

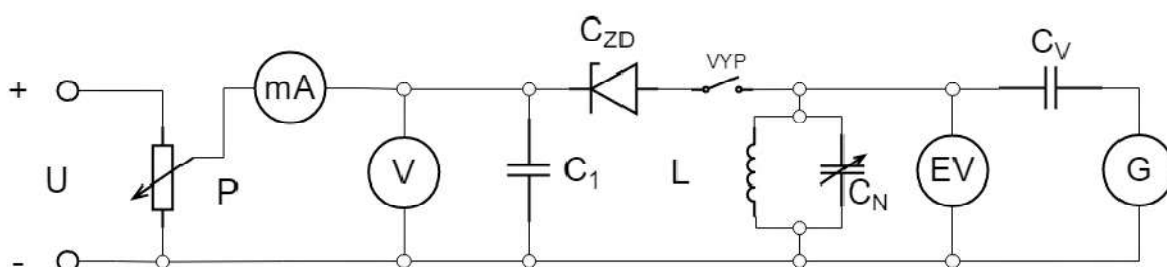
Datum: <b>14. 9. 2022</b>	<b>SPŠ CHOMUTOV</b>	Třída: <b>A4</b>
Číslo úlohy: <b>1</b>	<b>MĚŘENÍ PARAMETRŮ POLOVODIČOVÝCH PRVKŮ – ZENEROVA DIODA</b>	Jméno: <b>Schöpp Petr</b>

### Zadání:

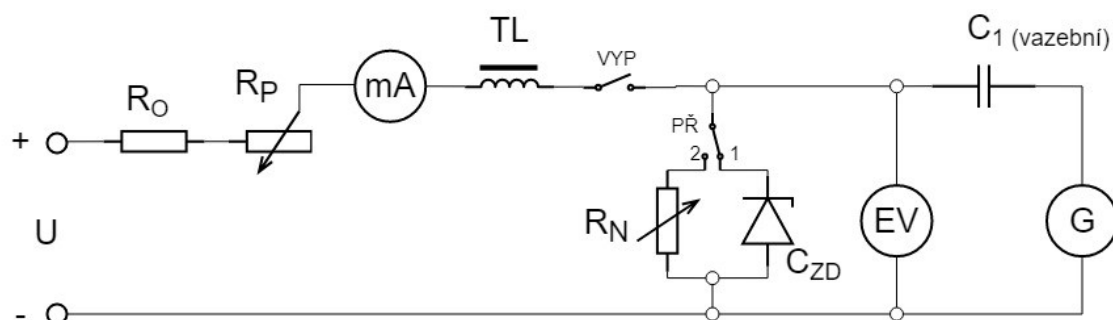
Změřte kapacitu a dynamický odpor Zenerových diod (kapacitu u 8NZ70 a dynamický odpor u KZZ73)

### Zapojení:



Kapacita:



Dynamický odpor:



### Tabulka použitých přístrojů:

NÁZEV	OZNAČENÍ	PARAMETRY	EVIDENČNÍ ČÍSLO
Zdroj	U	0-36V   2A	LE2 1030
Ochranný odpor	R <sub>o</sub>	1A   250Ω	LE2 436
Reostat	R <sub>p</sub>	0,4A   1450Ω	LE2 467
Potenciometr	P	1,6A   105Ω	LE2 432
Miliampérmetr	mA	0-600mA 	LE2 2243/7
Voltmetr	V	0-600V 	LE 410/5
Číslicový voltmetr	ČV	MX 547	LE2 61
Elektronický voltmetr	EV	BM 579   0-300V	LE2 1549
Generátor	G	20MHz   SDG 1020	LE 5078
Odporová dekáda	R <sub>N</sub>	0-111 111Ω	LE1 1832
Kapacitní dekáda	C <sub>N</sub>	0-1387pF	-
Vazební kondenzátor	C <sub>V</sub>	150pF	-
Kondenzátor	C <sub>1</sub>	4μF	-
Tlumička	TL		LE 664

Cívka	L		
Přepínač	PŘ	-	-
Vypínač	VYP	250V   6A	-
Zenerova dioda	ZD	8NZ70: $I_Z=70\text{mA}$   $U_Z=16,2\text{-}20\text{V}$ KZZ73: $I_Z=30\text{mA}$   $U_Z=7,8\text{-}9,8\text{V}$	-

### Teorie:

#### Kapacita:

Kapacita Zenerovy diody vzniká v důsledku vyčerpání nosičů v oblasti přechodu P-N při polarizaci v závěrném směru. Její hodnota je řádově desítky až stovky pF.

#### Dynamický odpor:

Pracovní bod při měření je  $0,2 I_{Z\text{max}}$  až  $I_{Z\text{max}}$ , proto musíme určit hodnoty  $R_O$ ,  $R_P$ ,  $U$ . Hodnota dynamického odporu jsou řádově jednotky ohmů.

### Postup:

#### Kapacita:

- 1) Vypínač je rozepnutý a kapacita  $C_N$  je na max. hodnotě
- 2) Změnou frekvence uvedeme obvod do rezonance (výchylka EV na max.)
- 3) Zapneme vypínač a pomocí potenciometru nastavíme pracovní bod diody => došlo k rozladění paralelního pracovního obvodu
- 4) Změnou kapacity  $C_N$  uvedeme obvod znovu do rezonance

#### Dynamický odpor:

- 1) Přepínač nastaven do polohy 1 (ZD), vypínač je sepnutý, pomocí  $R_P$  nastavíme pracovní bod
- 2) Na generátoru nastavíme frekvenci 1kHz a sinusového průběhu (o velikosti 20-60mV)
- 3) Odpor  $R_N$  nastavíme na nulu
- 4) Vypneme vypínač a přepneme přepínač do polohy 2 ( $R_N$ )
- 5) Zvyšujeme  $R_N$  až do okamžiku, než dosáhneme původního napětí

### Tabulka hodnot:

#### Kapacita diody 8NZ70:

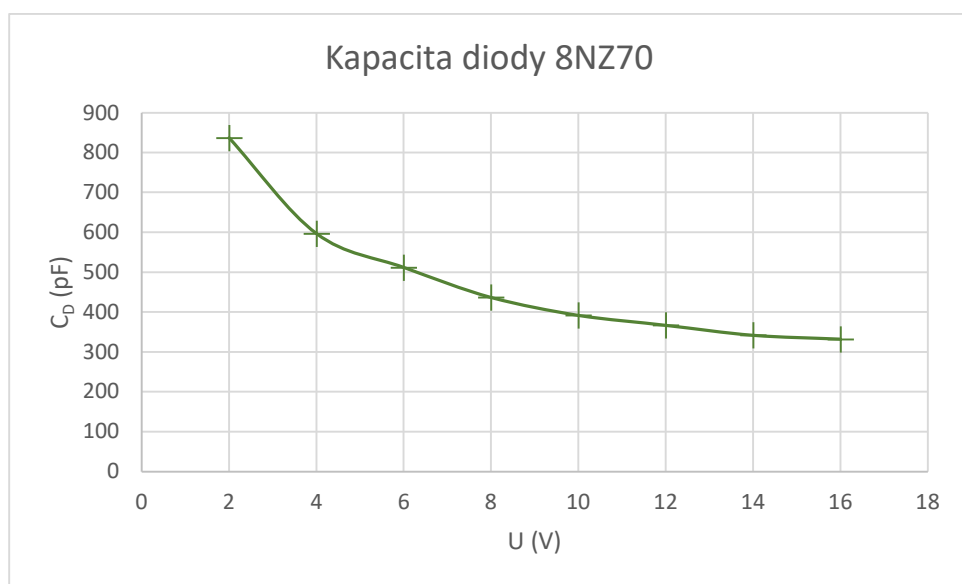
U (V)	$C_1$ (pF)	$C_2$ (pF)	$C_{ZD}$ (pF)
16	1387	1055	332
14		1045	342
12		1020	367
10		995	392
8		950	437
6		875	512
4		790	597
2		550	837

Dynamický odpor diody KZZ73:

