

# PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

**ZESILOVAČ - OSCILÁTOR**

Číslo úlohy

**101-4R**

Zadání

1. Podle přípravku nakreslete schéma zapojení selektivního nf zesilovače, označte všechny součástky a jejich jmenovité hodnoty.
2. Změřte a na *mm* papír zakreslete závislost modulu přenosu na frekvenci  $A_u = f(f)$  u selektivního nf zesilovače nastavte  $P_1 = 7$ ,  $P_2 = 7$ . Určete  $f_0$  a šířku pásma pro pokles zesílení o 3 dB.
3. Realizujte oscilátor ze selektivního nf zesilovače vhodným propojením vstupu a výstupu. Pro  $P_1 = 9$  a  $P_2 = 7$  výstup na hranici limitace. Změřte tyto parametry výstupního napětí  $u_o$  oscilátoru: periodu, frekvenci, rozkmit, efektivní a střední hodnotu.
4. Nakreslete na *mm* papír graf výstupního napětí  $u_o = f(t)$  oscilátoru. Změřené hodnoty z osciloskopu ověřte výpočtem, krok času zvolte  $\frac{T}{8}$ .
5. Změřte a vypočítejte krátkodobou stabilitu frekvence oscilátoru v časovém intervalu 10 minut.

Poř. č.	PŘÍJMENÍ a Jméno			Třída	Skupina	Školní rok	
26	VYKYDAL Jan			4A	3	2014/2015	
Datum měření		Datum odevzdání	Počet listů	Klasifikace			
14.1.		21.1.	8	příprava	měření	protokol	obhajoba
Protokol o měření obsahuje:				Tabulky naměřených a vypočtených hodnot			
Schéma				Vzor výpočtu			
Tabulka použitých přístrojů				Grafy			
Postup měření				Závěr			

# Teoretický úvod

## Selektivní zesilovač

Selektivní zesilovač je zařízení, určené k zesilování signálů úzké části spektra. K potlačení ostatních signálů se používá paralelní laděný obvod zapojený do kolektoru tranzistoru. Tento laděný obvod na rezonanční frekvenci má nejvyšší odpor, tudíž na rezonančním obvodu vzniká větší úbytek napětí než na frekvencích nerezonančních. Použité zapojení je ještě doplněno induktivní vazbou. Tato vazba umožňuje impedanční přizpůsobení obvodu. Tento způsob přizpůsobení je vhodnější, než navázat na kolektor přes vazební kondenzátor rezistor proti zemi, protože by se nám výstupní napětí dělilo mezi námi navázaný odpor a impedanci v kolektoru. Selektivní zesilovače nalézají své uplatnění například v audio technice, kde mohou sloužit k filtrování signálů určených pro různé reproduktory. Další využití tohoto zesilovače je v oscilátorech.

## Oscilátor se selektivním zesilovačem

Pokud bychom chtěli vytvořit obvod, který by oscilloval, založený na kladné zpětné vazbě, tak bychom museli splnit dvě oscilační podmínky. První podmínka je amplitudová. Říká že napěťový přenos zařízení ze kterého chceme udělat oscilátor musí být větší nebo roven jedné. V praxi musí být větší než jedna, protože na vedení dochází ke ztrátám. Navíc použité součástky mají do ideálních velmi daleko a mívají obvykle celou řadu parazitních vlastností. Druhá podmínka je fázová. Říká nám že výsledný fázový posuv obvodu musí být nula.

## Šířka pásma selektivního zesilovače

Jak již bylo řečeno v prvním odstavci, selektivní zesilovač je určen k zesilování úzké části spektra. Zesilované pásmo je dáno vztahem:

Vztah pro výpočet šířky pásma:

$$B = f_H - f_D \quad (1)$$

kde:

$B$  ..... šířka pásma  
 $f_H$  ..... horní mezní frekvence  
 $f_D$  ..... dolní mezní frekvence

Horní a dolní mezní frekvence se poznají velmi snadno. Jsou definovány jako frekvence při nichž napěťový přenos klesne o 3 dB oproti mezní frekvenci.

