

PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

AKTIVNÍ RC FILTR

Číslo úlohy

103-4R

Zadání

1. Navrhněte aktivní doplnopropustný filtr 1. řádu s neinvertujícím zapojením OZ a RC členem, je-li požadována mezní frekvence $f_M = 1,5 \text{ kHz}$ a napěťový přenos OZ $a_{U_{oz}} = 10 \text{ dB}$. Kapacitu RC členu volte $C_1 = 150 \text{ nF}$.
2. Metodou bod po bodu změřte přenosovou frekvenční charakteristiku $a_U = f(f)$ v pásmu od $f_{MIN} = 100 \text{ Hz}$ do $f_{MAX} = 100 \text{ kHz}$.
 - (a) RC členu
 - (b) RC členu a OZVelikost vstupního napětí volte 1 V_{RMS} .
3. Změřené přenosové frekvenční charakteristiky $a_U = f(f)$ nakreslete na mm papír / na PC do jednoho grafu.
4. Pro $f = 2 \text{ kHz}$ změřte fázový posun φ mezi vstupním a výstupním napětím:
 - (a) RC členu
 - (b) OZ
 - (c) celého filtru

Poř. č.	PŘÍJMENÍ a Jméno	Třída	Skupina	Školní rok		
26	VYKYDAL Jan	4A	3	2014/2015		
Datum měření		Datum odevzdání	Počet listů	Klasifikace		
3.12.		10.12.	9	příprava	měření	protokol obhajoba
Protokol o měření obsahuje:						
Teoretický úvod			Tabulky naměřených a vypočtených hodnot			
Schéma			Vzor výpočtu			
Tabulka použitých přístrojů			Grafy			
Postup měření			Závěr			

Teoretický úvod

Aktivní filtr

Aktivní filtr je elektronický obvod určený k filtraci vstupního signálu. Skládá se s pasivního filtru a zesilovče. Na rozdíl od pasivních filtrů je signál který projde filtrem zesílen. Díky této vlastnosti může být kompenzován útlum způsobený pasivním filtrem, nebo může docházet k většímu potlačení nežádoucích signálů (Zvětšení rozdílu mezi žádoucími a nežádoucími signály).

Pasivní filtr

Pasivní filtr je elektronický obvod realizovaný ze základních elektronických součástek: R , L , C , který slouží k upravení, nebo ke korekci vstupního signálu. V našem případě je použit dolní propust tvořená integračním článkem, která se skládá s rezistoru R_1 a kondenzátoru C_1 . Jednou z nejdůležitějších vlastností frekvenčních filtrů je mezní frekvence. Tato frekvence říká kdy je signál utlumen o 3 dB.

Vztah pro výpočet mezní frekvence použitého integračního článku:

$$f_M = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \Rightarrow R_1 = \frac{1}{2\pi f_M C_1} \quad (1)$$

kde:

f_M mezní frekvence
 R_1 rezistor
 C_1 kondenzátor

Zesilovač

Zesilovač je zařízení, které zesiluje vstupní signál. V této úloze je realizován pomocí operačního zesilovače MAA741 a rezistorů R_2 a R_3 zapojeného jako neinvertující zesilovač. Hlavním parametrem zesilovače je jeho napěťový přenos.

Vztah pro výpočet napěťového přenosu operačního zesilovače v neinvertujícím zapojení:

$$a_U = 20 \log 1 + \frac{R_2}{R_3} \quad (2)$$

kde:

a_U napěťový přenos
 R_2 rezistor
 R_3 rezistor

Schémata

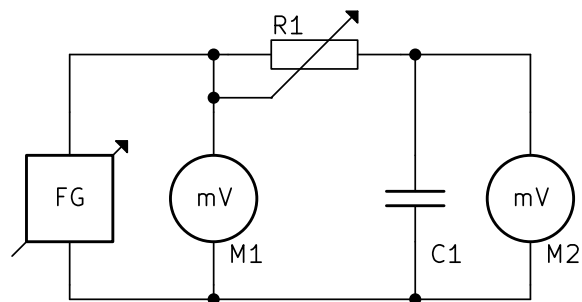


Schéma č. 1: Měření napětového přenosu integračního článku

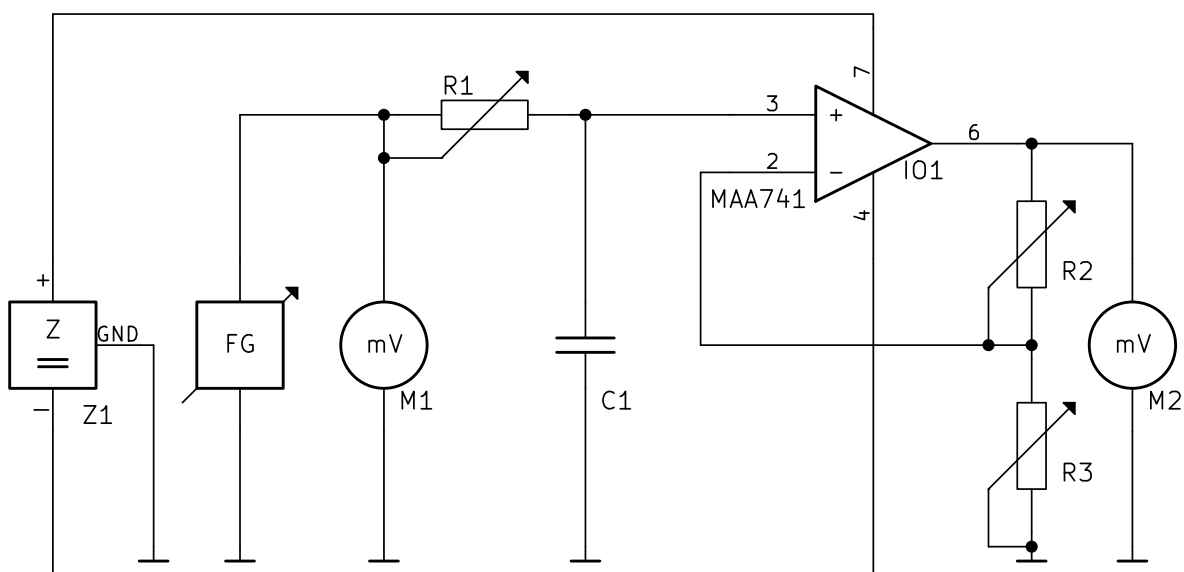


Schéma č. 2: Měření napětového přenosu celého filtru

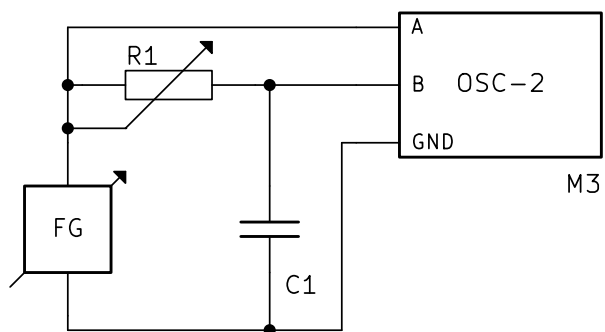


Schéma č. 3: Měření fázového posunu mezi vstupním a výstupním napětím integračního článku

