

TRANZISTOROVÝ ZESILOVAČ

301 - 4R

Hodnotu napájecího napětí určí vyučující ($U_{CC}=12V$).

- 1. Pro zadanou hodnotu $I_C = 2 \text{ mA}$ vypočítejte potřebnou hodnotu R_C a zvolte nejbližší hodnotu rezistoru z řady.*
- 2. Zvolte hodnotu zatěžovacího odporu $R_L > R_C$.*
- 3. Pro $f = 1 \text{ kHz}$, $R_E = 0 \Omega$ změřte osciloskopem a současně milivoltmetrem maximální rozkmit výstupního napětí zesilovače.*
- 4. Pro $f = 1 \text{ kHz}$ nastavte takové vstupní napětí, kdy je zkreslení výstupního napětí ještě neznatelné a změřte A_U .*
- 5. Změřte f_D a f_H zesilovače.*
- 6. Pro $f = 1 \text{ kHz}$ změřte R_{VST} .*

Při odpojení napájení nastavte potenciometrem P_2 vámi zvolenou hodnotu R_E a opakujte postup od bodu 3.

16

MOŘKOVSKÝ TOMÁŠ

M4

3

2000 - 2001

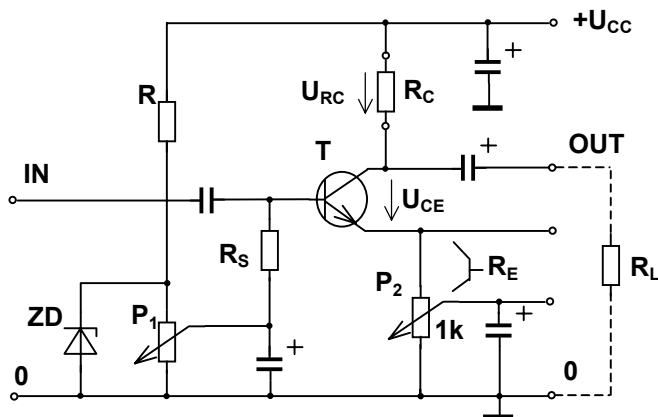
23. 2. 2001

2. 3. 2001

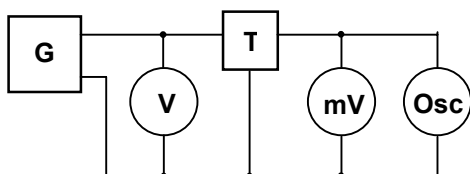
4

SCHÉMA

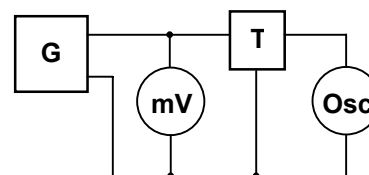
Obr. 1 Schéma tranzistorového přípravku



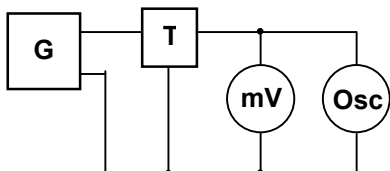
Obr. 2 Měření rozkmitu napětí



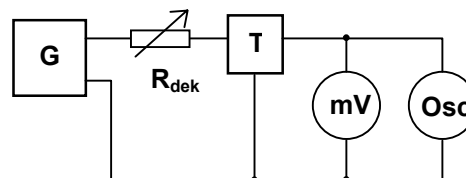
Obr. 3 Měření napěťového zesílení



Obr. 4 Měření mezních frekvencí



Obr. 5 Měření vst. odporu zesilovače

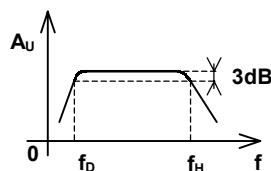


POUŽITÉ PŘÍSTROJE

OZN.	PŘÍSTROJ	TYP	EVID. Č.	POZNÁMKA
U_{CC}	Zdroj nesym. napětí	BK 180	465	12 V *
R_{dek}	Odporová dekáda	METRA XL6	E65-03	až 100 k Ω
G	Generátor funkcí	Tesla	218 /EM	---
Osc	Osciloskop	Tesla BM 584	84-5/391	Analogový
mV	analog. nf mV	TESLA BM 579	OTE2-720	$\delta = 2 \%$
OZ	Operační zesilovač	---	---	Přípravek
R_C, R_L	Rezistory drát.	207/10	---	$\delta = 0,2 \%$