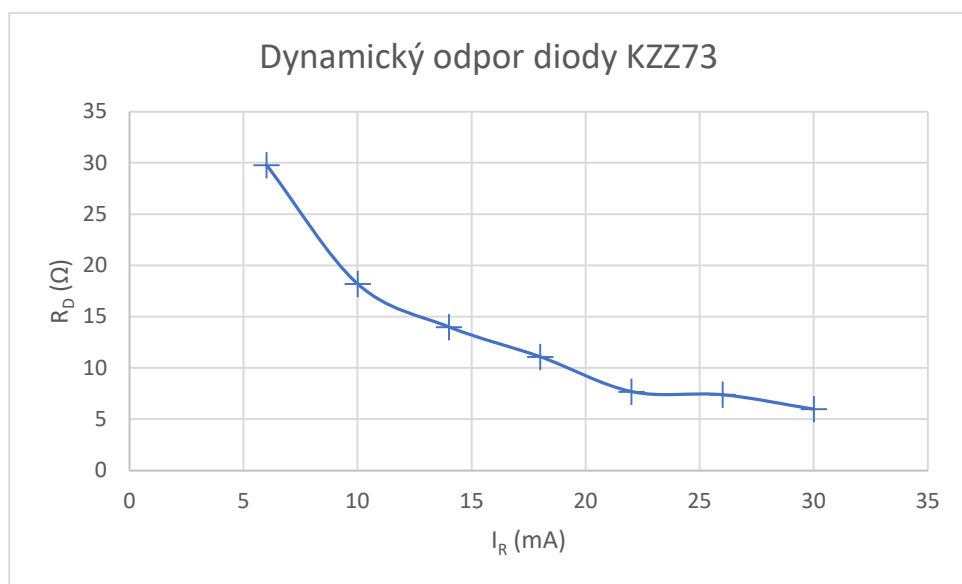
$I_R$ (mA)	$R_p$ ( $\Omega$ )
6	29,8
10	18,2
14	14
18	11,1
22	7,7
26	7,4
30	6

**Graf:**

Kapacita diody 8NZ70:



Dynamický odpor diody KZZ73:



**Výpočty:**

Kapacita Zenerovy diody:

$$C_{ZD} = C_1 - C_2 = 1387 - 1055 = 332pF$$

Napětí zdroje a  $R_P$ :

$$U = I_{max} * (R_O + R_{TL}) + U_{ZD} = 0,03 * (250 + 78,2) + 8,7 = 18,546V$$

$$R_P = \frac{U - U_{ZD}}{0,2 * I_{Zmax}} - R_O - R_{TL} = \frac{18,546 - 8,7}{0,2 * 0,03} - 250 - 78,2 = 1312,8\Omega$$

**Závěr:**

Měření proběhlo bez problémů. Hodnoty a výsledná charakteristika vyšla podle očekávání (s jemnými odchylkami, které vyplívají z nepřesností odečtů)

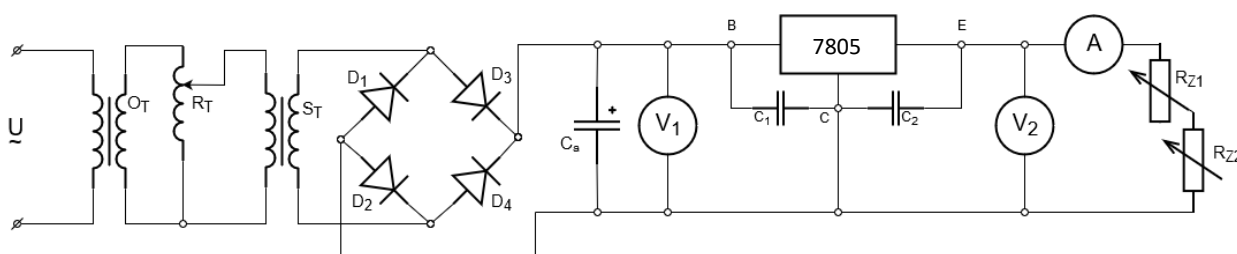
Datum : <b>2022</b>	<b>SPŠ CHOMUTOV</b>	Třída: <b>A4</b>
Číslo úlohy : <b>2</b>	<b>MĚŘENÍ NA STABILIZÁTORECH</b>	Jméno : <b>Vaněček Adam</b>

### Zadání:

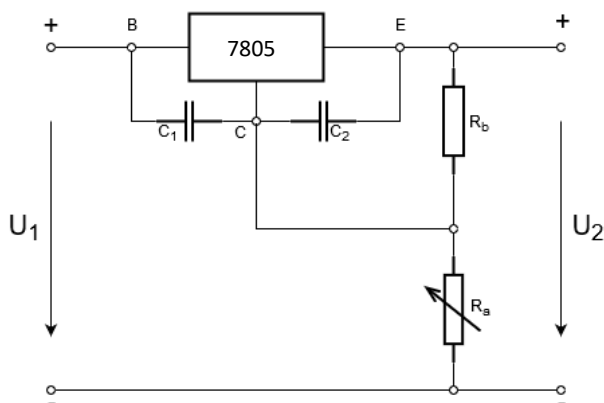
Změřte zatěžovací charakteristiku  $U_2 = f(I_2)$ , Vypočítejte hodnotu odporu  $R_a$  pro dosažení napětí 8V. Zapojení realizujte, případný rozdíl  $U_2$  upravte změnou odporu  $R_a$ . Určete proud  $I_0$ .

### Schéma zapojení:

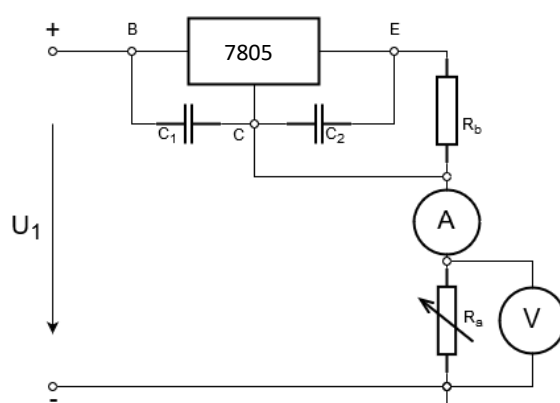
#### 1) Měření zatěžovací charakteristika



#### 2) Zapojení pro dosažení jiného než konstrukčního napětí



#### 3) Zdroj konstantního proudu



**Použité přístroje:**

Název	Označení	Parametry	Ev. Číslo
Zdroj	U	260V/3A	LE 5117
Kondenzátor	C <sub>a</sub>	10 000 $\mu$ F/25V	-
Usměrňovač	D <sub>1</sub> – D <sub>4</sub>	KY 704	-
Voltmetr	V <sub>1</sub>	0-600V	LE2 1940/1
Voltmetr	V <sub>2</sub>	0-600V	LE2 1942/4
Ampérmetr	A	0-6A	LE2 1939/10
Oddělovací trafo	OT	220V, 2x25V	-
Reostat	R <sub>Z1</sub>	108 $\Omega$ /1,8A	LE 5084
Reostat	R <sub>Z2</sub>	18 $\Omega$ / 2,5A	
Stabilizátor	-	7805	-
Odporová dekáda	R <sub>a</sub>	111111,1 $\Omega$	LE1 1829
Odporová dekáda	R <sub>b</sub>	111111,1 $\Omega$	LE1 1919

**Teorie:**

Stabilizátor je elektrické zapojení diskrétních součástek, nebo elektronická součástka na principu integrovaného obvodu, která umožňuje stabilizovat výstupní napětí nebo proud, při změnách výstupního napětí a teploty okolí. Na jiných veličinách není obvykle hodnota vstupního napětí závislá, pokud ano, je třeba sledovat i takové vlivy jako je například stárnutí součástek, vliv elektromagnetického rušení a další podobné vlivy. Kromě stabilizačních účinků, každý typ stabilizátoru více či méně snižuje střídavou složku, výstupního napětí a pracuje tedy jako filtr.

**Postup:****A) Měření zatěžovací charakteristika**

- 1) Zapojíme obvod dle příslušného schématu.
- 2) V katalogu vyhledáme mezní hodnoty.
- 3) Navrhne velikost odporu na reostatech, tak abychom mohli provést měření v rozsahu 0,1 – 1A s neporušenou podmínkou.
- 4) Nastavujeme proud a odečítáme napětí.
- 5) Postup opakujeme pro porušenou podmínku.

**B) Dosažení jiného než konstrukčního napětí**

- 1) Zapojíme obvod dle příslušného schématu.
- 2) R<sub>b</sub> zvolíme 150 $\Omega$ , z toho vypočítáme R<sub>a</sub> pro 8V
- 3) Nastavíme odpory na dekádách, při případném rozdílu U<sub>výst</sub> (v našem případě 8V) opravíme změnou odporu R<sub>a</sub>.
- 4) Nastavujeme proud a odečítáme napětí.
- 5) Vypočítáme I<sub>0</sub>.