Vztah pro výpočet napěťového přenosu:

$$A_u = \frac{U_O}{U_I} \quad (2)$$

kde:

$A_u$  ..... napěťový přenos  
 $U_I$  ..... vstupní napětí  
 $U_O$  ..... výstupní napětí

Odvození  $A_u$  pro pokles o 3 dB

$$\begin{aligned} a_u &= 20 \log A_u \\ -3 &= 20 \log A_u \\ 10^{-\frac{3}{20}} &= A_u \end{aligned} \quad (3)$$

kde:

$A_u$  ..... napěťový přenos  
 $a_u$  ..... napěťový zisk

## Schémata

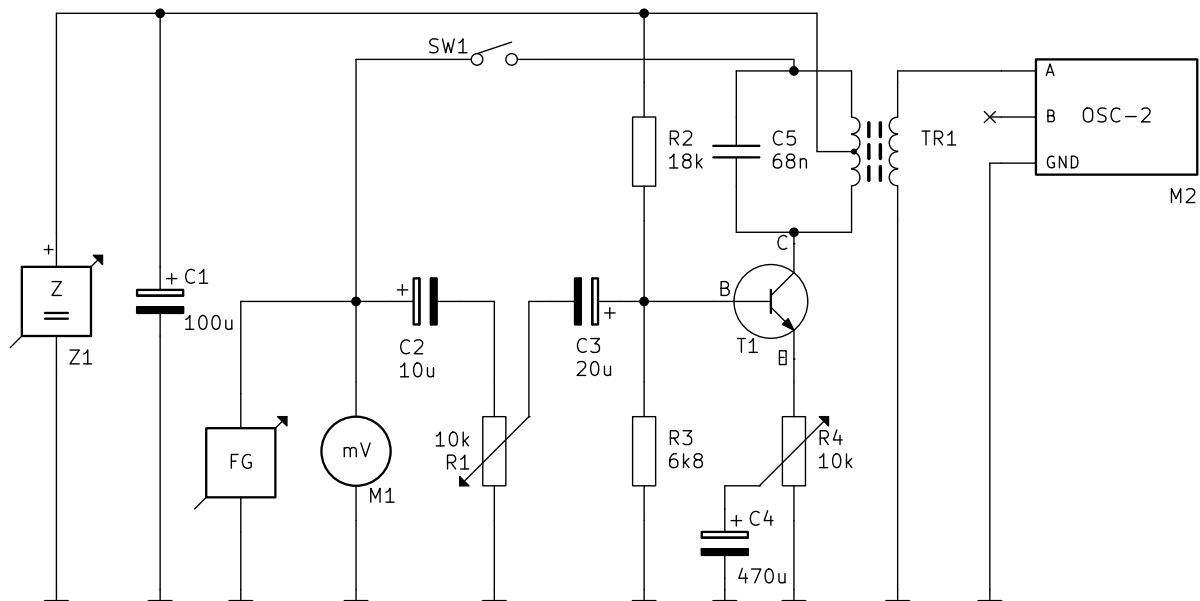
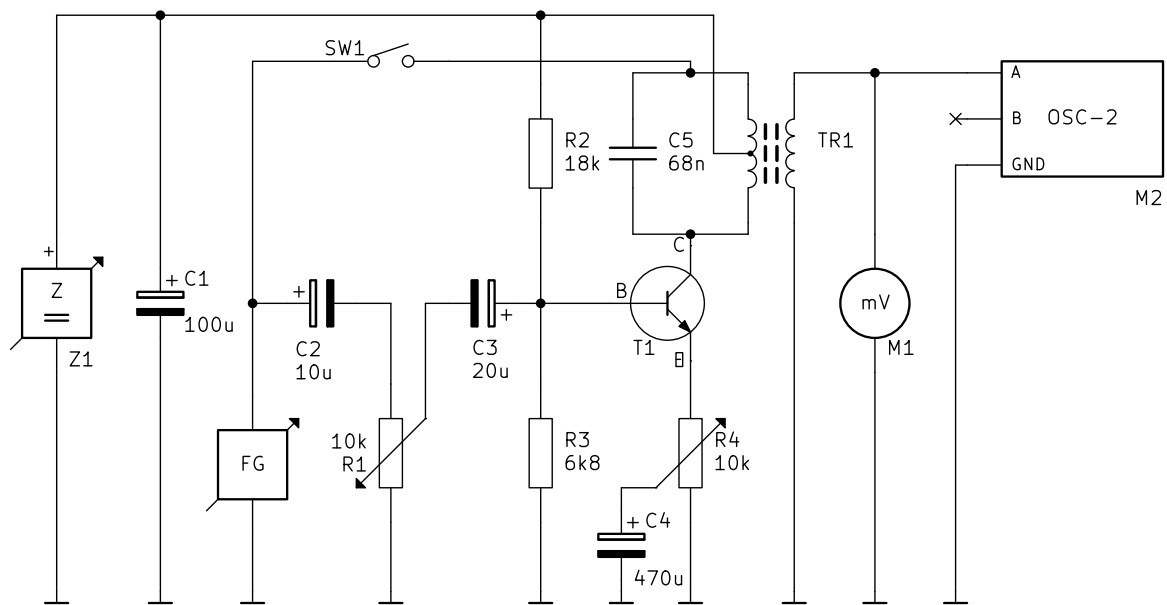


