

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

# PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

Měření operačního zesilovače

Číslo úlohy

102 - 3R

Zadání

1. Změřte a nakreslete závislost v invertujícím zapojení při stejnosměrném vstupu:
  - a) Změřte a nakreslete závislost výstupního napětí  $U_2$  invertujícího zesilovače s OZ ne zpětnovazebním odporu  $R_2$  při stejnosměrném vstupním napětí  $U_1 = 4\text{ V}$  a vstupním odporu  $R_1 = 20\text{ k}\Omega$ .
  - b) Pro předchozí měření vypočítejte teoretické hodnoty výstupního napětí  $U_2$ . Naměřené a vypočítané hodnoty srovnajte a vypočítejte jejich absolutní odchylku.
2. Měření operačního zesilovače v invertujícím zapojení při střídavém vstupu:
  - a) Měřením ověřte činnost OZ pracujícího jako invertující zesilovač harmonického vstupního napětí  $U_{1,PP} = 4\text{ V}$ ,  $U_{1,AVG} = 2\text{ V}$ ,  $f = 100\text{ Hz}$ , při zpětnovazebním odporu  $R_2 = 80\text{ k}\Omega$ .
  - b) Pro vstupní harmonické napětí (z bodu 2a) a napěťový přenos zesilovače  $a_U = 6\text{ dB}$  změřte a zakreslete časové průběhy vstupního a výstupního napětí zesilovače.

Poř. č.

7

Příjmení a jméno

Askold Horčíčka

Třída

3.B

Skupina

1.

Školní rok

2021/22

Datum měření

8.3.

Datum odevzdání

Počet listů

příprava

Klasifikace

měření

protokol

obhajoba

Protokol o měření obsahuje:

Teoretický úvod

Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

Schéma

Vzor výpočtu

Tabulka použitých přístrojů

Grafy

Postup měření

Závěr

## 1. Teoretický úvod

Operační zesilovač (OZ) je univerzální zesilovací analogový elektronický obvod, který je základním prvkem analogových elektronických systémů. Operační zesilovač je často v praxi pro výpočty nahrazován ideálním operačním zesilovačem. Vlastnosti ideálního operačního zesilovače jsou nekonečně velké zesílení, nekonečně velký vstupní odpor, nulový výstupní odpor, nekonečně široké zesilované kmitočtové pásmo a nulový vlastní šum a zkreslení. Základní OZ má následující vývody → kladný (neinvertující) vstup, záporný (invertující) vstup, výstup a dva napájecí vývody (ty se často ve schématech nekreslí, já je tam mám).

