

# PROTOKOL O MĚŘENÍ

Název úlohy

**OSCILÁTOR S WIENOVÝM ČLÁNKEM**

Číslo úlohy

**201-4R**

Zadání

1. Navrhněte oscilátor s Wienovým článkem RC, operačním zesilovačem MA 741CN a žárovkovou stabilizací napětí, požadován rozsah frekvencí  $f_{min} = 300 \text{ Hz}$  až  $f_{max} = 7 \text{ kHz}$ . Napájecí napětí volte  $\pm 15 \text{ V}$ ,  $C_1 = C_2 = 220 \text{ nF}$ .
2. Sestavte navržený oscilátor, nastavte jeho optimální režim a změřte:
  - (a) skutečný frekvenční rozsah, změřený s vypočítanými a zapojenými součástkami
  - (b) závislost velikosti výstupního napětí na frekvenci, v rozsahu  $f_{min}$  až  $f_{max}$  a sestrojte graf
3. Vypočítejte procentní chybu změny výstupního napětí oscilátoru při přeladování frekvence a sestavte graf na PC.
4. Změřte maximální frekvenci, při které ještě nedochází ke znatelné změně velikosti nebo tvaru výstupního napětí.

Poř. č.	PŘÍJMENÍ a Jméno	Třída	Skupina	Školní rok		
<b>26</b>	<b>VYKYDAL Jan</b>	<b>4A</b>	<b>3</b>	<b>2014/2015</b>		
Datum měření		Datum odevzdání	Počet listů	Klasifikace		
<b>11.3.</b>		<b>23.4.</b>	<b>6</b>	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

## Wienův člunek

Wienův člunek je složený RC obvod, který vznikl spojením horní a dolní propusti tvořené RC prvky. Když tedy došlo ke spojení dolní a horní propusti v jeden dvojbran, tak vznikla pásmová propust tvořená právě články RC. Důležitou vlastností tohoto zapojení je, že má fázový posun při mezní (rezonanční) frekvenci  $f_0$   $\varphi = 0$ . Pokud má vstupní signál nižší frekvenci než je mezní frekvence tohoto zapojení, tak se zapojení chová jako dolní propust, výstupní napětí předbíhá vstupní a  $\varphi = \frac{\pi}{2}$ . Pro frekvence vstupního signálu vyšších než je frekvence rezonanční se obvod chová jako dolní propust a vstupní napětí se zpožďuje za výstupním o  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ . Uvedené fázové posuny  $\varphi$  předpokládají použití ideálních součástek. Hodnoty součástek Wienova člunku se počítají stejně jako hodnoty součástek horní nebo dolní RC propusti. Nejlepších parametrů ale zapojení dosahuje tehdy, pokud se použijí rezistory o stejné jmenovité hodnotě a kondenzátory o stejné jmenovité hodnotě.

Vztah pro výpočet mezní frekvence Wienova člunku:

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

kde:

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

## 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  $M\Omega$ . Tento zesilovač je nutnou součástí oscilátoru, který umožňuje splnění rezonančních podmínek. První podmínkou je aby zesílení v toto obvodu bylo rovno jedné. To je ale jen ideální případ, v praxi musí být zesílení nepatrně vyšší než jedna, protože v obvodu vznikají ztráty. Další podmínkou je podmínka fázová, který říká, že součet všech fázových posunů v obvodu musí být roven nebo větší jedné. Po splnění těchto podmínek a po připojení Wienova člunku jako kladné zpětné vazby by mělo docházet k neztlumenému kmitání obvodu. Použité měřicí zapojení má ještě jednu vychytávku a tou je nahrazení jednoho ze zpětnovazebních rezistorů OZ žárovkou. To umožňuje proudovou stabilizaci výstupního signálu. Má to ovšem dle mého názoru jeden háček a to je jest to, že když si změříme pomocí digitálního multimetru odpor žárovky a s jeho pomocí vypočítáme druhý zpětnovazební rezistor. Alespoň dle návodu v popisu úlohy. To je ale ohromná chyba, protože s průchodem elektrického proudu dochází ke změně odporu vlákna žárovky a tudíž i ke změně nastaveného pracovního bodu zesilovače. My sice tento jev používáme pro stabilizaci výstupního proudu, ale musíme si uvědomit, že odpor žárovky ze kterého vycházíme pro výpočet zesílení zesilovače se s průchodem klidového proudu (rozuměj proudu při běžné činnosti obvodu) značně změní.