Schéma č. 1: Nastavení referenční úrovně vstupního signálu

Schéma č. 2: Měření závislosti  $A_u = f(f)$

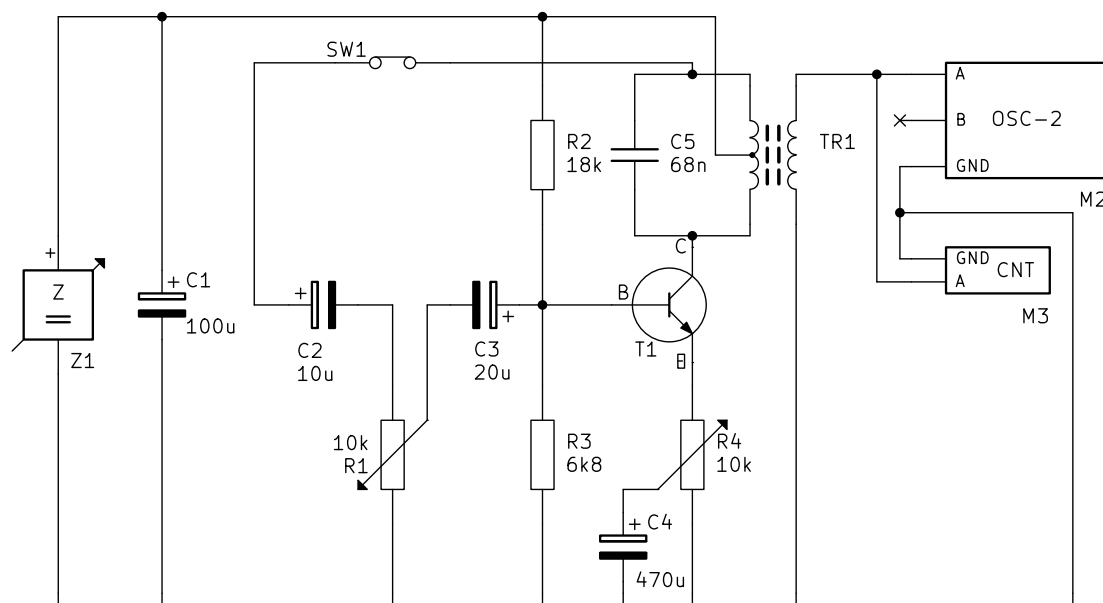


Schéma č. 3: Měření oscilátoru

## Tabulka použitých přístrojů

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Evidenční číslo
$M_1$	milivoltmetr	TESLA BM-597	0210C
$M_2$	osciloskop	RIGOL DS1052E	133001
$M_3$	čítač	U2000	0179b
$FG$	generátor funkcí	GFG-8217A	131101
$Z_1$	regolovaltelný ss. zdroj	TESLA BK-127	0139