## 2. Měření OZ v invertujícím zapojení při stejnosměrném vstupu

### a) Schéma zapojení

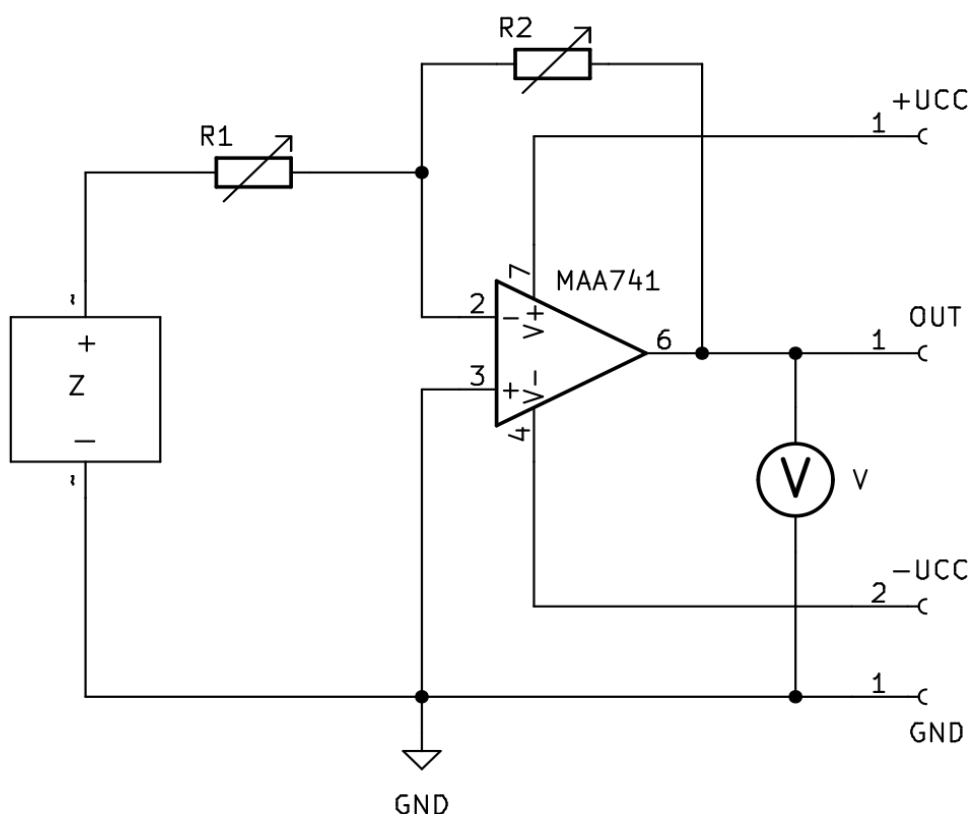


Schéma č. 1

### b) Tabulka použitých přístrojů – Tab. č. 1

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Inventární číslo	Poznámka
V	Voltmetr	MY64	0655	-
R <sub>1</sub>	Odporová dekáda	RLC-D1000	10-1370/11	-
R <sub>2</sub>	Odporová dekáda	RLC-D1000	10-1370/05	-
OZ	Operační zesilovač	MAA741	20-0049/01	-
Z	Zdroj U <sub>1</sub>	-	stůl 7	-

### c) Postup měření

1. Sestavíme zapojení podle schématu.
2. Nastavíme zdroje napětí ve stole na požadované hodnoty.
3. Nastavíme odporové dekády na požadované hodnoty.
4. Změříme napětí na výstupu OZ.
5. Nastavíme odporovou dekádu  $R_2$  na následující hodnotu.
6. Opakujeme body 4 a 5 dokud nezměříme hodnoty  $U_2$  pro všechny požadované hodnoty odporové dekády  $R_2$