Vztah pro výpočet mezní frekvence použitého integračního člunku:

$$a_u = 20 \log \frac{R_{ZP}}{R_Z} \Rightarrow R_{ZP} = R_Z 10^{\frac{a_u}{20}} \quad (2)$$

kde:

$a_u$  ..... napěťový zisk  
 $R_Z$  ..... odpor žárovky  
 $R_{ZP}$  ..... odpor zpětnovazebního rezistoru

Obvod je dále opatřen tranzistorovým zesilovačem Pracujícím ve třídě B, který slouží k výkonovému posílení výstupního signálu.

## Schémata

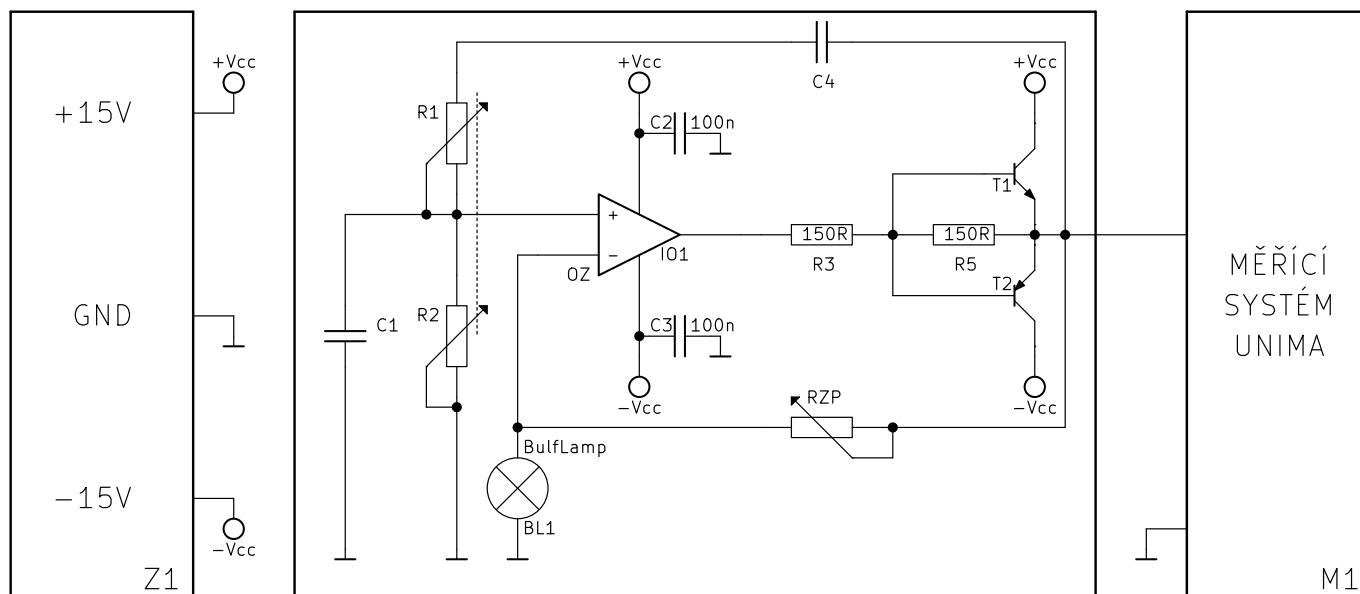


Schéma č. 1: Měřící zapojení oscilátoru s Wienovým článkem

## Tabulka použitých přístrojů

Označení v zapojení	Přístroj	Typ	Evidenční číslo
$Z_1$	symetrický zdroj	TESLA BK-125	0149
—	milivoltmetr	BM-312	0068
—	multimetr	MY-64	0650
—	multimetr	MY-64	0658
$M_1$	měřící systém unima	—	—
$R_{ZP}$	odporová dekáda	P33	0928
$R_1$	odporová dekáda	P33	0103
$R_2$	odporová dekáda	P33	0035
—	osciloskop	GOS-620	19 – 0024/01