Tabulka č. 1: Použité přístroje

## Postup měření

### Analýza obvodu

- Důkladně si prohlédneme měřicí přípravek a identifikujeme jednotlivé součástky.
- Nakreslíme si schéma zapojení. Pokud bude přípravek promiňte mi ten výraz „nasoplený” jako většina přípravků, neobejdete se při analyzování obvodu bez DMM.
- Když máme schéma nakreslené, tak ještě dle prvního budu zadání doplníme hodnoty součástek.

### Měření frekvenční závislosti $A_u = f(f)$

- Zapojíme obvod dle schématu č.1. a nastavíme  $R_1$  a  $R_4$  do poloh dle zadání.
- Na generátoru nastavíme frekvenci od které chceme začít obvod zkoumat.
- Nastavíme si na generátoru požadovanou úroveň. V našem případě jsme zvolili jeden volt. Tuto úroveň budeme považovat za konstantní.

- Zapojíme schéma dle schématu č.2.
- Ladíme na generátoru frekvence a měříme pomocí milivoltmetru odezvu obvodu.
- Když rafička dosáhne maxima, tak si zapíšeme mezní frekvenci a výstupní napětí.
- Dle vztahu (3) si dopočítáme jaké napětí dosáhneme při poklesu o 3 dB.
- Ladíme generátor nad a pod mezní frekvenci až najdeme mezní frekvence. Poznáme je podle toho že milivoltmetr bude ukazovat námi spočítanou hodnotu napětí při poklesu o 3 dB.
- Lazením generátoru si obvod proměříme v okolí propouštěného pásma.

## Měření oscilátoru

- Zapojíme obvod dle schématu č.3. a nastavíme  $R_1$  a  $R_4$  do poloh dle zadání.
- Pomocí digitálního osciloskopu a čítače změříme požadované veličiny.

## Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

č.měření	$f$ [kHz]	$U_O$ [V]
1	1,00	1,50
2	1,10	2,10
3	1,20	2,80
4	1,30	3,20
5	1,40	3,40
6	1,50	3,10
7	1,60	3,00
8	1,70	2,80
9	1,80	2,70
10	1,90	2,40
11	2,60	1,00

Tabulka č. 2: Měření závislosti  $A_u = f(f)$ . Měřeno při  $U_I = 1\text{ V} \Rightarrow A_u$  má stejnou hodnotu jako  $U_O$ , jen nemá jednotku, proto jej v tabulce neuvádím. Chyba pro měření milivoltmetrem je uvedena v dokumentaci,  $\delta_{mv\%} = \pm 6\%$ .

název měřené veličiny	měřená veličina	naměřená hodnota
dolní frekvence zesilovače	$f_D$	1,1478 kHz
rezonanční frekvence zesilovače	$f_o$	1,47675 kHz
horní frekvence zesilovače	$f_H$	1,9062 kHz
šířka pásma	$B$	758,4 Hz

Tabulka č. 3: Důležité frekvenční parametry zesilovače.

název měřené veličiny	měřená veličina	naměřená hodnota
perioda	$T$	$678 \text{ } \mu s$
oscilační frekvence	$f_o$	$1,47675 \text{ } kHz$
maximální hodnota napětí	$U_{MAX}$	$4 \text{ } V$
rozkmit napětí	$U_{PP}$	$7,84 \text{ } V$
efektivní hodnota napětí	$U_{RMS}$	$2,77 \text{ } V$
střední hodnota napětí	$U_{AVG}$	$17,3 \text{ } mV$

Tabulka č. 4: Měření základních parametrů oscilátoru pomocí digitálního osciloskopu.