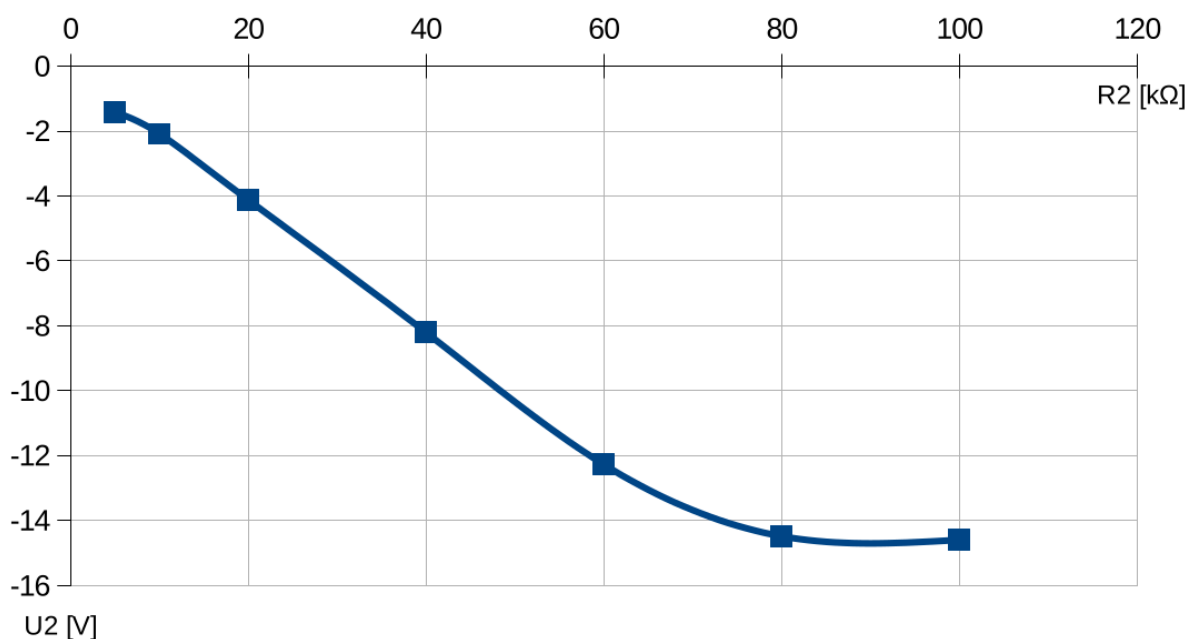
### d) Vzorce pro výpočty hodnot

1. Napěťový přenos pro invertující OZ  $\rightarrow A_u = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$
2. Očekávané výstupní napětí  $\rightarrow U_{2\text{OČEKÁVANÉ}} = A_u * U_1$
3. Absolutní odchylka  $\rightarrow \Delta U_2 = U_{2\text{MĚŘENÉ}} - U_{2\text{OČEKÁVANÉ}}$

### e) Tabulka naměřených a očekávaných hodnot – Tab. č. 2

$U_{cc}$ [V]	$\pm 15$						
$R_1$ [k $\Omega$ ]	20						
$R_2$ [k $\Omega$ ]	5	10	20	40	60	80	100
$U_1$ [V]	4						
$U_{2\text{MĚŘENÉ}}$	-1,08	-2,08	-4,12	-8,21	-12,28	-14,49	-14,50
$U_{2\text{OČEKÁVANÉ}}$	-1	-2	-4	-8	-12	-16	-20
$\Delta U_2$ [V]	0,08	0,08	0,12	0,21	0,28	1,51	5,5

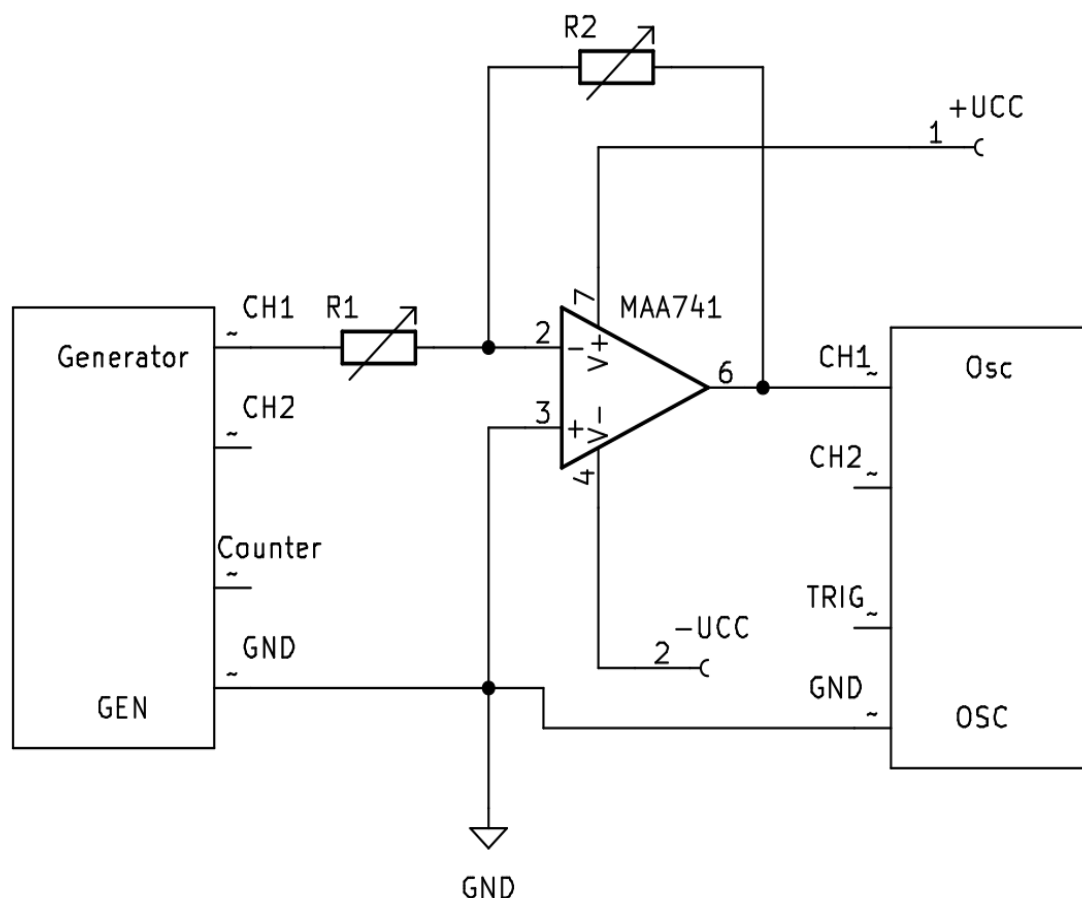
### f) Graf závislosti měřeného výstupního napětí $U_2$ na zpětnovazebním odporu