C) Dosažení konstantního proudu

- 1) Zapojíme obvod dle příslušného schématu.
- 2) Vypočítáme hodnotu odporu  $R_1$  pro  $I_2=0,05A$ .
- 3) Měníme odpor  $R_2$  a odečítáme napětí a proud, proud by měl být stále stejný (50mA)

**Tabulka naměřených hodnot:**

A) Měření zatěžovací charakteristika

Splněná podmínka			Nesplněná podmínka		
$U_{vst}$ (V)	$U_{výst}$ (V)	$I$ (A)	$U_{vst}$ (V)	$U_{výst}$ (V)	$I$ (A)
24	5	0	17,8	5	0
21	5	0,1	15,2	5	0,1
19,2	5	0,2	13,4	5	0,2
17,8	5	0,3	12	5	0,3
16,4	5	0,4	10,8	5	0,4
15,4	5	0,5	9,4	5	0,5
14	5	0,6	8,6	5	0,6
13	5	0,7	7,6	4,9	0,7
11,8	5	0,8	6,6	4,7	0,8
10,8	5	0,9	5,6	3,8	0,9
9,8	5	1	4,8	2,6	1

B) Dosažení jiného než konstrukčního napětí

C) Dosažení konstantního proudu

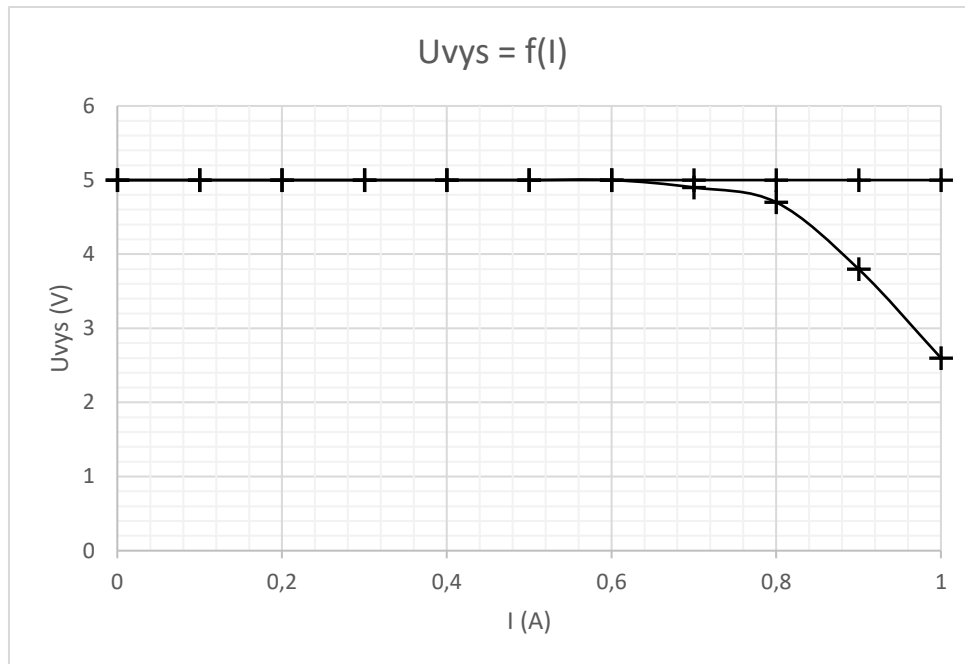
$U_{vst}$ (V)	$U_{výst}$ (V)	$I$ (A)
26	8	0
23,2	8	0,1
21,4	8	0,2
19,8	8	0,3
18,4	8	0,4
16,2	8	0,5
15,8	8	0,6
14,6	8	0,7
13,4	8	0,8
12,6	8	0,9
11,4	8	1

$U$ (V)	$R_a$ ( $\Omega$ )	$I$ (mA)
0	0	50
1,9	40	50
4	80	50
6	120	50
8	160	50
10	200	50

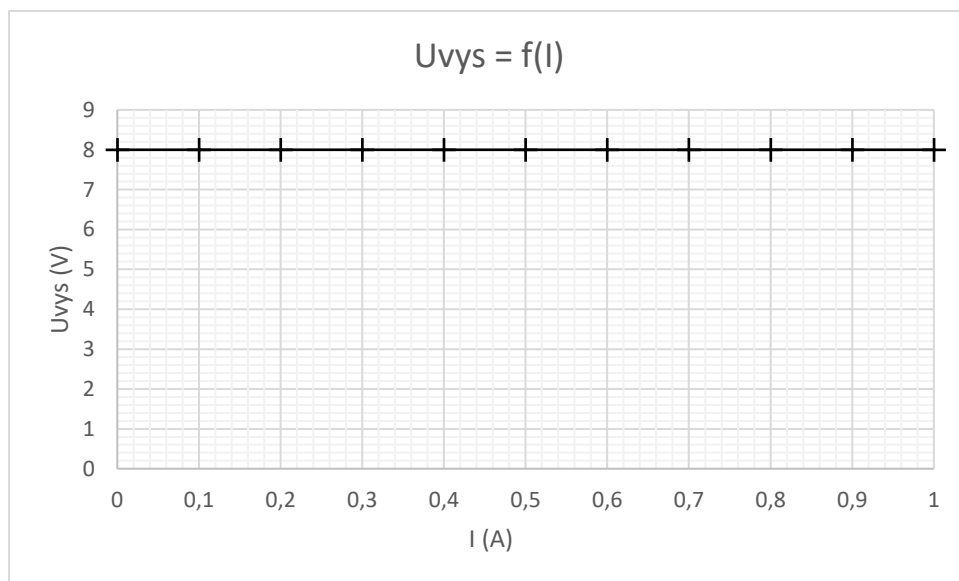
$$I_0 = 5,56mA$$

**Grafy:**

**A) Měření zatěžovací charakteristika**

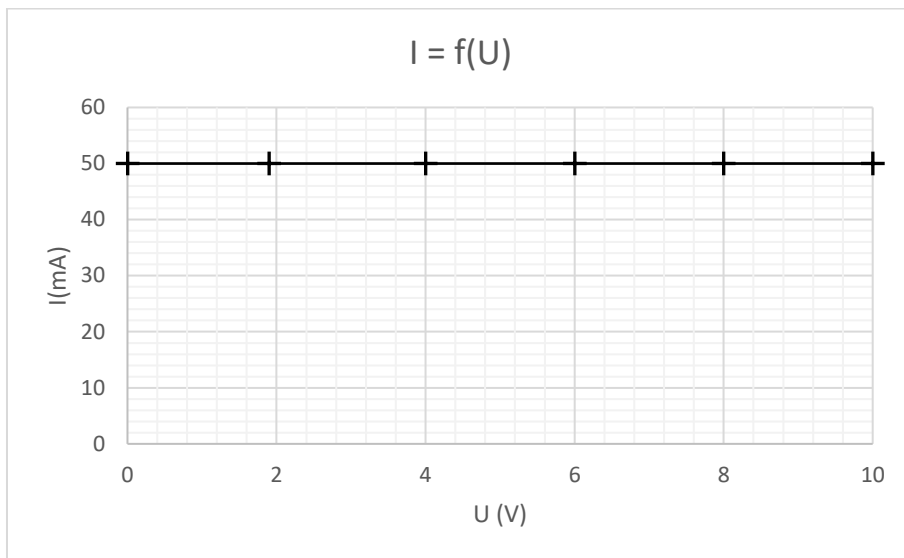


**B) Dosažení jiného než konstrukčního napětí**





### C) Dosažení konstantního proudu



#### Příklad výpočtu :

$$U_2 = U_{jm} * \left(1 + \frac{R_a}{R_b}\right) \Rightarrow R_a = R_b \left(\frac{U_2}{U_{jm}} - 1\right) = 150 * \left(\frac{8}{5} - 1\right) = 90\Omega$$

$$I_0 = \frac{U_{jm} - U_{výst}}{R_a} = \frac{0,5}{90} = 5,56 \text{ mA}$$

$$U_1 = U_{jm} + I_2 * R_2 + 3 = 5 + 0,05 * 200 + 3 = 18 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{U_{jm}}{R_1} + I_0 \Rightarrow R_1 = \frac{U_{jm}}{I_2} = \frac{5}{0,05} = 100\Omega$$

#### Závěr:

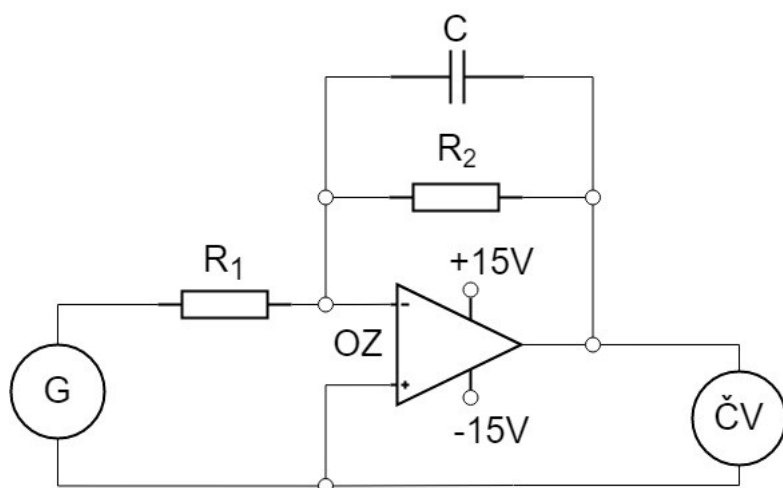
Při měření nenastaly žádné komplikace. Charakteristiky odpovídají teoretickým předpokladům.