Tabulka č. 1: Použité přístroje

## Postup měření

### Zapojení obvodu

- U použitých kondenzátorů si spočítáme geometrický průměr jejich skutečných hodnot.  $C = \sqrt{C_1 \cdot C_2}$ .
- Dopočítáme si hodnoty rezistorů dle vztahu číslo (1).
- Změříme si odpor vláknů žárovky.
- Zapojíme obvod dle schématu č. 1.

## Měření skutečného frekvenčního rozsahu

- K obvodu připojíme na výstup milivoltmetr a najdeme mezní frekvenci měněním hodnoty spřažených potenciometrů  $R_1$  a  $R_2$ .
- Poté si spočítáme jakému napětí na výstupu odpovídá pokles o 3 dB.
- Pomocí regulování hodnoty potenciometrů  $R_1$  a  $R_2$  nastavíme na výstup napětí které jsme spočítali.
- Z osciloskopu odečteme horní a dolní frekvenci.

## závislost velikosti výstupního napětí na frekvenci

- Postupně měníme hodnotu potenciometrů  $R_1$  a  $R_2$ .
- Přitom odečítáme z osciloskopu výstupní napětí a výstupní frekvenci
- Získané údaje vyneseme do grafu.

## Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot

měřená veličina	hodnota	jednotky
$C_1$	34,16	[nF]
$C_2$	32,1	[nF]
$R_{ZP}$	1333	[Ω]
$R_{min}$	16	[kΩ]
$R_{max}$	689	[Ω]

Tabulka č. 2: Vypočítané a naměřená hodnoty

mezní frekvence	naměřená hodnota
$f_{min}$ [Hz]	285,71
$f_{max}$ [Hz]	7042,25

Tabulka č. 3: Naměřené parametry oscilátoru

$f [Hz]$	$U_{OUT} [V]$
50	7,2
250	2,4
285	7,4
444	7,4
744	7,4
833	7,4
1176	7,4
2560	7,5
6250	7,4
7142	7,3
8333	6,8
10 k	3,6
22 k	4,1

Tabulka č. 4: Závislost výstupního napětí na frekvenci  $U_{OUT} = f(f)$

## Vzory výpočtů

Výpočet geometrického průměru kondenzátoru  $C$ :

$$C = \sqrt{C_1 \cdot C_2} = \sqrt{34,16 \cdot 32,1} \doteq \underline{\underline{33,09 \text{ nF}}}$$

Výpočet odporu rezistoru  $R_1$  a  $R_2$  provádíme dosazením do upraveného vztahu (1) pro dolní frekvenci

$$R = \frac{1}{2\pi f_0 C} = \frac{1}{2\pi \cdot 300 \cdot 33,09 \cdot 10^{-9}} \doteq \underline{\underline{16 \text{ k}\Omega}}$$

Výpočet odporu rezistoru  $R_1$  a  $R_2$  provádíme dosazením do upraveného vztahu (1) pro horní frekvenci

$$R = \frac{1}{2\pi f_0 C} = \frac{1}{2\pi \cdot 7000 \cdot 33,09 \cdot 10^{-9}} \doteq \underline{\underline{689 \Omega}}$$