Graf č. 1

### 3. Měření OZ v invertujícím zapojení při střídavém vstupu

#### a) Schéma zapojení



**Schéma č. 2**

#### b) Tabulka použitých součástek – Tab. č. 3

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Inventární číslo	Poznámka
R <sub>1</sub>	Odporová dekáda	RLC-D1000	10-1370/11	-
R <sub>2</sub>	Odporová dekáda	RLC-D1000	10-1370/05	-
OZ	Operační zesilovač	MAA741	20-0049/01	-
GEN	Generátor	-	Stůl 7	-
Osc	Osciloskop	-	stůl 7	-

#### c) Postup měření

1. Sestavíme zapojení podle schématu.
2. Nastavíme generátor na požadované hodnoty napětí  $U_{pp}$  a periody  $T$ .
3. Nastavíme odporové dekády na požadované veličiny.
4. Měříme požadované hodnoty na osciloskopu.
5. Nastavíme odporovou dekádu  $R_2$  na následující hodnotu.

6. Opakujeme body 4 a 5 dokud nezměříme všechny veličiny pro všechny požadované hodnoty odporové dekády  $R_2$

**d) Výpočet  $A_U$  OČEKÁVANÉ a  $A_U$  ZMĚŘENÉ**

$$A_U = \frac{U_{2PP}}{U_{1PP}} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \rightarrow A_{U \text{ OČEKÁVANÉ}} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \text{ a } A_{U \text{ ZMĚŘENÉ}} = \frac{U_{2PP}}{U_{1PP}}$$