POSTUP MĚŘENÍ

1. Výpočet hodnoty odporu $R_C = 2,5 \text{ k}\Omega \Rightarrow 2,7 \text{ k}\Omega$ (viz výpočet) a určení velikosti odporu $R_L = 27 \text{ k}\Omega$ (vycházeli jsme z katalogových hodnot). Zapojíme celý obvod. Nastavíme R_C pomocí voltmetru a měřením úbytku napětí na vypočtenou hodnotu. Hodnotu R_E volíme dle schématu $R_E = 1 \text{ k}\Omega$.
2. **Měření maximálního rozkmitu:** ($f = 1 \text{ kHz}$, $R_E = 0 \Omega$) zvyšovali jsme vstupní napětí až do počátku zkreslování napětí na výstupu, odečtem z osciloskopu jsme zjistili max. hodnotu $U_{Op-p} = 8 \text{ V}$ (při $U_{Ip-p} = 0,072 \text{ V}$), obě hodnoty jsme přepočítali na efektivní. Signál měl nesymetricky široké kladné a záporné amplitudy (kladná byla asi o polovinu širší).
3. **Měření napět'ového zesílení:** ($f = 1 \text{ kHz}$, $R_E = 0 \Omega$) využijeme předchozí měření a vypočteme max. napět'ové zesílení bez zkreslení signálu. Výpočtem jsme dospěli k hodnotě $A_U = 111,11$.
4. **Měření f_D a f_H :** ($f = 1 \text{ kHz}$, $R_E = 0 \Omega$). Milivoltmetrem si změříme napětí na výstupu na dB stupnici. Postupně snižujeme frekvenci až na mV původní úroveň napětí poklesne o **3 dB**. Odečteme dolní mezní frekvenci $f_D = 97 \text{ Hz}$. Nastavíme zpět 1 kHz. Nyní frekvenci postupně zvyšujeme až úroveň napětí vzroste o **3 dB**. Odečteme horní mezní frekvenci $f_H = 262 \text{ kHz}$.
5. **Měření vstupního odporu:** ($f = 1 \text{ kHz}$, $R_E = 0 \Omega$) Připojíme odporovou dekádu do série na vstup zesilovače a nastavíme $R_{dek} = 0 \Omega$. Postupně zvyšujeme její hodnotu odporu až poklesne napětí na výstupu na polovinu (metoda poloviční výchylky) – hodnota odporu dekády je rovna vstupnímu odporu zesilovače $R_{vst} = 6,9 \text{ k}\Omega$ (napětí na výstupu $2,68 \text{ V} \Rightarrow 1,34 \text{ V}$).



6. Odpojíme napájecí napětí a nastavíme rezistor na hodnotu $R_E = 1 \text{ k}\Omega$ (pomocí potenciometru P_2 na přípravku). Opakujeme měření obdobně jako u bodů 2. – 5., frekvence je stále $f = 1 \text{ kHz}$:

Měření maximálního rozkmitu: $U_{Op-p} = 7,2 \text{ V}$ (při $U_{Ip-p} = 3 \text{ V}$).

Měření napět'ového zesílení: $A_U = 2,4$

Měření f_D a f_H : $f_D = 6,5 \text{ Hz}$ (použili jsme citlivější generátor typu SFG 8205 A, protože původní generátor neměl dostatečnou možnost nastavení tak malých frekvencí) a $f_H = 1,42 \text{ Mhz}$

Měření vstupního odporu: $R_{vst} = 46 \text{ k}\Omega$

7. Zhodnocení a odhady chyb

TABULKY

TAB. 1 Srovnávací tabulka výsledných hodnot s a bez zpětné vazby

Veličina	Značka	při $R_E = 0 \Omega$	při $R_E = 1 \text{ k}\Omega^*$
max. rozkmit U	U_{Op-p}	8 V	7,2 V
zesílení U	A_U	111,11	2,4
dolní mez frek.	f_D	97 Hz	6,5 Hz
horní mez frek.	f_H	262 kHz	1,42 MHz
vstupní odpor zes.	R_{vst}	6,9 k Ω	46 k Ω

* hodnoty jsme měřili milivoltmetrem a odečtem z osciloskopu, v tabulce jsou proto uvedeny průměrné hodnoty z obou měření

PŘÍKLAD VÝPOČTU

a) Hodnota odporu R_C :

- je nutno počítat s úbytkem napětí na rezistoru zpětné vazby R_E :

$$U_{Re} = R_E \cdot I_C = 1000 \cdot 0,002 = \underline{\underline{2 \text{ V}}}$$

- pro plné využití zbývajících napětí pro max. rozkmit se U půlí

$$U_{Rc} = \frac{U_{CC} - U_{Re}}{2} = \frac{12 - 2}{2} = \underline{\underline{5 \text{ V}}}$$

- z ohmova zákona již určíme velikost kolektorového rezistoru

$$R_C = \frac{U_{Rc}}{I_C} = \frac{5}{0,002} = \underline{\underline{2,4 \text{ k}\Omega}}$$

- skutečný R_C volíme nejbližší vyšší z řady **$R_C = 2,7 \text{ k}\Omega$**

b) Napěťové zesílení:

$$A_U = \frac{U_{Op-p}}{U_{Ip-p}} = \frac{8}{0,072} = \underline{\underline{111,11}}$$

Pozn.: pro výpočet jsem použil hodnoty špička-špička bez přepočtu na efektivní hodnotu (poměr napětí je stejný)

ZÁVĚR

Chyby měření

- a) Rozkmit napětí: odečtem hodnot z osciloskopu 5-10 % nebo chybou milivoltmetru (na plném rozsahu 4 %)
- b) Napěťové zesílení: chyba je dána předchozími měřeními (5-10 %)
- c) Mezní frekvence: chyba měřících přístrojů byla minimální, jelikož výpočet je dán poměrem obou napětí, chyba až 5 % vznikala na generátoru, protože frekvenci jsme odečítali z mechanického kotouče
- d) Vstupní odpor: chyba odporové dekády (pod 1 %) + chyba milivoltmetru a hlavně odečtu úrovní na něm. Celkem tak 7 %.

Zhodnocení

- a) signál na výstupu zesilovače je zkreslený (nestejná šířka kladné a záporné amplitudy) – nedostatek zesilovače
- b) přidáním odporu R_E – zpětné vazby se sníží zesílení (v našem měření 46 krát), zvýší se šířka přenosového pásma (v našem měření 5,5 krát) a zvětší se vstupní odpor zesilovače (v našem měření 6,5 krát)