

# PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

**NÍZKOFREKVENČNÍ ZESILOVAČ S OZ**

Číslo úlohy

**204-4R**

Zadání

1. Navrhněte a sestavte neinvertující nízkofrekvenční zesilovač s OZ: 741, je-li požadováno: napěťový přenos  $a_U = 22 \text{ dB}$  pro vstupní napětí  $U_I = 0,6 \text{ V}$  a frekvenci  $f = 1 \text{ kHz}$ , napájecí napětí  $\pm 15 \text{ V}$ , zatěžovací rezistor:  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ , rezistor ve zpětné vazbě  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ .
2. Na sestaveném zesilovači změřte pomocí měřicího systému UNIMA:
  - (a) velikost výstupního harmonického napětí  $U_0$  a z toho vypočítejte velikost skutečného napěťového přenosu  $A_U, a_U$ .
  - (b) maximální nezkreslený rozkmit výstupního napětí  $U_{PP_{max}}$  při  $f = 1 \text{ kHz}$ .
  - (c) znatelně omezený rozkmit výstupního napětí  $U_{PP_{max}}$  při  $f = 1 \text{ kHz}$ .
3. Navrhněte vazební kondenzátor CV tak, aby dolní mezní frekvence zesilovače byla  $f_D = 150 \text{ Hz}$  při  $R = 10 \text{ k}\Omega$ . Přenosovou charakteristiku v rozsahu  $10 \text{ Hz}$  až  $50 \text{ kHz}$  zobrazte pomocí systému UNIMA.
4. Na nepájivém poli sestavte dolní propust RC a napěťový sledovač s OZ. Obvod předřaďte kaskádově před nf zesilovač.  $R = 227,4 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $f_H = 7 \text{ kHz}$ .
5. Pomocí UNIMY změřte přenosovou frekvenční charakteristiku obvodu z 4. bodu v rozsahu  $f_{min} = 10 \text{ Hz}$  až  $f_{max} = 50 \text{ kHz}$ .

Poř. č.

PŘÍJMENÍ a Jméno

Třída

Skupina

Školní rok

**26**

**VYKYDAL Jan**

**4A**

**3**

**2014/2015**

Datum měření

Datum odevzdání

Počet listů

Klasifikace

**4.3.**

**24.4.**

**6**

příprava

měření

protokol

obhajoba

Protokol o měření obsahuje: Teoretický úvod

Schéma

Tabulka použitých přístrojů

Postup měření

Tabulky naměřených a vypočtených hodnot

Vzor výpočtu

Grafy

Závěr

## Teoretický úvod

### Dolní propust

Dolní propust je dvojbran, který tlumí signály o frekvenci vyšší než je mezní frekvence tohoto obvodu. Základní pasivní doplní propust se dá vytvořit se dvou pasivních součástek a to: RC, RL a LC. V našem případě byla použita varianta RC a tak si ji popíšeme. RC dolní propust může být tvořena jedním rezistorem a jedním kondenzátorem. Tyto prvky jsou zapojeny jako klasický dělič napětí (kondenzátor je dole a odebíráme z něj výstupní napětí). Tento dělič je frekvenčně závislý a to na aktuální kapacitní reaktanci použitého kondenzátoru. Toto zapojení se někdy také označuje jako integrační článěk. Ale v našem případě by to bylo chybné označení, protože o integračním článku se bavíme tehdy, řešíme-li přechodové děje, nebo-li odezvu na jednotkový impulz.

Vztah pro výpočet mezní frekvence dolní a zároveň také horní propusti:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \Rightarrow R = \frac{1}{2\pi f_0 C} \quad (1)$$

kde:

$f_0$  ..... mezní frekvence  
 $R$  ..... rezistor  
 $C$  ..... kondenzátor

### Horní propust

Jedná se o dvojbran, který potlačuje signály o kmitočtu nižším, nežli je mezní frekvence tohoto filtru. Jedná se o obdobu filtru popsaného výše, s tím rozdílem, že nahradíme pořadí použitých součástek a výstupní napětí budeme odebírat s rezistoru. Pro výpočet mezní frekvence platí stejný vztah, jako pro výpočet mezní frekvence dolní propusti.