**e) Tabulka naměřených a očekávaných hodnot – Tab. č. 4**

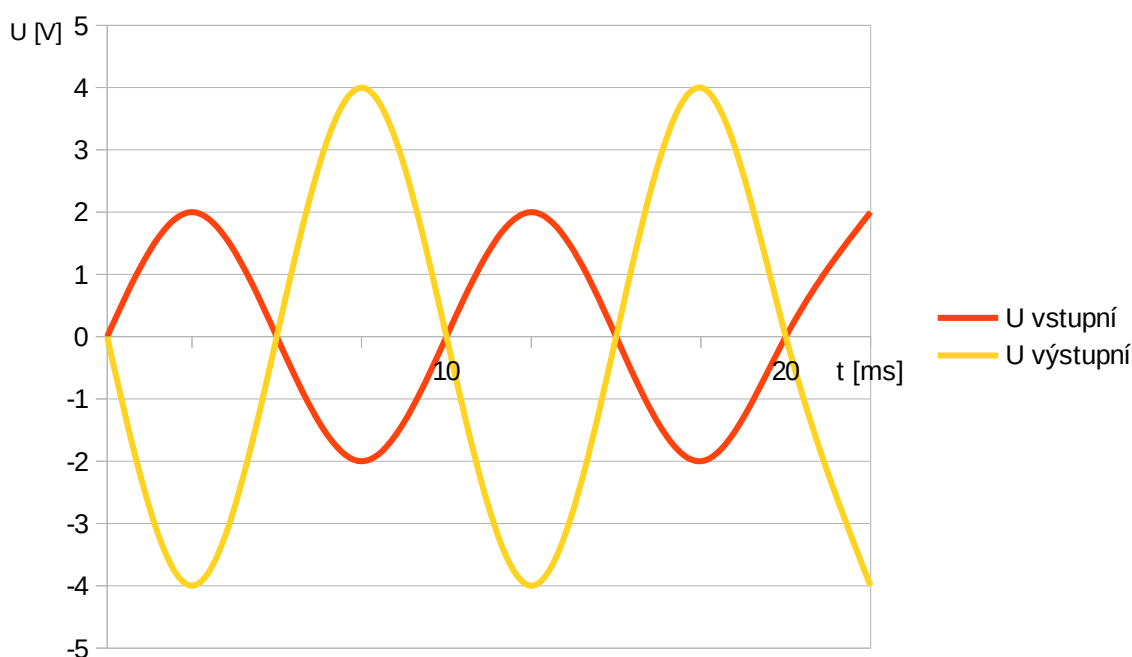
$R_1$ [k $\Omega$ ]	5	10	20	40	60	80	100
$R_2$ [k $\Omega$ ]	80						
$f$ [Hz]	100						
$A_U$ OČEKÁVANÉ [-]	16	8	4	2	1,5	1	0,8
$A_U$ ZMĚŘENÉ [-]	6,8	6,75	4,1	2,05	1,4	1,05	0,85
$U_{1PP}$ [V]	4						
$U_{2PP}$ [V]	27,2	27	16,4	8,2	5,6	4,2	3,4

**f) Výpočet rezistoru  $R_1$  pro zesílení 6 dB**

Zadané hodnoty  $\rightarrow a_U = 6 \text{ dB}$ ,  $R_2 = 80 \text{ k}\Omega$

$$a_u = 20 \cdot \log A_U \rightarrow a_u = 20 \cdot \log \frac{R_2}{R_1} \rightarrow R_1 = \frac{R_2}{10^{\frac{a_u}{20}}} \rightarrow R_1 = \frac{80\,000}{10^{\frac{6}{20}}} \rightarrow R_1 \approx 40\,000 \Omega$$

**g) Časový průběh vstupního a výstupního napětí pro  $a_U = 6 \text{ dB}$**



**Graf č. 2**

#### 4. Závěr

Chyby měření, odchylky od měřených hodnot a očekávaných budou v našem zapojení OZ způsobeny nedokonalostí OZ, chyby měření přístrojů a osciloskopu budou až zanedbatelné. Napět'ové zesílení OZ se dá jednoduše ovládat změnou rezistorů, v našem případě odporových dekád. Dál popíši jednotlivá zapojení podle druhu vstupního signálu.

- a) V prvním zapojení se stejnosměrným zdrojem signálu do OZ jsme zjistili, že se zvyšujícím se napět'ovým zesílením  $A_U$  je zvyšuje i absolutní odchylka  $U_2$  MĚŘENÉ a  $U_2$  OČEKÁVANÉ. Také z tabulky č. 2 můžeme říct, že zesílení 4x je velice nepřesné a zesílení nad 4x už nedává smysl (náš OZ jednoduše nedokáže zesílit na vyšší hodnotu napětí  $U_2$ ), vyššího zesílení by jsme mohli dosáhnout zmenšením napětí  $U_1$  což ale samozřejmě nedává smysl realizovat.
- b) V druhém zapojení se střídavým sinusovým signálem z generátoru a do OZ můžeme nejlépe na grafu č. 2 pozorovat obrácenou fázi výstupního sinusového průběhu vůči tomu vstupnímu, díky tomu víme, že zapojení doopravdy invertuje. Také můžeme vidět, že 6 dB napět'ového zesílení odpovídá zesílení výstupního napětí 2x. Z tabulky č. 4 můžeme říct, že oproti vstupu stejnosměrného signálu, je zapojení se střídavým vstupem více nepřesné, co se týče napět'ového rozptylu  $U_{PP}$ .