Datum: 5. 10. 2022	SPŠ CHOMUTOV	Třída: A4
Číslo úlohy: 3	PROGRAMOVÁNÍ AMS – AKTIVNÍ FILTRY (KEYSIGHT VEE)	Jméno: Schöpp Petr

### Zadání:

Změřte amplitudově-frekvenční charakteristiku dolní propusti

### Zapojení:



### Tabulka použitých přístrojů:

NÁZEV	OZNAČENÍ	PARAMETRY	EVIDENČNÍ ČÍSLO
Stabilizovaný zdroj	$\pm 15$	15V   1A	LE2 1027
Odporová dekáda	$R_1$	111 111 $\Omega$	LE1 1833
Odporová dekáda	$R_2$	11 111 110 $\Omega$	LE2 5055
Číslicový voltmetr	ČV	HP 34401A   1000V	LE 103
Generátor	G	HP 33120A   15MHz	LE 104
Kondenzátor	C	0,01 $\mu$ F	-
Operační zesilovač	OZ	MAA 741 ( $U_{CC} \pm 3$ až $\pm 18$ )	LE 2381

### Teorie:

Dolní propust je filtr, který propouští jen frekvence nižší, než je dělící frekvence. Při nižších frekvencích je impedance kondenzátoru vysoká, a proto nemá vliv. Při vyšších frekvencích se impedance kondenzátoru začne zmenšovat a pomalu ovlivňovat propustnost filtru.

### Postup:

- 1) Zapojíme obvod dle schématu
- 2) Vypočteme potřebné údaje  $R_1$  a  $R_2$
- 3) Vytvořím program v Keysight VEE
- 4) Spustím program

**Výpočty:**

$$\text{Odpory } R_1 \text{ a } R_2: f_D = \frac{1}{2\pi \cdot R_2 \cdot C} \Rightarrow R_2 = R_1 = \frac{1}{2\pi \cdot f_D \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 1000 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6}} = 15\,916\Omega$$

$$\text{Impedance ve zpětné vazbě: } Z = \frac{R_2}{1 + 2\pi \cdot f_D \cdot R_2 \cdot C} = \frac{15916}{1 + 2\pi \cdot 1000 \cdot 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 15916} = 7957,9\Omega$$

**Výpis programu:**

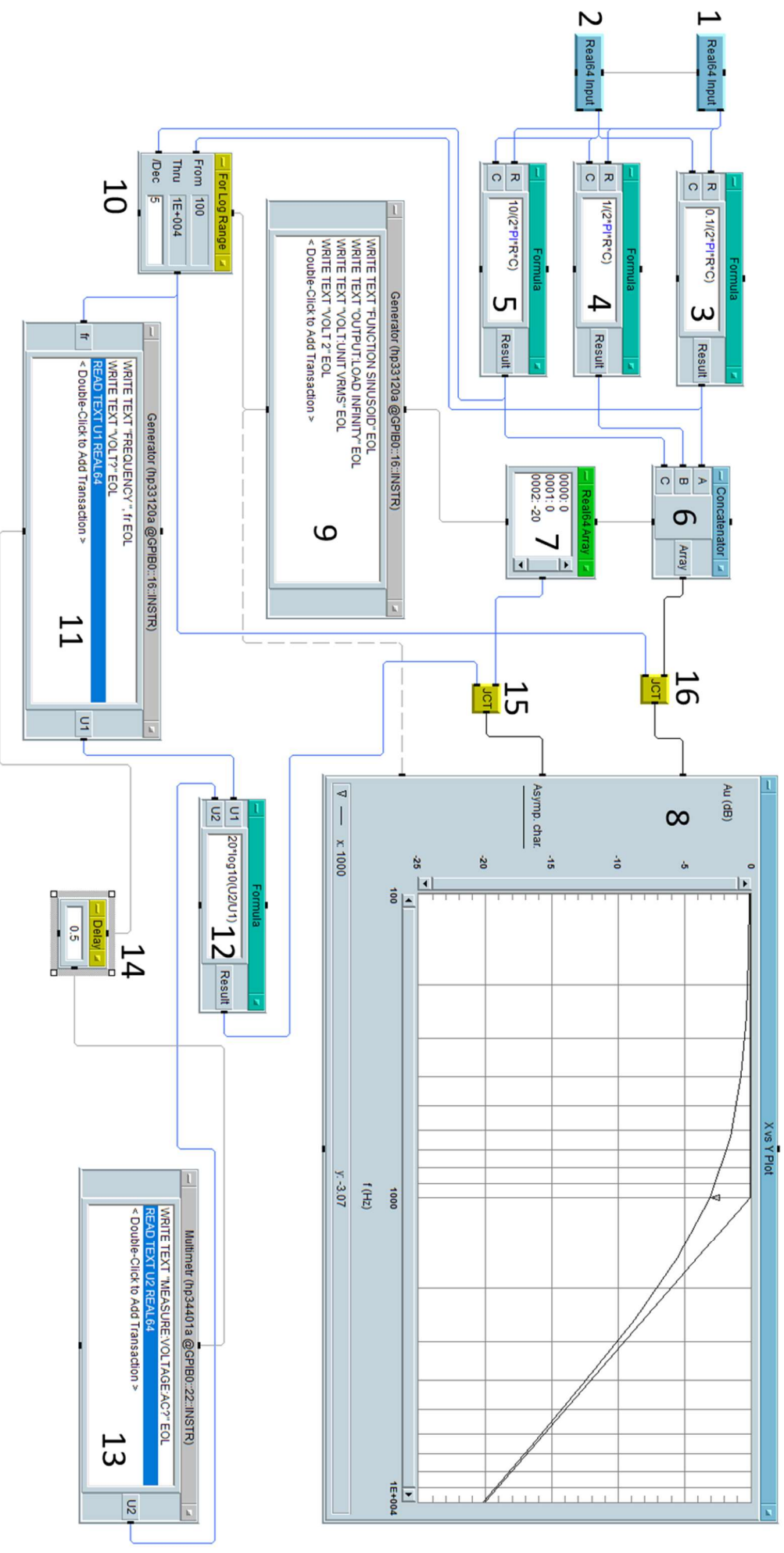
viz poslední strana

**Komentář k programu:**

- 1, 2: Zadání údajů (R a C)
- 3, 4, 5: Výpočet souřadnic na ose x (jednotlivé frekvence)
- 6: Sdružení souřadnic na ose x do pole
- 7: Sdružení souřadnic na ose y do pole
- 8: Displej typu X vs Y
- 9: Nastavení generátoru (druh signálu – sinusový → výstupní impedance → druh napětí – VRMS=efektivní hodnota → hodnota napětí)
- 10: Měřicí smyčka od první do poslední souřadnice na ose x
- 11: Nastavení frekvence generátoru
- 12: Výpočet zesílení
- 13: Hodnota napětí na voltmetru při dané frekvenci
- 14: Zpoždění 0,5s
- 15, 16: Spojení 2 vstupů do jednoho (pouze 1 vstup do data pinu)

**Závěr:**

Při tomto měření jsem se seznámil s programem Keysight VEE. Změřená charakteristika odpovídá teoretickým předpokladům.

