

OPERAČNÍ ZESILOVAČ

304 - 4R

Pro všechny body platí $U_{CC} = \pm 15 \text{ V}$ (pokud není uvedeno jinak). Ke každému bodu nakreslete jednoduché schéma zapojení.

- 1. Ověřte měření některé katalogové údaje **OZ MAC 157** (napětíová nesymetrie vstupů rychlost přeběhu, rozkmit výstupního napětí).*
- 2. Zapojte OZ jako neinverzní zesilovač s $A_U = 10$ pro zatěžovací rezistor $R_L = 10 \text{ k}\Omega$.*

Měření ověřte zadanou hodnotu A_U pro frekvenci $f = 1 \text{ kHz}$.

16

MOŘKOVSKÝ TOMÁŠ

M4

3

2000 - 2001

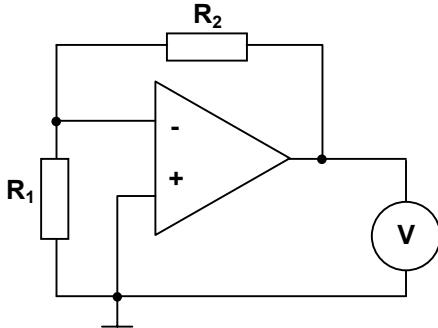
26. 1. 2001

9. 2. 2001

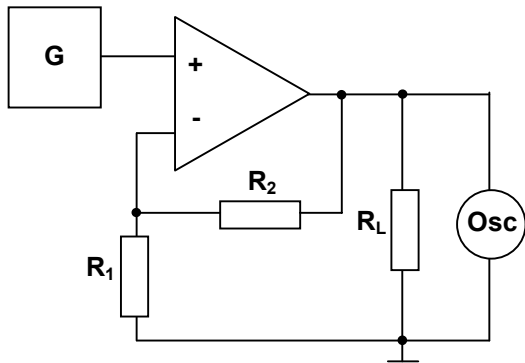
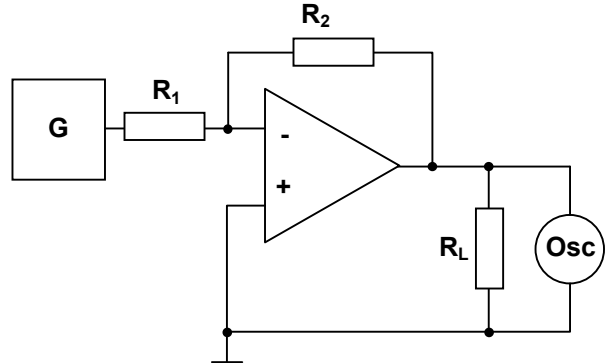
4

SCHÉMA

Obr. 1 Invertující ss zesilovač
(měření napěťové nesym.)



Obr. 2 Invertující ss zesilovač
(měření rychlost přeběhu)



Obr. 3 Neinvertující ss zesilovač
(měření napěť. zesílení)

POUŽITÉ PŘÍSTROJE

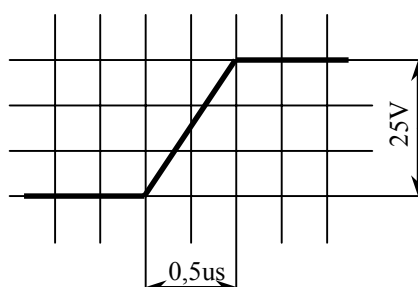
OZN.	PŘÍSTROJ	TYP	EVID. Č.	POZNÁMKA
U_{CC}	Zdroj sym. napětí	BK 125	460	$\pm 15 \text{ V}^*$
G	Generátor funkcí	SGF 8205A	198 / EM	$\delta = 1 \%$
Osc	Osciloskop	HUNG CHANG 3500	---	$\delta = 5 \%$
V	Digitální voltmetr	RTO DMM-3800-18	OPE2-720	$\delta = 2 \%$
OZ	Operační zesilovač	MAC 157	---	Přípravek
R_1	Odporové dekády	METRA XL6	E65-01	$\delta = 0,2 \%$
R_2	Odporové dekády	METRA XL6	E65-02	$\delta = 0,2 \%$
R_L	Zatěžovací R	207/10	---	$\delta = 0,2\%$