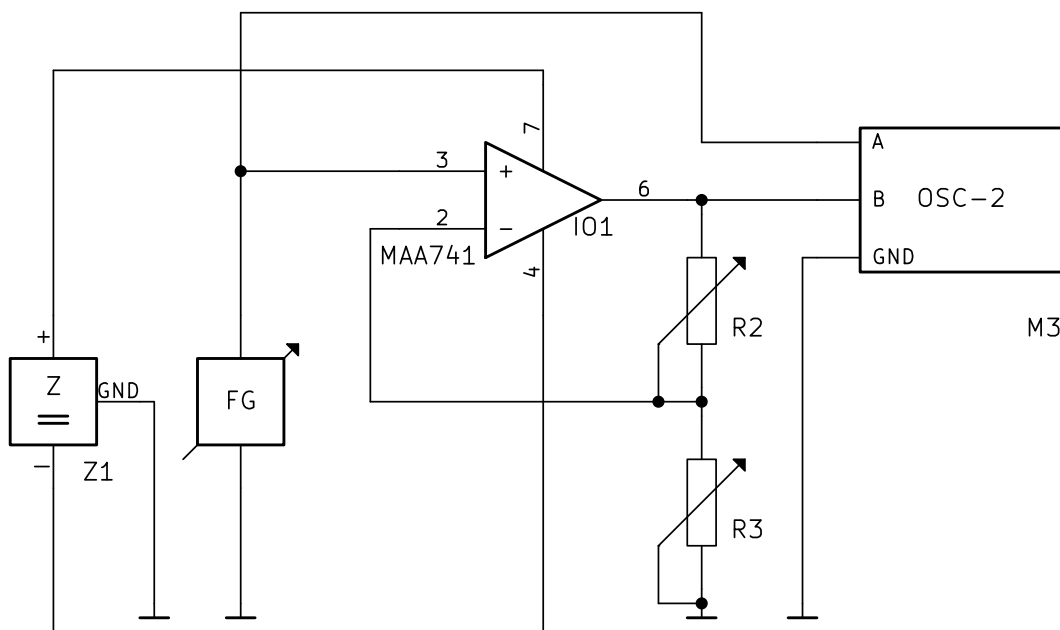


Schéma č. 4: Měření fázového posunu mezi vstupním a výstupním napětím operačního zesilovače

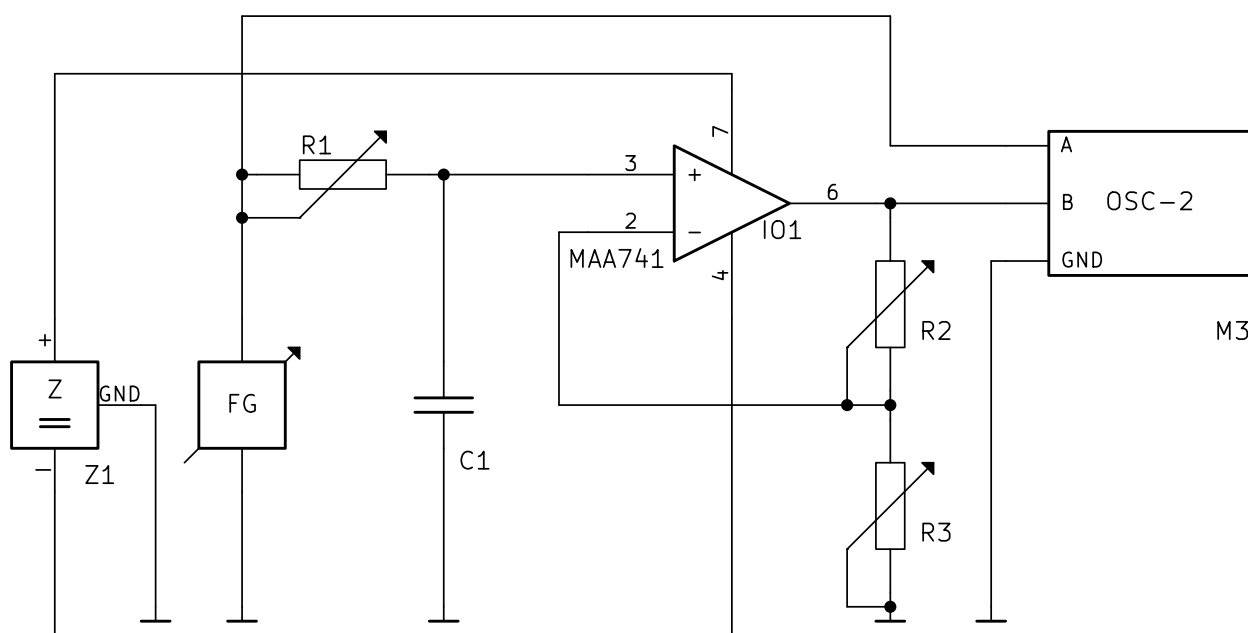


Schéma č. 5: Měření fázového posunu mezi vstupním a výstupním napětím celého filtru

Tabulka použitých přístrojů

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Evidenční číslo
M_1	milivoltmetr	TESLA BK-128	0132
M_2	milivoltmetr	TESLA BK-128	0133
M_3	osciloskop	GOS-620	0650
R_1	odporová dekáda	P33	0101
R_2	odporová dekáda	—	0256
R_3	odporová dekáda	—	0257
Z_1	symetrický zdroj	TESLA BK-125	0159
FG	generátor funkcí	GFG-8219A	10 – 132901

Tabulka č. 1: Použité přístroje

Postup měření

Měření frekvenční přenosové charakteristiky metodou bod po bodu

- Zapojíme obvod dle schématu č. 1.
- Na výstup generátoru funkcí nastavíme kosinusové napětí $U_{RMS} = 1\text{ V}$
- Měníme frekvenci generovanou generátorem v rozsahu od F_{MIN} do f_{MAX} , přičemž v okolí mezní frekvence měníme výstupní frekvenci po menších skocích než za mezní frekvencí nebo před ní.
- Při každé změně frekvence si zapíšeme efektivní hodnotu napětí s měřidla M_2 .
- Tento postup opakujeme i pro schéma č. 2.