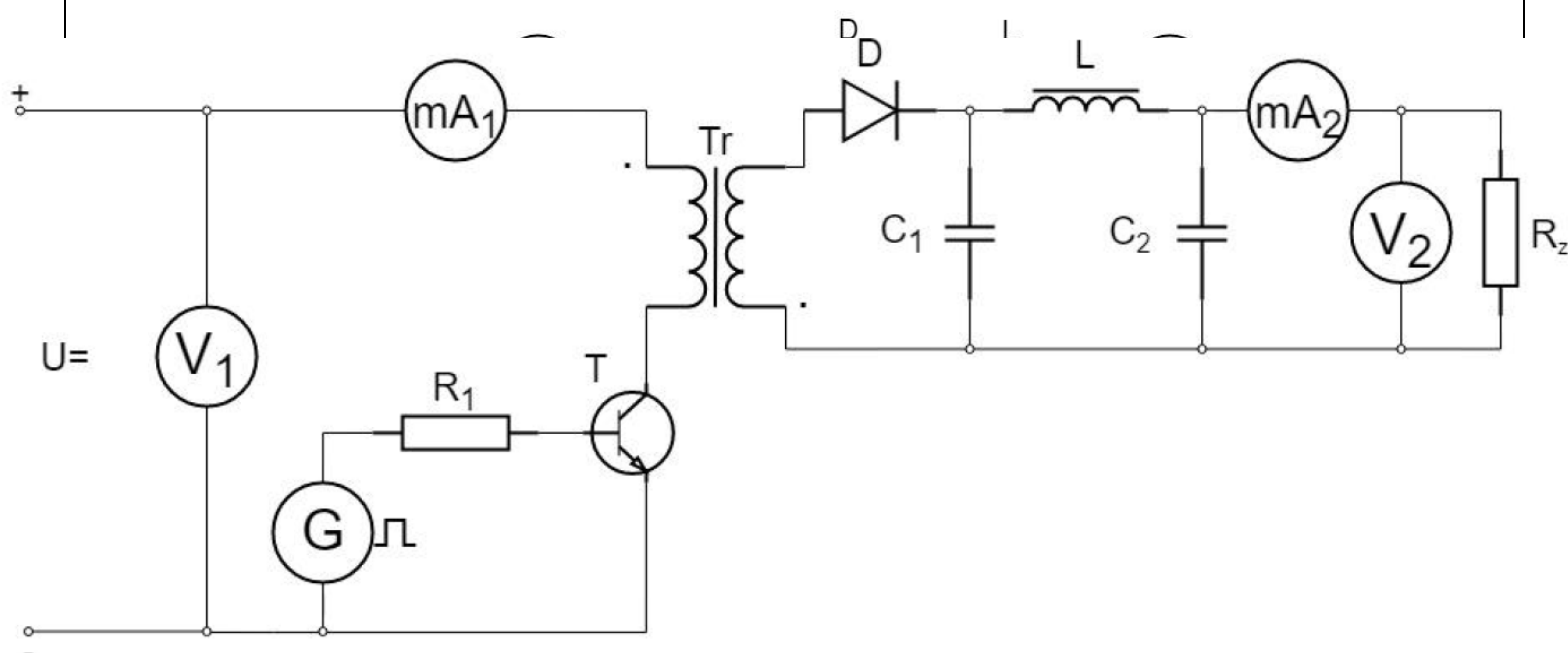




Datum : <b>12.10.2022</b>	<b>SPŠ CHOMUTOV</b>	Třída: <b>A4</b>
Číslo úlohy : <b>4</b>	<b>Impulzně řízený zdroj</b>	Jméno : <b>Vaněček Adam</b>

### Zadání:

Změřte závislost vstupního a výstupního napětí, určete účinnost zdroje a naměřte průběhy napětí v různých částech zdroje.

### Schéma zapojení:



Zdroj	U	0-36V/2A	LE2 1031
Miliampérmetr	mA <sub>1</sub>	0-600mA 	LE2 2294/9
Miliampérmetr	mA <sub>2</sub>	0-600mA 	LE2 2241/8
Voltmetr	V <sub>1</sub>	0-600V	LE2 2256/3
Voltmetr	V <sub>2</sub>	0-600V	LE2 412/8
Reostat	R <sub>1</sub>	3900 Ω / 0,16A	LE2 471
Reostat	R <sub>z</sub>	1200 Ω / 0,63A	LE1 373
Tranzistor	T	NPN KD 501	-
Transformátor	Tr	600 : 600	-
Tlumivka	L	L = 4H	-
Sada diod	D	KY 701F	-
Sada kondenzátorů	C	1 μF ÷ 1000 μF	14
Generátor	G	SDG 1020, 20Mhz	LE 5078
Osciloskop	Osc	Rigol DS 1052E, 50Mhz	LE 5064

### **Teorie:**

Základním principem a současně podstatnou odlišností impulsní regulace od regulace klasické je její spojitost. Výstupní napětí  $U_S$  je tedy stabilizováno zásahy výkonového regulačního členu pouze v určitých časově omezených intervalech  $T_a$ . U spojitého lineárního regulátoru ovládá odchylka výstupního napětí od jmenovité velikosti ( $k \cdot U_S - U_{ref}$ ) spojitě a proporcionálně okamžitý „odpor“ výkonového regulačního členu tak, aby výstupní napětí  $U_S$  bylo konstantní. Z toho vyplývá velká poměrná výkonová ztráta na regulačním členu a malá účinnost. U impulsní regulace pracuje regulační prvek (tranzistor) jako řízený spínač. Proud jím tedy prochází jen po určitý interval pracovního cyklu. Výkonová ztráta je tedy výrazně nižší.

Výhody impulsně regulovaných zdrojů:

- 1) Velká energetická účinnost
- 2) Velké výstupní výkony
- 3) Výhodné konstrukční parametry

Nevýhody impulsně regulovaných zdrojů:

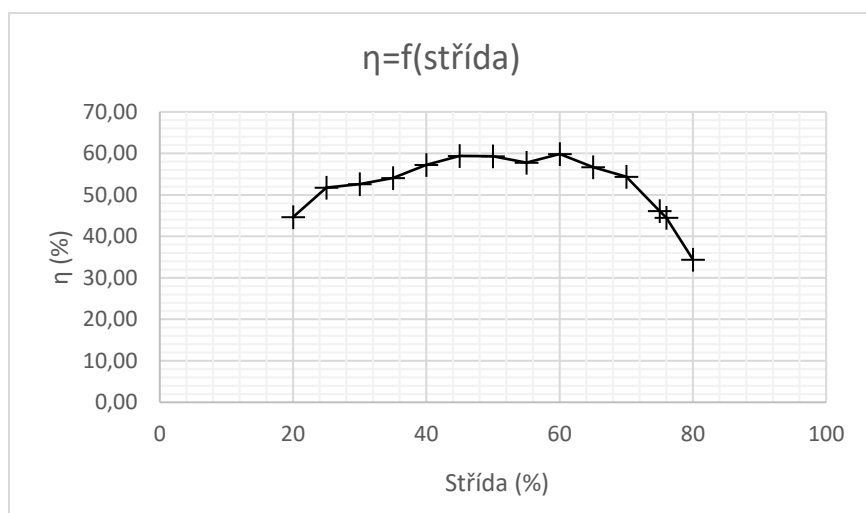
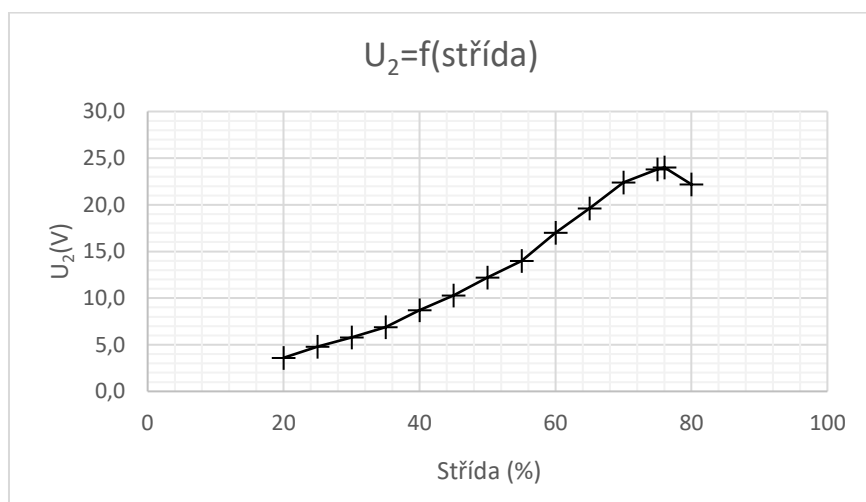
- 1) Kmitočtové rušení
- 2) Dynamické parametry

### **Postup:**

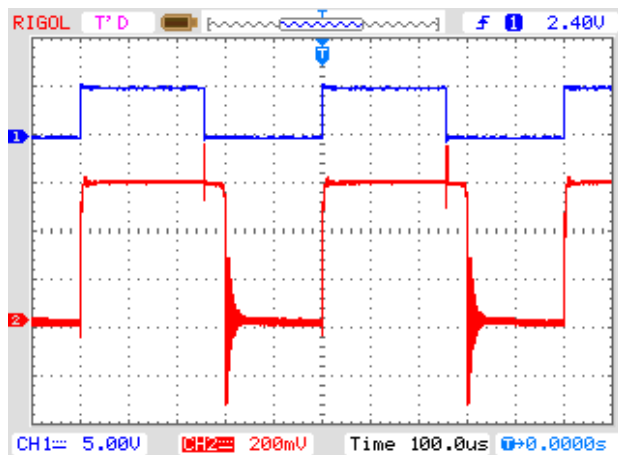
- 1) Zapojíme obvod dle schématu
- 2) Nastavíme generátor na požadované hodnoty (2KHz, obdélníkový signál, posunutí offsetu)
- 3) Nastavíme zdroj tak, abychom dosáhli 24V při nejvyšší možné střídě
- 4) Nastavujeme střidu a odečítáme z měřících přístrojů
- 5) Hodnoty zapisujeme, vypočítáme výkony a účinnost a sestrojíme graf
- 6) Nastavíme střidu na hodnotu 50% a připojíme Ch2 osciloskopu na:
  - a) bázi spínacího tranzistoru
  - b) kolektor tranzistoru
  - c) výstup transformátoru
  - d) nárazový kondenzátor
  - e) zátěž
- 7) Ukládáme naměřené obrazce na osciloskopu