### Neinvertující zesilovač s OZ

Neinvertující zesilovač s OZ je zapojení, které zesiluje vstupní signál a přitom neobrací fázi vstupního signálu. Jeho předností je velký vstupní odpor v řádů několika  $M\Omega$ . V našem případě je ale vstupní odpor snižován rezistorem dolní propusti.

Vztah pro výpočet mezní frekvence použitého integračního článku:

$$a_u = 20 \log \frac{R_2}{R_1} + 1 \Rightarrow R_2 = R_1 (10^{\frac{a_u}{20}} - 1) \quad (2)$$

kde:

$a_u$  ..... napěťový zisk  
 $R_1$  ..... rezistor  
 $R_2$  ..... rezistor

### Napěťový sledovač s OZ

Jedná se o takové zapojení OZ, kdy vstupní signál je přiváděn na neinvertující vstup OZ a výstupní signál tvoří zápornou napěťovou zpětnou vazbu. Napěťový sledovač se tomuto obvodu říká proto, že výstupní napětí sleduje napětí vstupní. Jinými slovy  $U_{OUT} = U_{IN}$ . Protože zpětná vazba nám odečte zesílení obvodu. Tento obvod se nejčastěji používá pro oddělování různých obvodů od sebe. Slouží jako impedanční transformace. Na vstupu má obvod velký vstupní odpor v řádu několika  $M\Omega$ . Výstupní odpor je zpravidla nízký a pohybuje se v řádu desítek  $\Omega$ .

## Schémata

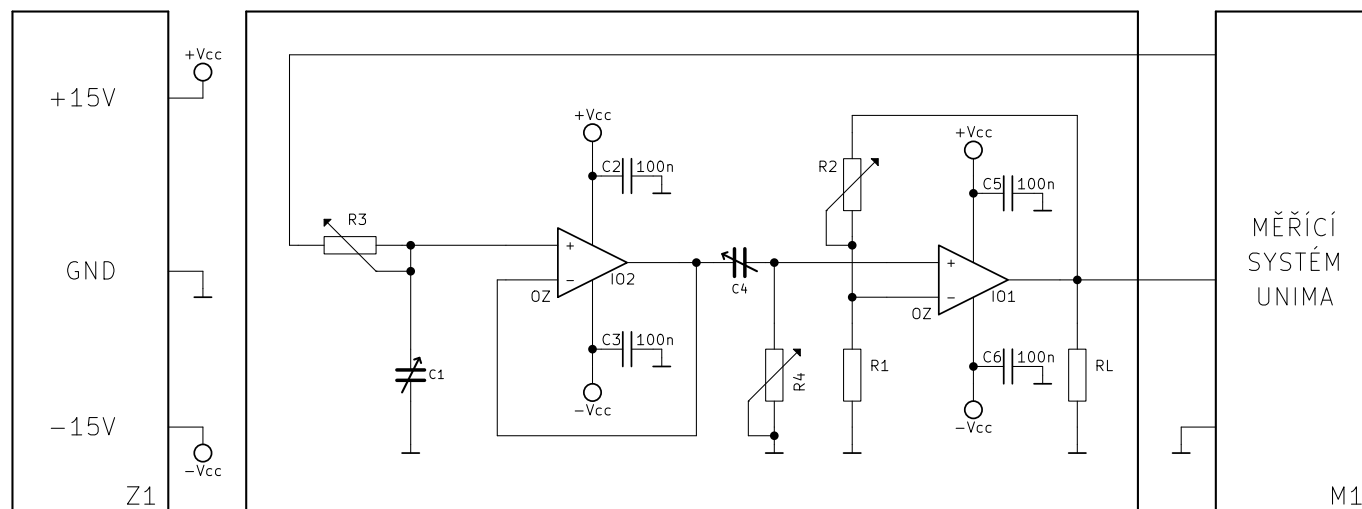


Schéma č. 1: Měřicí zapojení zesilovače

## Tabulka použitých přístrojů

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Evidenční číslo
$Z_1$	symetrický zdroj	TESLA BK-125	0149
$M_1$	měřicí systém UNIMA	—	19 – 0022/01
$C_1$	kapacitní dekáda	—	0258
$C_4$	kapacitní dekáda	—	0259
$R_2$	odporová dekáda	P33	0103
$R_3$	odporová dekáda	P33	0928
$R_4$	odporová dekáda	P33	0257
—	Osciloskop	GOS-620	19-0024/01

Tabulka č. 1: Použité přístroje

## Postup měření

### Zapojení obvodu

- Ze zadaných parametrů dopočítáme požadované hodnoty součástek.
- Součástky, které jsme vypočítali připojíme k měřicímu přípravku.
- K obvodu připojíme měřicí systém UNIMA a zdroj napětí.

## Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

měřená veličina	hodnota	jednotky
$R_H$	10	$[k\Omega]$
$C_H$	106,1	$[nF]$
$R_D$	227,4	$[k\Omega]$
$C_D$	100	$[nF]$

Tabulka č. 2: Vypočítané a zadané hodnoty pro pásmové filtry

měřená veličina	hodnota	jednotky
$U_{I_{max}}$	3	$[V]$
$U_{O_{max}}$	0,5	$[V]$
$A_U$	6	$[-]$
$a_U$	15,59	$[dB]$

Tabulka č. 3: Vypočítané a zadané hodnoty pro pásmové filtry

## Vzory výpočtů

Výpočet zpětnovazebného rezistoru  $R_2$  s použitím vztahu (2)

$$R_2 = R_1(10^{\frac{a_u}{20}} - 1) = 1000(10^{\frac{22}{20}} - 1) = \underline{\underline{11,59 \text{ k}\Omega}}$$

Výpočet kondenzátoru do dolní propusti s využitím vztahu (1)

$$C = \frac{1}{2\pi f_0 R} = \frac{1}{2\pi \cdot 150 \cdot 10^4} \doteq \underline{\underline{106,1 \text{ nF}}}$$

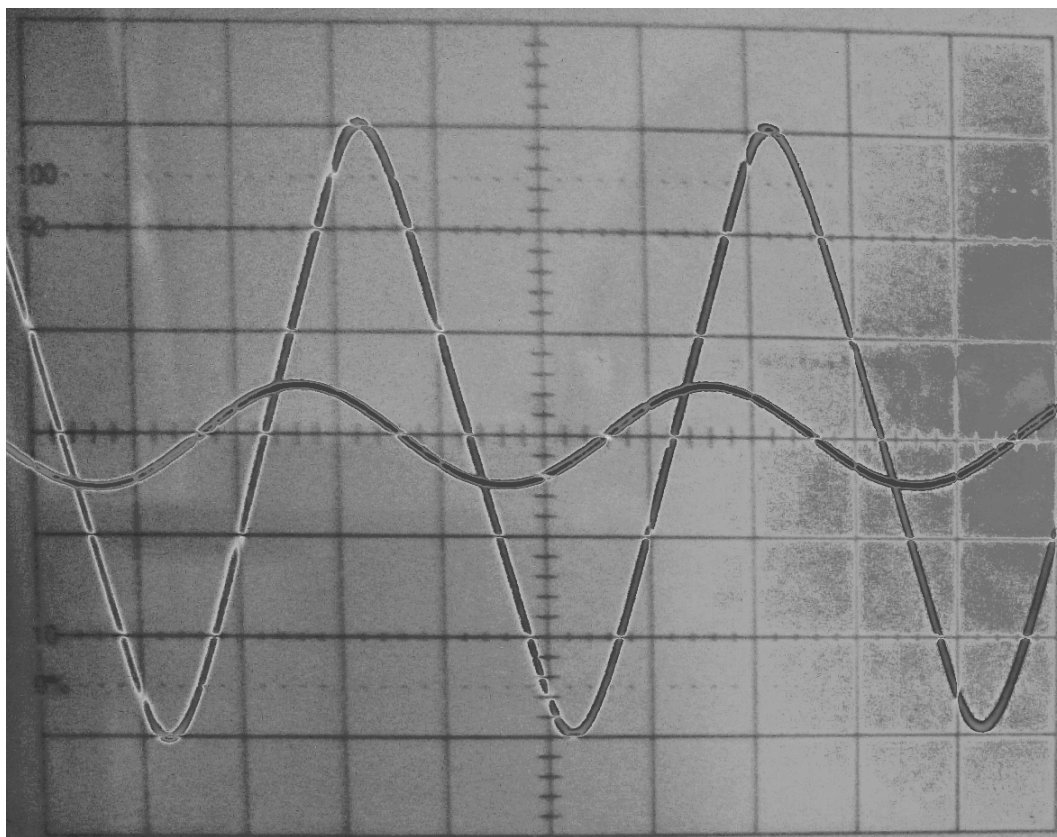
Výpočet napěťového zisku  $A_U$

$$A_U = \frac{U_{O_{MAX}}}{U_{I_{MAX}}} = \frac{3}{0,5} = \underline{\underline{6}}$$

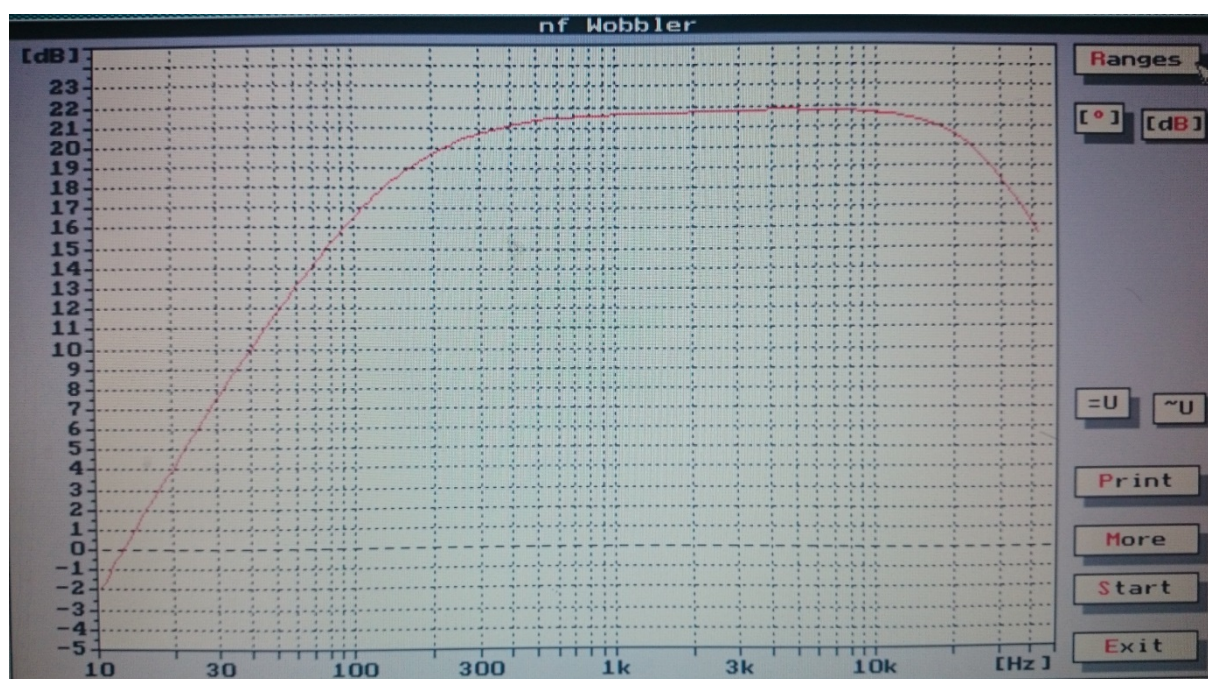
Výpočet napěťového zisku  $a_U$ :

$$a_U = 20 \log A_U = 20 \log 6 \doteq \underline{\underline{15,56 \text{ dB}}}$$