Měření fázového posunu metodou Lissajousových obrazců

- Zapojíme obvod dle schématu č.3.
- Na generátoru nastavíme frekvenci $f = 2\text{ kHz}$.
- Nastavíme osciloskop do módu X-Y.
- Posuneme zobrazený obrazec tak, aby byl bodově souměrný podle ocejchovaného středu obrazovky.
- Spočítáme kolik dílků zabírá polovina výšky zobrazeného obrazce
- Spočítáme kolik dílků od středu obrazec protíná Y-novou osu.
- S naměřených hodnot spočítáme fázový posun.
- Měření opakujeme i pro schéma č. 3, 4 a 5.

Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

č. m.	f [Hz]	U_{2RC} [V]	$\delta_{\%U_{2RC}}$	$a_{U_{RC}}$ [dB]	U_{2RCOZ} [V]	$\delta_{\%U_{2RCOZ}}$	$a_{U_{RCOZ}}$ [dB]
1	100	1,00	4,000	0,000	3,00	4,000	9,542
2	800	0,88	4,545	-1,110	2,60	4,615	8,299
3	900	0,84	4,762	-1,514	2,50	4,800	7,959
4	1000	0,82	4,878	-1,724	2,40	5,000	7,604
5	1100	0,80	5,000	-1,938	2,30	5,217	7,235
6	1200	0,76	5,263	-2,384	2,20	5,455	6,848
7	1500	0,68	5,882	-3,350	2,00	6,000	6,021
8	1800	0,61	6,557	-4,293	1,80	6,667	5,105
9	40000	0,04	10,000	-27,959	0,10	4,000	-20,000
10	100000	0,01	4,000	-40,000	0,04	10,000	-27,959

Tabulka č. 2: napěťové přenosy a_U integračního článku (index RC) a celého filtru (index $RCOZ$) měřeno při $U_1 = 1 V_{RMS}$

měřený obvod	Y_1	Y_2	$\sin(\varphi)$	φ
RC	14	10	0,714	$45^\circ 35' 5''$
OZ	11	1	0,091	$5^\circ 12' 57''$
RCOZ	8	6	0,750	$48^\circ 35' 25''$

Tabulka č. 3: fázové posuny získané pomocí metody Lissajousových obrazců, Y_1 znamená počet dílků od 0 do 1 na ose y, Y_2 znamená počet dílků od 0 do průsečíku osy y se zobrazovaným obrazcem

Vzory výpočtů

Výpočet odporu rezistoru R_1 provádím dosazením do vztahu (1):

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_M C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-9}} \doteq \underline{\underline{707 \Omega}}$$

Výpočet odporu rezistoru R_2 provádíme dosazením do upraveného vztahu (2) před výpočtem je třeba určit odpor rezistoru $R_3 = \underline{\underline{10 k\Omega}}$:

$$R_2 = (10^{\frac{a_U}{20}} - 1) \cdot R_3 = (10^{\frac{10}{20}} - 1) \cdot 10^4 \doteq \underline{\underline{22 k\Omega}}$$