**Tabulka naměřených hodnot:**

Střída (%)	$U_1$ (V)	$I_1$ (mA)	$U_2$ (V)	$I_2$ (mA)	$P_1$ (mW)	$P_2$ (mW)	$\eta$ (%)
20	14	1,7	3,6	3,0	23,8	10,6	44,62
25	14	2,6	4,8	3,9	35,7	18,5	51,76
30	14	3,7	5,8	4,7	51,8	27,3	52,63
35	14	5,2	6,9	5,7	72,1	39,0	54,07
40	14	7,6	8,7	7,0	106,4	60,9	57,24
45	14	10,4	10,3	8,4	145,6	86,5	59,42
50	14	14,4	12,2	9,8	201,6	119,6	59,31
55	14	19,4	14,0	11,2	271,6	156,8	57,73
60	14	28,0	17,0	13,8	392,0	234,6	59,85
65	14	19,0	19,6	15,8	266,0	309,7	116,42
70	14	53,0	22,4	18,0	742,0	403,2	54,34
75	14	70,0	23,8	19,0	980,0	452,2	46,14
76	14	74,0	24,0	19,2	1036,0	460,8	44,48
80	14	82,0	22,2	17,8	1148,0	395,2	34,42

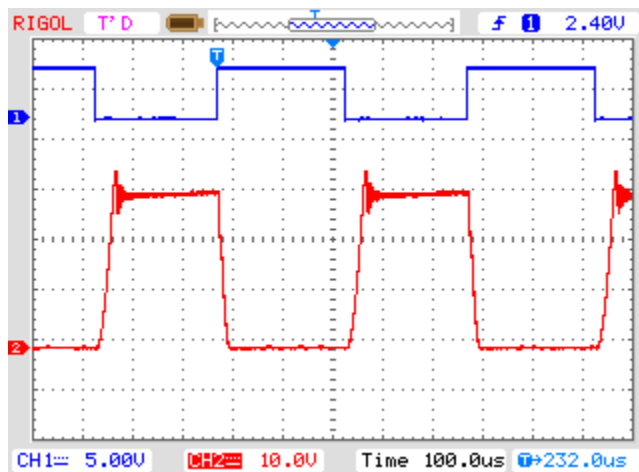
**Grafy:**

a) Zapojení CH2 osciloskopu na bázi tranzistoru



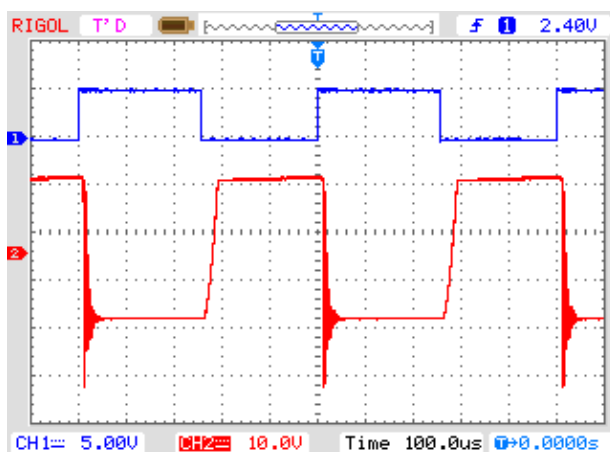
Můžeme si všimnout, že báze po vypnutí zůstává ještě chvíli otevřená. To je způsobeno indukčností z transformátoru. (Červeně U<sub>be</sub>).

b) Zapojení CH2 osciloskopu na kolektor tranzistoru



Napětí na tranzistoru odpovídá dvojnásobku napětí zdroje. Z důvodu indukování napětí ze sekundáru do primáru, které se přičítá k napětí zdroje. (Červeně U<sub>ce</sub>).

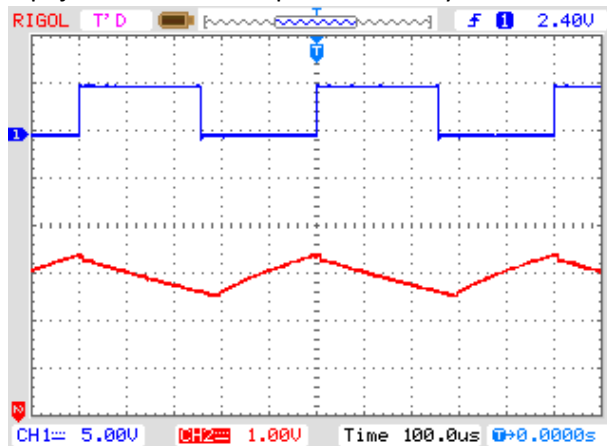
c) Zapojení CH2 osciloskopu na výstup transformátoru



Napětí je střídavé. Vidíme zde správné zřázování zdroje.

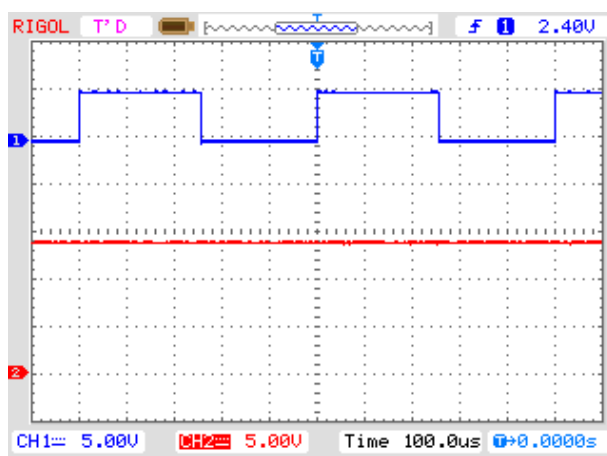


d) Zapojení CH2 osciloskopu na nárazový kondenzátor



Zde je průběh napětí na nárazovém kondenzátoru, na kterém je částečně vyfiltrované napětí výstupu.

e) Zapojení CH2 osciloskopu na zátěž



Časový průběh výstupního napětí. Je vidět, že napětí je kompletně vyhlazeno.

**Příklad výpočtu :**

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 = 14 \cdot 1,7 = 23,8 \text{ mW}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 = \frac{10,6}{23,8} \cdot 100 = 44,62 \%$$

**Závěr:**

Při měření jsem změřil závislost výstupního napětí na střídě, závislost účinnosti na střídě a průběhy napětí v různých částech obvodu. Z grafu vyplývá, že účinnost je největší okolo 50% střídě.

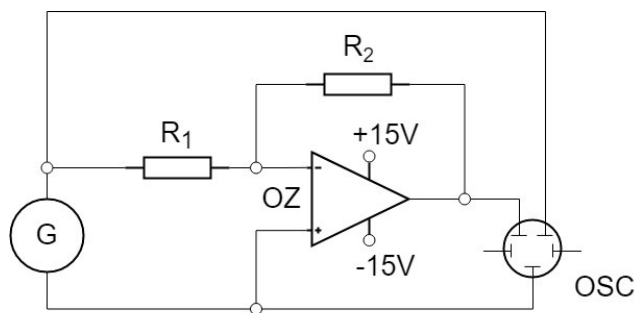
Datum: <b>19. 10. 2022</b>	<b>SPŠ CHOMUTOV</b>	Třída: <b>A4</b>
Číslo úlohy: <b>5</b>	<b>MĚŘENÍ NA OPERAČNÍCH ZESILOVAČÍCH I</b>	Jméno: <b>Schöpp Petr</b>

### Zadání:

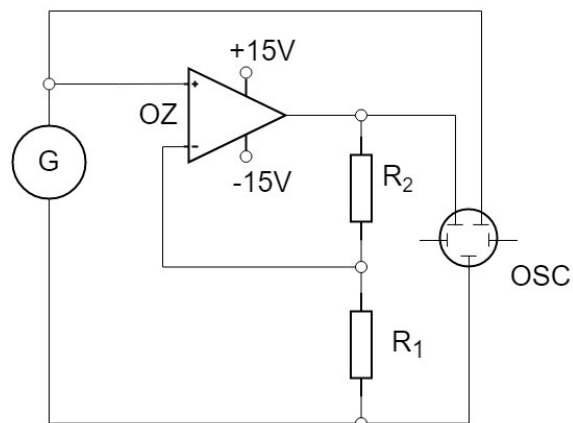
Zapojte a následně změřte základní zapojení operačního zesilovače

