou hodnotu $I_C = 10\text{ mA}$ jsem spočítal hodnotu rezistoru $R_3 = 500\ \Omega$.
2. Nyvrhoval jsem zesilovač pracující v třídě A. Pracovní bod tranzistoru jsem tedy nastavil téměř na polovinu U_{CC} , tedy 5 V . Dosádnou přesné hodnoty poloviny U_{CC} jse mi ale nepodařilo, jelikož mi v tom bránily tolerance součástek.
3. Změřil jsem hodnotu A_u , a to pomocí dvou nepřímých metod. Mření pomocí milivoltmetrů mělo menší procentuální chybu (maximálně $\pm 3,75\%$) než měření s osciloskopem. Naměřená hodnota pomocí milivoltmetru $A_u = 67,5$. Pomocí osciloskopu $A_u = 70$.
4. Dle postupu uvedením v postupu jsem změřil horní a dolí mezní frekvenci zesilovače. $f_d = 241\text{ Hz}$ a $f_h = 589,712\text{ kHz}$. Na milimetrový papír jsem zakreslil orientační tvar přenosové charakteristiky.
5. Vstupní odpor zesilovače byl stanoven na hodnotu $r_{VST} = 440\ \Omega$. Docela mě překvalila jeho moněrně nízká hodnota.
6. Změnil jsem hodnotu spětné vazby odpojením kondenzátoru C_3 . Což mělo za následek rapidní snížení napěťového zenosu. Z hodnoty $A_u = 67,7$ jse hodnota změnila na $A_u = 35$. Dále jsem změřil horní a dolní mezní frekvenci a vstupní odpor, nyměření hodnoty jsou shrnuty v tabulce č. 5.
7. Na milimetrový papír jsem zakreslil časové průběhy vstupních a výstupních signálů a to jak s připojeným tak i odpojeným kondenzátorem C_3 .