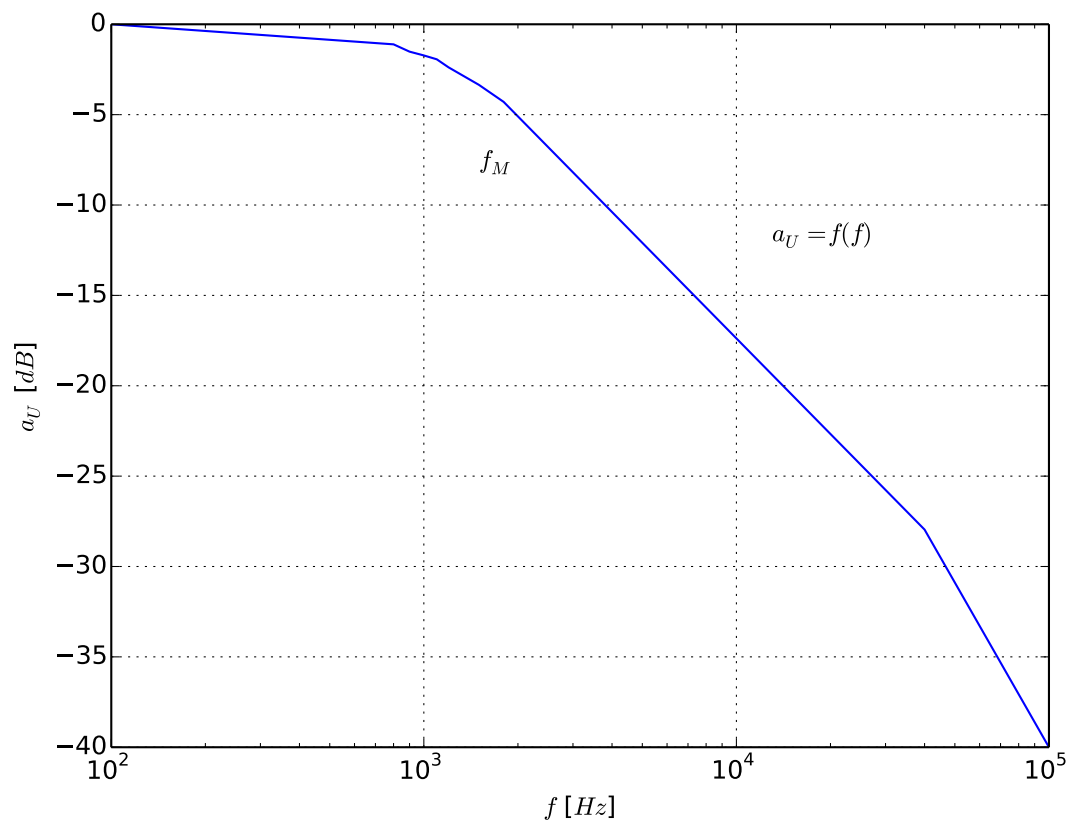
Výpočet procentuální chyby milivoltmetru:

$$\delta_{\%U_2} = \frac{\pm TP \cdot MR}{MH} = \frac{\pm 4 \cdot 1}{1} = \underline{\underline{\pm 1 \%}}$$

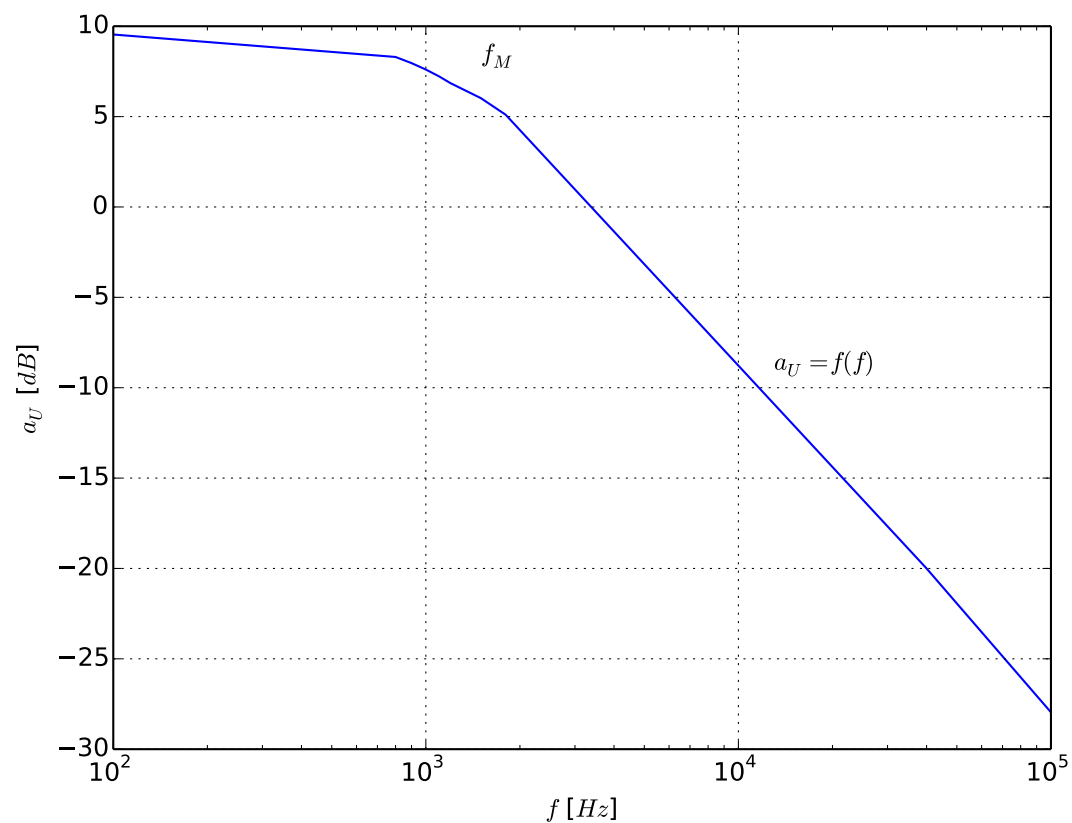
Výpočet fázového posunu:

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{1}{Y_1} \cdot Y_2\right) = \arcsin\left(\frac{1}{14} \cdot 10\right) \doteq \underline{\underline{45^\circ 35' 5''}}$$

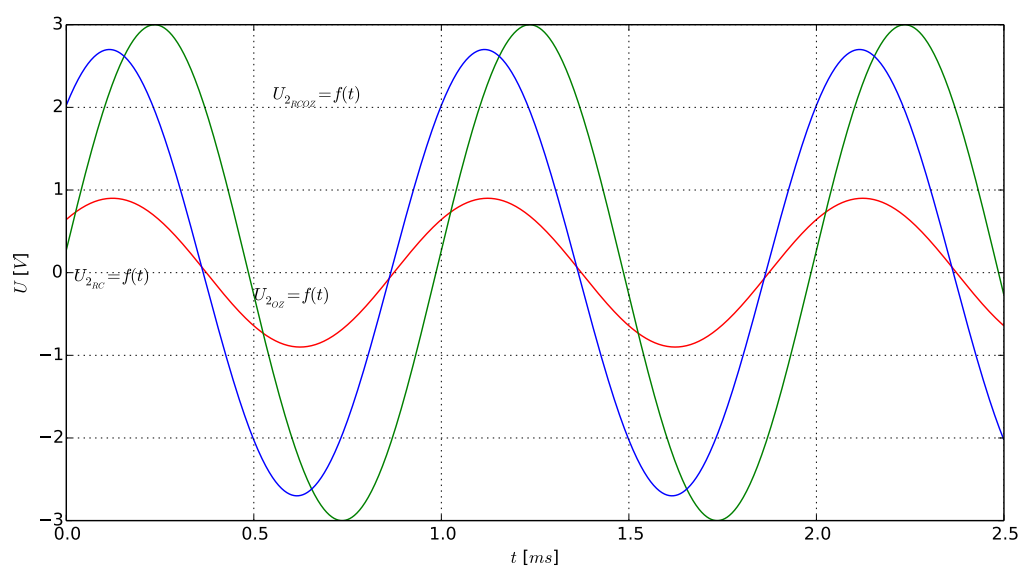
Grafy



Graf č. 1: Měření napěťového přenosu integračního článku



Graf č. 2: Měření napětového přenosu celého filtru



Graf č. 3: Měření fázových posunů

Závěr

Chyby měřících přístrojů

Procentuální chyby použitých nf. milivoltmetrů byla maximálně $\pm 10\%$, což je už poměrně značná nepřesnost. Procentuální chyba použitého osciloskopu byla $\pm 5\%$.

Zhodnocení

1. Narvhnul sem dolnoproustný aktivní filtr s operačním zesilovačem a integračním článkem pro zadanou mezní frekvenci.
2. Metodou bod po bodu byli změřeny frekvenční charakteristiky a naměřené hodnoty byli shrnuty v tabulce č. 2 a v grafech č. 1 a 2. Při měření bylo zjištěno že pokud k pasivnímu filtru připojíme OZ, tak se frekvenční charakteristika stává za mezní frekvencí více lineární. Dále bylo zjištěno, že filtr s OZ je účinnější, protože díky zesílení OZ je větší napěťový rozdíl mezi signály o frekvencí žádaných a o frekvencích nežádoucích
3. Změřená přenosová charakteristika byla vynesena go grafu vytvořeném v s pomocí knihovny pylab. Z důvodu větší přehlednosti jsem je ale rozdělil do dvou grafů.
4. Z experimentálních důvodů jsem se rozhodl měřit frekvenční posun pomocí metody Lissajousových obrazců. Přestože u této metody vzniká poměrně velká nepřesnost způsobená špatným vystředěním měřeného obrazce, tak se fázové posunu změřené pomocí této metody podobali hodnotám které jsem pro ověření změřil klasickou cestou. Fázové posuny jsou shrnuty v tabulce č. 3 a pomocí modelování signálů zobrazeny v grafu č. 3.