$t \text{ } [\mu s]$	0	100	200	300	400	500	600	700	800
$u_{osc} \text{ } [V]$	0	2	4	2	-2	-4	-3	0	3
$u_{vyp} \text{ } [V]$	0,000	3,201	3,839	1,403	-2,156	-3,989	-2,628	0,837	3,632

Tabulka č. 5: Měřené a teoretické časové průběhy napětí.

název frekvence	$f \text{ } [kHz]$
$f_1$	1,4768
$f_2$	1,4805
$f_3$	1,4769
$f_4$	1,4768
$f_5$	1,4769
$f_6$	1,4768
$f_7$	1,4773
$f_8$	1,4768
$f_9$	1,4768
$f_{10}$	1,4769
$f_{prum}$	1,4773

Tabulka č. 6: Měření časové stability frekvence.

## Vzory výpočtů

Výpočet šířky pásma provádím dosazením do vztahu (1):

$$B = f_H - f_D = 1,9062 - 1,1478 = \underline{\underline{758,4 \text{ } Hz}}$$

Výpočet průměrné frekvence oscilátoru:

$$f_{prum} = \frac{\sum_{i=1}^{10} f_i}{10} = \underline{\underline{1,4773 \text{ } kHz}}$$

Výpočet teoretické hodnoty výstupního napětí:

$$u(t) = U_{MAX} \sin(2\pi ft + \varphi) = 4 \sin(2\pi \cdot 1,47675 \cdot 10^{-3} \cdot 0 + 0) = \underline{\underline{0 \text{ } V}}$$

Výpočet frekvenční stability:

$$stab = \frac{f_{MAX} - f_{MIN}}{f_{prum}} = \frac{1,4805 - 1,4768}{1,4773} = \frac{37}{14773} = \underline{\underline{0,0025}}$$

## Grafy

# Závěr

## Chyby měřících přístrojů

Procentuální chyba použitého milivoltmetru TESLA BM-579 je uvedena v katalogu pro námi použitý rozsah ( $1 - 30 \text{ V}$ )  $\pm 6 \%$ . Jelikož byl použitý digitální osciloskop, tak v měřeném signálu bude chyby měření způsobená kvantováním. Chybu použitého osciloskopu RIGOL DS1052E se mi ale nepodařila nikde dohledat. Chyba použitého čítače U2000 bohužel na publicku také není k nalezení.

## Zhodnocení

1. Analyzoval jsem obvod měřícího přípravku. Výstupem bylo schéma zapojení se jmenovitými hodnotami použitých prvků.
2. Na  $mm$  papír jsem zaznamenal frekvenční charakteristiku závislosti  $A_u = f(f)$ . Při měření byla zjištěna  $f_D = 1,1478 \text{ kHz}$  a  $f_H = 1,9062 \text{ kHz}$ . S těchto údajů byla spočítána šířka pásma selektivního zesilovače  $B = 758,4 \text{ Hz}$ .
3. Úpravou obvodu jsem získal ze selektivního zesilovače nf oscilátor, který osciluje na průměrné frekvenci  $f_{prum} = 1,4773 \text{ kHz}$ . Byly změřeny parametry zadané v bodu zadání 3 a přehledně shrnuty v tabulce číslo 4. Při měření bylo zjištěno že do výstupu je přimíchána stejnosměrná složka  $U_{AVG} = 17,3 \text{ mV}$ .
4. Na milimetrový papír byl zakreslen graf výstupního napětí oscilátoru a to jak naměřených hodnot, tak i spočítaných hodnot teoretických. Bylo zjištěno že výstupní napětí zjevně obsahuje další harmonické, protože s teoretickým hodnotám úplně neodpovídá.
5. V posledním bobu zadání byla shrnuta stabilita frekvence oscilátoru, která byla stanovena výpočtem uvedeným výše. Koeficient frekvenční stabilizace vyšel  $0,0025$ . Při měření nejvyšší naměřená frekvence byla  $f_{MAX} = 1,4805 \text{ kHz}$ . Nejnižší naměřená frekvence dosáhla hodnoty  $f_{MIN} = 1,4768 \text{ kHz}$ . Průměrná frekvence byla spočtena s deseti naměřených hodnot měřených v minutových intervalech zaznamenaných do tabulky číslo 6. Její hodnota je  $f_{prum} = 1,4773 \text{ kHz}$ .