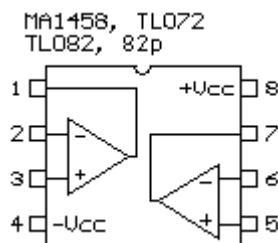


## Měření statických parametrů operačních zesilovačů

Úkolem cvičení je změřit statické parametry reálného operačního zesilovače. Měřit se budou parametry  $A_{OL}$ ,  $Z_{OUT}$ , CMR a  $U_{IO}$ . Rozmístění vývodů v pouzdrech operačních zesilovačů, se kterými se při měření pravděpodobně setkáte, je následující:



Měření  $A_{OL}$  a  $Z_{OUT}$ :

Trocha teorie:

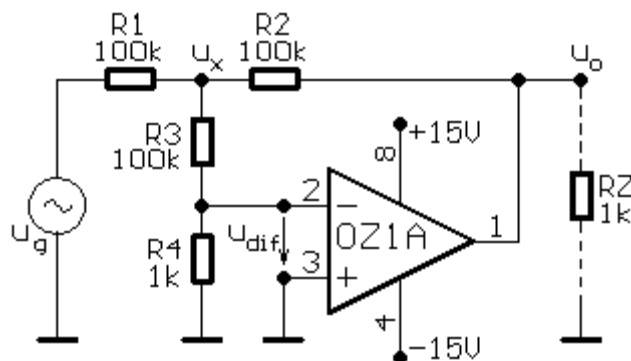
**Zesílení v otevřené smyčce  $A_{OL}$**  operačního zesilovače (OZ) je dáno poměrem výstupního napětí  $u_o$  ku diferenčnímu napětí  $u_{dif}$  mezi vstupy OZ.

$$A_{OL} = \frac{u_o}{u_{dif}}$$

Vzhledem k tomu, že operační zesilovače mají z důvodu stability zavedenu kmitočtovou korekci, je nutno měřit  $A_{OL}$  na kmitočtu, na kterém se ještě kmitočtová korekce neuplatňuje, tj. na velmi nízkém kmitočtu (max. 5 Hz).

Výstup operačního zesilovače se chová jako ideální zdroj napětí v sérii s **výstupní impedancí  $Z_{OUT}$** . Jelikož se OZ jako zesilovač provozuje vždy se zápornou zpětnou vazbou (ZZV), nelze  $Z_{OUT}$  změřit z poklesu výstupního napětí po připojení zátěže, protože OZ tento pokles vlivem ZZV vyrovná. Mechanismus vyrovnání poklesu výstupního napětí po připojení zátěže ale způsobí, že dojde k nárůstu diferenčního napětí mezi vstupy OZ a právě z tohoto nárůstu lze  $Z_{OUT}$  určit.

Schéma:



## Postup měření:

**Měření  $A_{OL}$ :**

1. Obvod zapojte na pracovní destičce podle schématu, zátěž  $R_Z$  zatím nepřipojujte. Nezapomeňte na napájení OZ.
2. Na vstup připojte generátor sinusového signálu o kmitočtu max. 5 Hz.
3. Jedním kanálem osciloskopu měřte  $u_x$ , druhým kanálem  $u_o$ .
4. Amplitudu sinusového signálu z generátoru nastavte na 10V, výstupní napětí  $u_o$  musí být nezkreslené sinusové.
5. Na osciloskopu odečtěte amplitudu napětí  $u_x$  a  $u_o$ . Napětí  $u_x$  je rovno stonásobku diferenčního napětí  $u_{dif}$ , napětí  $u_o$  je odpovídající výstupní napětí. Zesílení  $A_{OL}$  lze tedy vypočítat z výše zmíněného vztahu:

$$A_{OL} = \frac{u_o}{u_{dif}}$$

přičemž

$$u_{dif} = \frac{u_x}{100}$$

a tedy

$$A_{OL} = 100 \cdot \frac{u_o}{u_x}$$

**Měření  $Z_{OUT}$ :**

6. K obvodu nastavenému podle bodu 4 připojte zátěž  $R_Z$ .
7. Na osciloskopu odečtěte amplitudu napětí  $u_x$  a  $u_o$ . Pokud se amplituda napětí  $u_o$  znatelně změnila (poklesla) oproti stavu bez zátěže, došlo patrně k přetížení výstupu OZ a je nutno zvolit menší zátěž (tj. větší  $R_Z$ ). Napětí  $u_x$  by se mělo oproti bodu 5 zvětšit, označíme tuto hodnotu  $u_{xz}$ .
8. Výstupní impedance  $Z_{OUT}$  je dána nárůstem  $u_x$  po připojení zátěže a velikostí zátěže. Vztah pro její výpočet je následující:

$$Z_{OUT} = R_Z \frac{u_{xz} - u_x}{u_x}$$

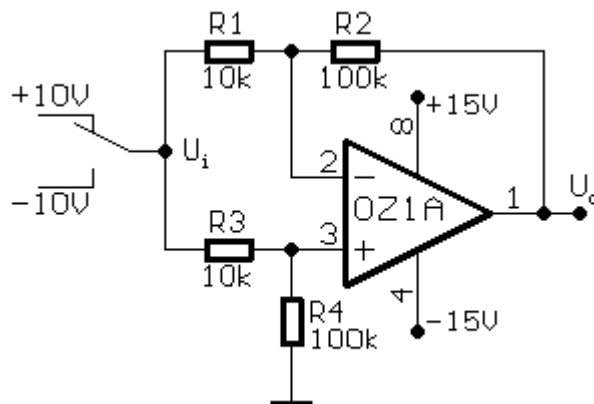
## Měření CMR:

## Trocha teorie:

Reálný OZ kromě vstupního diferenčního napětí zesiluje též vstupní souhlasné napětí, což je nežádoucí vlastnost. Pokud na vstupu OZ dojde ke změně souhlasného napětí o  $\Delta U_s$ , projeví se to na výstupu OZ změnou o  $\Delta U_o$ . **Činitel potlačení souhlasného signálu CMR** je definován jako poměr těchto změn:

$$CMR = 20 \cdot \log \frac{\Delta U_s}{\Delta U_o}$$

Schéma:



Postup měření:

1. Obvod zapojte na pracovní destičce podle schématu.
2. Na vstupu OZ je potřeba vytvořit změnu souhlasného napětí o 2/3 napájecího napětí OZ a změřit odpovídající změnu výstupního napětí. Nejprve tedy na vstup operační sítě přiveďte ze ss zdroje +10V a změřte výstupní napětí (označte  $U_{o1}$ ), poté přiveďte na vstup sítě napětí -10V a opět změřte výstupní napětí (označte  $U_{o2}$ ).
3. MR se ze změřených hodnot vypočte podle vztahu:

$$CMR = 20 \cdot \log \left( \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{\Delta U_i}{\Delta U_o} \right)$$

Hodnota  $\Delta U_i$  je změna napětí na vstupu operační sítě (+/-10V, tj. 20V), hodnota  $\Delta U_o$  je odpovídající změna napětí na výstupu OZ (tj.  $U_{o1} - U_{o2}$ ). Pro uvedené hodnoty součástek a napětí je tedy:

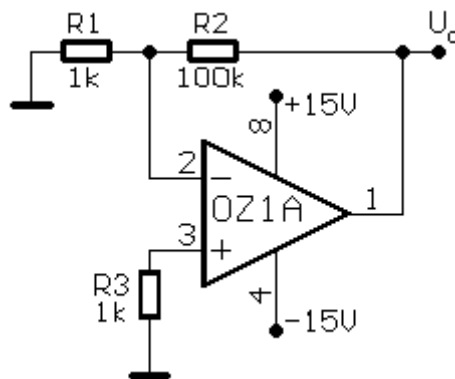
$$CMR = 20 \cdot \log \left( \frac{200}{U_{o1} - U_{o2}} \right)$$

Měření  $U_{IO}$ :

Trocha teorie:

Další nežádoucí vlastností reálného OZ je *vstupní napěťová nesymetrie (offset)  $U_{IO}$* . Je definována jako stejnosměrné napětí, které je potřeba přivést mezi diferenční vstupy OZ, aby bylo výstupní napětí nulové. Z praktických důvodů se měří obráceně, na vstup OZ v invertujícím zapojení přivedeme nulové napětí a měříme výstupní napětí. To je rovno vstupní napěťové nesymetrii zesílené nastaveným zesílením.

Schéma:



Postup měření:

1. Obvod zapojte na pracovní destičce podle schématu. Rezistor R3 slouží ke kompenzaci vstupních klidových proudů, jeho hodnota by správně měla být rovna paralelní kombinaci R1 a R2, vzhledem k poměru R1 a R2 volíme  $R3 = R1$ .
2. Vstup zesilovače je uzeměn, výstupní napětí  $U_o$  je tedy dáno vstupní napětí'ovou nesymetrií a zesílením zesilovače. Hodnotu  $U_o$  změřte (ss milivoltmetrem). Hodnotu  $U_{IO}$  vypočítáme ze vztahu:

$$U_{IO} = \frac{U_o}{\frac{R_2}{R_1}}$$

Pro uvedené hodnoty součástek je tedy:

$$U_{IO} = \frac{U_o}{100}$$