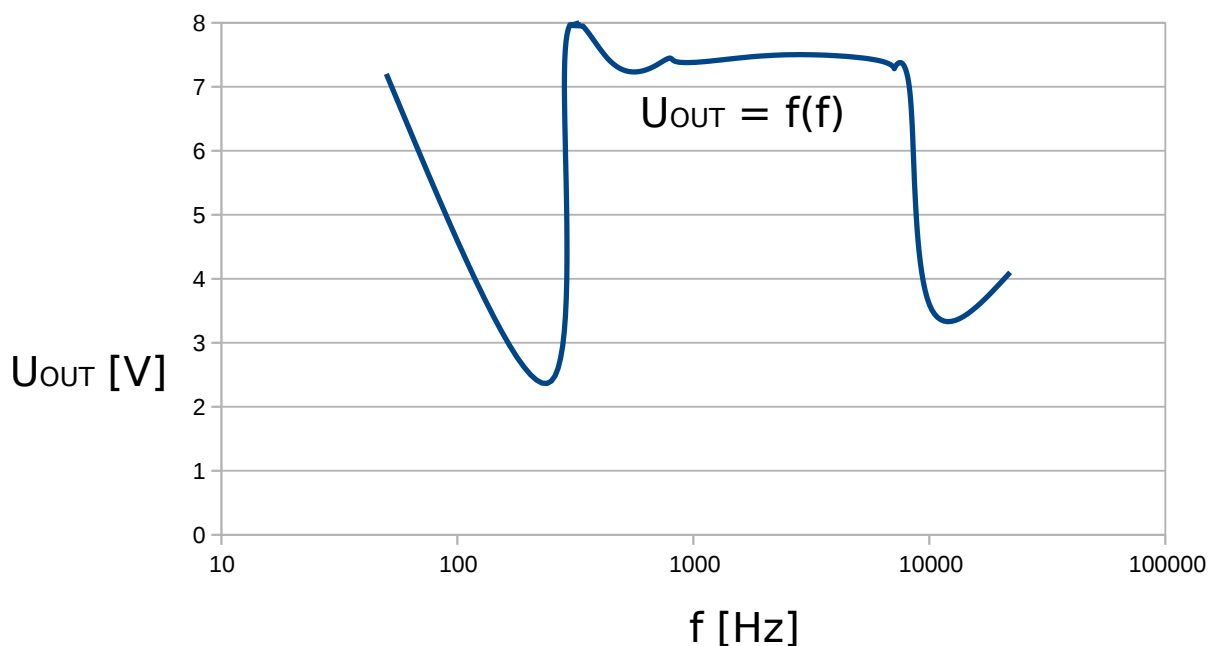
Střední hodnota výstupního napětí  $U_{OUT_{AV}}$ :

$$U_{OUT_{AV}} = \frac{U_{OUT_{MAX}} - U_{OUT_{MIN}}}{2} = \frac{7,4 - 7,3}{2} \underline{\underline{7,35 \text{ V}}}$$

Výpočet procentní chyby výstupního napětí:

$$\delta_f = \frac{U_{OUT_{MAX}} - U_{OUT_{MIN}}}{U_{OUT_{AV}}} \cdot 100 = \frac{7,4 - 7,3}{7,35} \cdot 100 \doteq \underline{\underline{1,36 \%}}$$

## Grafy



Graf č. 1: Měření závislosti výstupního napětí na frekvenci  $U_{OUT} = f(f)$

## Závěr

### Chyby měřících přístrojů

Procentuální chyby použitého osciloskopu je  $\pm 3\%$ . Kondenzátory jsme měřili pomocí měřiče RLC, jehož chyby se pohybuje okolo  $1\%$ . Největší chybu obvodu jsme způsobili měřením odporu žárovky pomocí DMM, tento problém je popsán v teoretickém úvodu.

### Zhodnocení

1. Navrhl jsem a zrealizoval oscilátor s Wienovým článkem. Pomocí výše uvedených vztahů jsem dopočítal hodnoty součástek.
2. Navržený oscilátor jsem zrealizoval na měřícím přípravku. Změřil sem skutečný frekvenční rozsah a závislost výstupního napětí na nastavené frekvenci. Tyto údaje jsou shrnuty v tabulkách číslo 4.
3. Vypočítal jsme procentuální chybu výstupního napětí  $\delta_f = 1,36\%$ . A vytvořil jsem na PC graf závislosti výstupního napětí na nastavené rezonanční frekvenci. V grafu jde krásně vidět propouštěné pásmo a také i prudký pokles výstupního napětí.
4. Díle byla změřena maximální frekvence, při které je zapojení schopno fungovat tak, že na výstupu je nezkreslený kosinový napěťový průběh. Tyto frekvence jsou shrnuty v tabulce číslo 3. Maximální frekvence dosáhla hodnoty  $7,042\text{ kHz}$ .