* Tímto zdrojem byl napájen OZ

Pozn.: chyby jsou uvedeny již při konkrétních hodnotách měření

POSTUP MĚŘENÍ

1. **Napět'ová nesymetrie U_{IO}** - zapojení dle obrázku č. 1 (ss invertující zesilovač, oba vstupy uzemněny – invertující vstup přes odpor R_1 , zesílení $A_u = 10$, $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$). Přepínač (na přípravku) pro úpravu offsetu byl v poloze OFF. Na výstupu jsme naměřili 10-ti násobek U_{IO} .
2. **Rychlost přeběhu RS** – zapojení dle obrázku č. 2 (ss invertující zesilovač, neinvertující vstup uzemněn – invertující vstup je přes odpor R_1 připojen ke generátoru obdélníkového signálu o vysoké frekvenci $f = 100 \text{ kHz}$, zesílení $A_u = 10$, $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$). Na výstupu připojen osciloskop. Na obrázku níže je náčrt vzestupné hrany.



3. **Rozkmit výstupního napětí U_{2PP}** - zapojení dle obrázku č. 2 (ss invertující zesilovač, neinvertující vstup uzemněn – invertující vstup je přes odpor R_1 připojen ke generátoru harmonického signálu, zesílení $A_u = 10$, $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$). Na výstupu připojen osciloskop. Přepínač (na přípravku) pro úpravu offsetu byl v poloze ON (vyladěn). Zvyšujeme amplitudu až do zkreslení.
4. **Ověření hodnoty A_u** - zapojení dle obrázku č. 3 (ss neinvertující zesilovač, neinvertující vstup připojen ke generátoru signálu (sinus) – na invertujícím vstupu je přes odpory R_1 a R_2 vytvořena zpětná vazba z výstupu OZ. Zesílení $A_u = 25$, $R_1 = 500 \Omega$, $R_2 = 20,8 \Omega$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$). Na výstupu připojen osciloskop a DMM. Nesmíme překročit povolený rozkmit.

TABULKY

TAB. 1 Jednotlivé hodnoty odporů a zesílení v daných zapojení.

Hodnota	Obr. 1	Obr. 2	Obr. 3
$R_1 [\Omega]$	500	500	500
$R_2 [\Omega]$	5 000	5 000	20,8
$R_L [\Omega]$	---	10 000	2 000
$A_u [-]$	10	10	25
Offset – přep.	OFF	ON	ON

TAB. 2 Srovnání naměřených hodnot s katalogem.

Veličina	Změřeno	Katalog
Napět'ová. Nesymetrie U_{IO} [mV]	1,49	3 (max. 5)
Rychlost přeběhu RS [V/μs]	50	50 (min. 30)
Rozkmit výstup. napětí U_{2PP} [V]	25	±12 (min. ±10)

TAB. 3 Výsledky měření kontroly zesílení.

	Vstupní napětí	Výstupní napětí	Zadané zesílení	Změřené zesílení
Hodnota	152,5 mV	3,68 V	25	24,13

PŘÍKLAD VÝPOČTU

a) **Napět'ová nesymetrie**

$$A_U = \frac{R_2}{R_1} \quad R_2 = A_U \cdot R_1 = 10 \cdot 500 = \underline{\underline{5 \text{ k}\Omega}}$$

b) **Ověření zesílení** (R_1 volíme 500 Ω)

$$A_U = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad R_2 = (A_U - 1) \cdot R_1$$

$$R_2 = \frac{R_1}{A_U - 1} = \frac{500}{25 - 1} = \underline{\underline{20,83 \Omega}}$$

Pozn.: vzorce pro výpočet A_U vycházejí z obecných vztahů pro invertující a neinvertující zesilovače.

ZÁVĚR

Chyby měření

Při všech měření byly použity odporové dekády, na kterých vznikaly nepřesnosti (cca do 2 %). Při měřeních jsme využívali osciloskop, kde jsme se největší chyby dopustili odečtem hodnot (okolo 5 %) – zejména při ověřování rychlosti přeběhu a maximálního rozkmitu.

Dalším měřicím přístrojem byl DMM, který nám nebyl schopen zcela přesně určit hodnotu napětí na vstupu a výstupu OZ při ověřování zesílení (bylo vhodnější použít přesnější milivoltmetr).

Zhodnocení

1. Na osciloskopu jsme mohli pozorovat vysokofrekvenční šum, který vznikal na výstupu přípravku – odstraněn připojením kondenzátoru $C = 100 \text{ nF}$ mezi výstup OZ a zem.
2. Všechny změřené veličiny byly v normálu ve srovnání s katalogem, většinou dosahovaly lepších hodnot.
3. Změřené zesílení od zadaného se liší jen o 3,5 %, což lze považovat za dobrý výsledek vzhledem k chybám odporových dekád, které jsme nemohly ani tak přesně nastavit, a k chybě DMM.