## Grafy

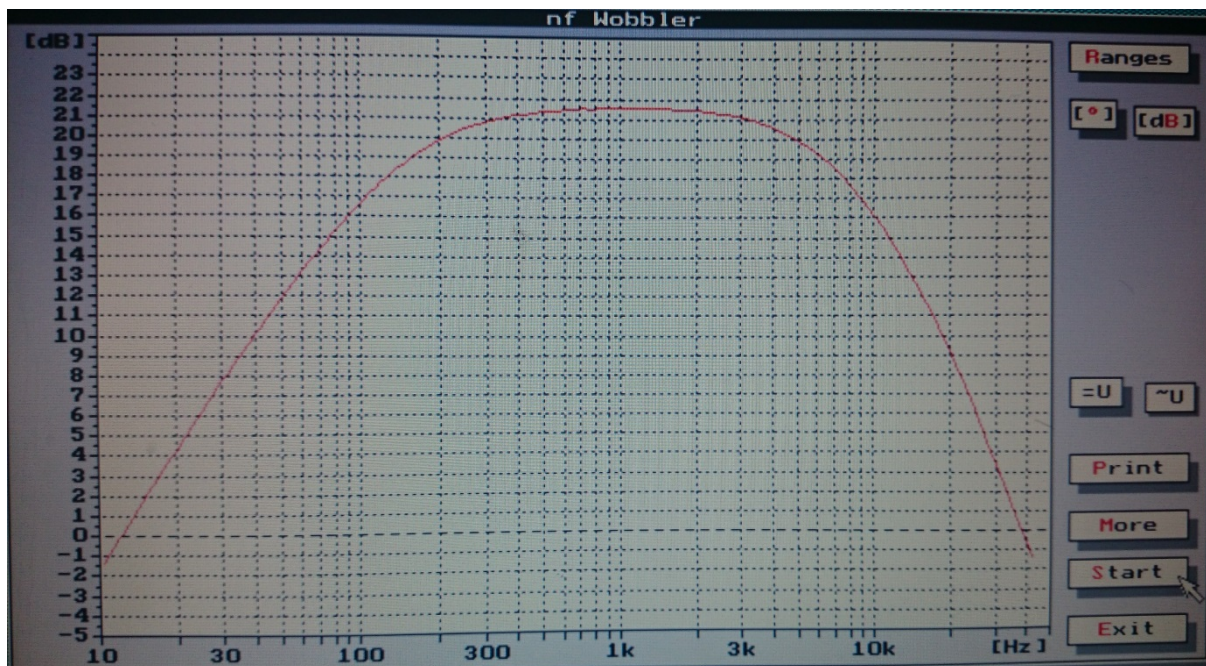


Graf č. 1: Velikost výstupního napětí. ( $0,5 \frac{V}{d}$  a  $5 \frac{\mu s}{d}$ )



Graf č. 2: frekvenční přenosová charakteristika zesilovače s OZ a horní propustí  $a_U = f(f)$





Graf č. 3: frekvenční přenosová charakteristika zesilovače s OZ, horní a dolní propustí a sledovačem  $a_U = f(f)$

## Závěr

### Chyby měřících přístrojů

Uvedená chyba měřícího přístroje UNIMA při měření pomocí módu digitální osciloskop by měla být menší než 1,5 %. Z důvodu použití kapacitních dekád, jsem byl limitován omezeným počtem jmenovitých hodnot, na které jsem musel zaokrouhlit hodnoty použitých kondenzátorů. Procentuální chyby osciloskopu GAS-620 je  $\pm 3\%$ . Tato chyba ovšem není konečná, jelikož je třeba uvažovat i chybu pozorovatele.

### Zhodnocení

1. Navrhl jsem zesilovač, dle zadaných parametrů. Tento zesilovač byl realizován na měřícím přípravku, takže k němu stačilo připojit jen vhodné dekády.
2. Změřil jsem výstupní napětí, které je zobrazeno v grafu číslo 1. a shrnuto v tabulce číslo 3. Dále jsem spočítal napěťový přenos, který vyšel  $A_U = 6$ . S tohoto napěťového přenosu byl ještě spočten napěťový zisk zesilovače  $a_u = 15,59 \text{ dB}$ . Dále byl změřeno špičkové napětí, při kterém obvod začínal deformovat vstupní signál.
3. Dále jsem navrhl a na kontaktním poli zrealizoval napěťová sledovač, horní a dolní RC propust.
4. Obvody s předchozího bodu byli připojeni k měřícímu přípravku, a následně byla změřena frekvenční přenosová charakteristika.
5. V posledním bodu byla změřena frekvenční charakteristika celého obvodu. Tato charakteristika je v grafu číslo 3.