### Schéma zapojení:

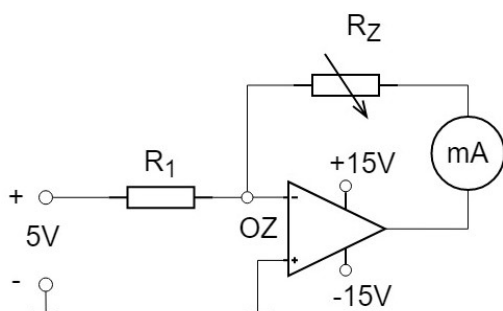
#### 2. Převodník U/U s invertujícím OZ:



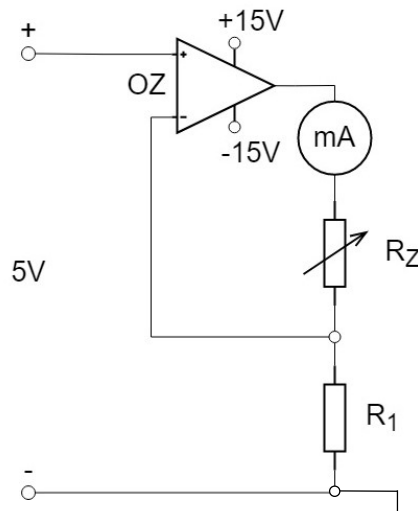
#### 1. Převodník U/U s neinvertujícím OZ:




#### 4. Převodník U/I s invertujícím OZ:



#### 3. Převodník U/I s neinvertujícím OZ:



### Tabulka použitých přístrojů:

NÁZEV	OZNAČENÍ	PARAMETRY	EVIDENČNÍ ČÍSLO
Stabilizovaný zdroj	$\pm 15V / 5V$	15V / 5V   1A	LE 1028
Osciloskop	OSC	Rigol DS2072A   70MHz	LE 5081
Miliampérmetr	mA	0-600mA 	LE2 2243/7
Generátor	G	Siglent SDG 1020   20MHz	LE 5080
Odporová dekáda	$R_1, R_2, R_Z$	0-111 111 $\Omega$	LE1 1924 LE1 1828

## Teorie:

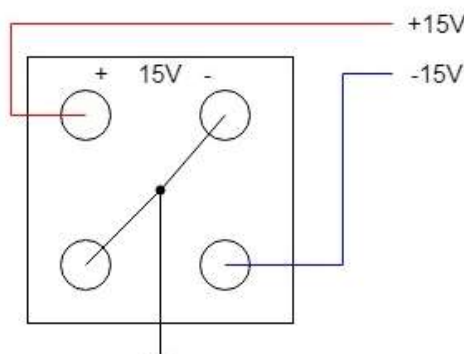
&1. Jakými vlastnostmi se OZ blíží ideálním zesilovačům? Velmi vysoké zesílení, vysoký vstupní odpor a malý výstupní odpor

&2. Vypište z katalogu potřebné charakteristické a mezní parametry OZ MAA 741

Mezní hodnoty:	MAA 741 MAA 748		MAA 741C MAA 748C	
Napájecí napětí	$U_{CC}$	$\pm 3 \dots \pm 22$	$\pm 3 \dots \pm 18$	V
Vstupní napětí rozdílové	$U_{IO}$	$\pm 30$	$\pm 30$	V
Vstupní napětí <sup>1)</sup>	$U_I$	$\pm 15$	$\pm 15$	V
Napětí mezi vývody (jen MAA 741, MAA 741C)				
č. 1 a 4	$U_{1/4}$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	V
č. 5 a 4	$U_{1/5}$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	V
Ztrátový výkon	$P_{tot}$	500	500	mW
Rozsah pracovních teplot	$\theta_a$	$-55 \dots \pm 125$	$0 \dots \pm 70$	°C
Rozsah skladovacích teplot	$\theta_{stg}$	$-65 \dots \pm 155$	$-65 \dots \pm 155$	°C

Charakteristické údaje:		$C_C = 0$ $C_C = 30 \text{ pF}$	MAA 741 MAA 748		MAA 741C MAA 748C		
Platí při $U_{CC} = \pm 15 \text{ V}$ , není-li uvedeno jinak			$\theta_a = +25 \text{ }^\circ\text{C}$		$\theta_a = +25 \text{ }^\circ\text{C}$		
Napěťová nesymetrie vstupů $R_S \leq 10 \text{ k}\Omega$	MAA 741 MAA 748	$U_{IO}$ $U_{IO}$	1,5 1,5	<5 <5	2 2	<6 <6	mV mV
Proudová nesymetrie vstupů		$I_{IO}$	10	<200	10	<200	nA
Vstupní klidový proud		$I_{IB}$	80	<500	80	<500	nA
Vstupní odpor		$R_{ISE}$	3	>0,3	3	>0,3	MΩ
Napěťové zesílení otevřené smyčky							
$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$ , $U_O = \pm 10 \text{ V}$	MAA 741	$A_u$	150 000	>50 000	130 000	>20 000	
$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$ , $U_O = \pm 10 \text{ V}$	MAA 748	$A_u$	130 000	>50 000	120 000	>20 000	
Napájecí proud		$I_{CC}$	1,3	<2,8	1,3	<2,8	mA
Přikon		$P$	40	<85	40	<85	mW
Rozkmit výstupního napětí							
$U_{CC} = 22 \text{ V}$ , $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$		$U_{OPP \text{ max}}$	$\pm 20$	> $\pm 17$	—	—	V
$U_{CC} = 18 \text{ V}$ , $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$		$U_{OPP \text{ max}}$	—	—	$\pm 16$	> $\pm 13$	V

&2.1. Naznačte způsob vytvoření symetrického napájení OZ pomocí dvou stejných zdrojů stejnosměrného napětí.



&4.1. Jaká je výhoda neinvertujícího OZ proti invertujícímu z hlediska vstupního odporu? U neinvertujícího OZ je vstupní odpor daný vnitřním odporem OZ, zatímco u invertujícího OZ je roven  $R_1$

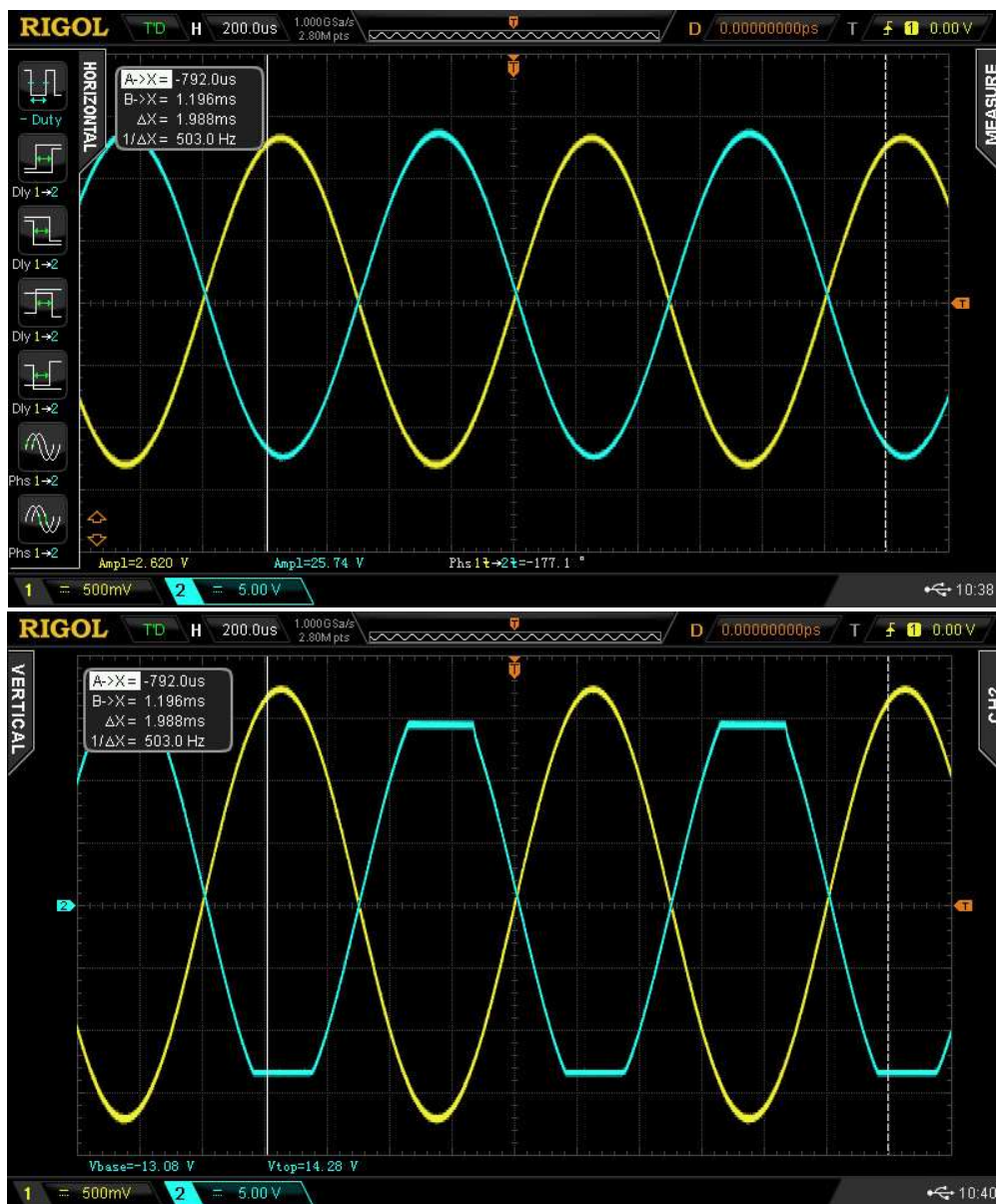
### Postup:

Kapacita:

- 1) Odpovědět na zadané otázky
- 2) Zapojit obvod dle schématu
- 3) U převodníků U/U vhodně zobrazím průběhy na osciloskopu a pomocí jeho funkcí zjistím požadované hodnoty
- 4) U převodníků U/I nastavuji  $R_z$  dokud se nezmění hodnota miliampérmetru, poté odečtu hodnotu  $R_z$

### Naměřené hodnoty:

1. Převodník U/U s invertujícím zesilovačem



Naměřená hodnota zesílení:

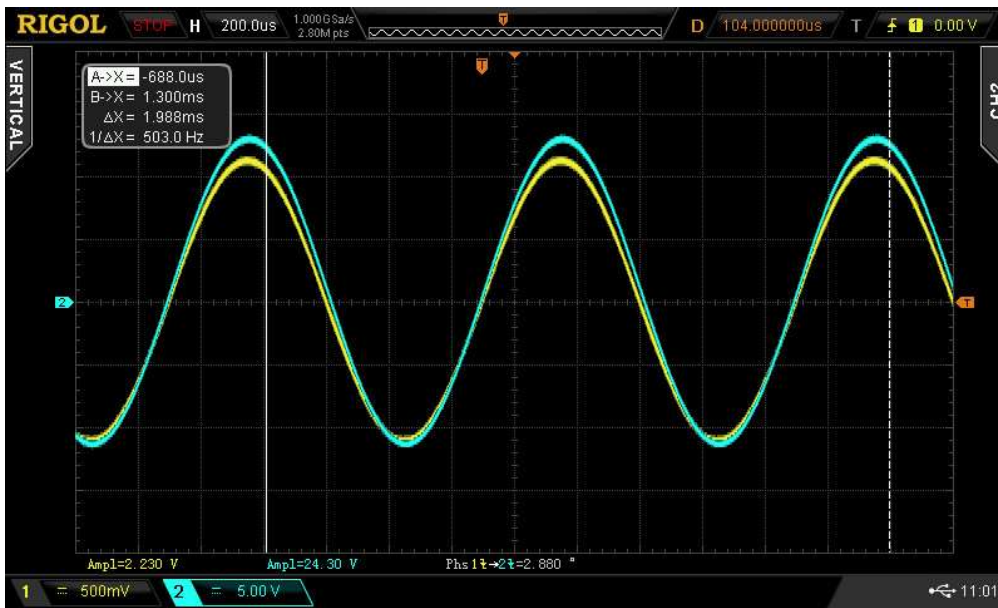
$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{25,74}{2,62} = 9,82$$

Fázový posun = 177,1°

$U_{SAT+} = 14,28 \text{ V}$

$U_{SAT-} = -13,08 \text{ V}$

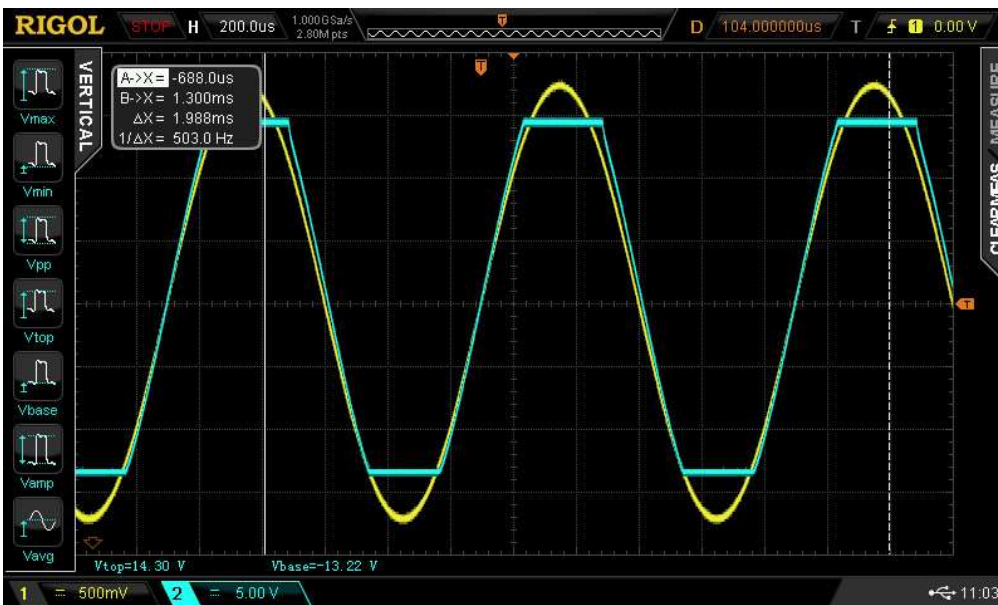
## 2. Převodník U/U s neinvertujícím zesilovačem



Naměřená hodnota zesílení:

$$A_U = \frac{U_2}{U_1} = \frac{24,3}{2,23} = 10,9$$

Fázový posun = 2,88°



$U_{SAT+} = 14,3 \text{ V}$

$U_{SAT-} = -13,22 \text{ V}$

### Výpočty:

&3. Navrhňte hodnoty napájecího napětí a zpětnovazebních odporů pro invertující a neinvertující zesilovač.

#### &3.1. Invertující zesilovač

- $U_{CC} = \pm 15 \text{ V}$
- Pro  $A_u = 10$  a  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$  navrhňte velikost odporu  $R_1$

$$A_u = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{R_2}{A_u} = \frac{100 \cdot 10^3}{10} = 10 \text{ k}\Omega$$

- Pro ss signál je  $R_{VST} = R_1$ , jakou hodnotu bude mít odpor  $R_2$ , jestliže chceme vytvořit invertor jehož  $R_{VST} = 10 \text{ k}\Omega$

$$A_u = -1 \Rightarrow R_2 = R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

#### &4. Neinvertující zesilovač

- $U_{CC} = \pm 15V$
- Pro  $A_u = 11$  a  $R_2 = 100k\Omega$  navrhnete velikost odporu  $R_1$

$$A_u = 1 + \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{R_2}{A_u - 1} = \frac{100 * 10^3}{10} = 10k\Omega$$

#### &5. Převodník U/I

- $U_{CC} = \pm 15V$

&5.1. Určete velikost odporu  $R_1$ , jestliže při vstupním napětí 5V chceme vytvořit z OZ zdroj proudu o velikosti 5mA.

$$I_2 = \frac{U_1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_2} = \frac{5}{5 * 10^{-3}} = 1k\Omega$$

&5.2 Ověřte, že velikost  $I_2$  nezávisí na hodnotě odporu  $R_Z$  až do určitého  $R_{Zmax}$ .

Experimentálně zjistěte velikost  $R_{Zmax}$  a porovnejte s vypočtenou hodnotou.

$$R_{Zmax} = \frac{U_{SAT}}{I_2} - R_1 = \frac{(12 \text{ až } 14)}{5 * 10^{-3}} - 1000 = 1400 \text{ až } 1800\Omega$$

$$R_{Zreal} = 1760\Omega \Rightarrow \text{vychází z teoretického rozmezí}$$

&5.3. Určete velikost odporu  $R_1$ , jestliže při vstupním napětí 5V chceme vytvořit z OZ zdroj proudu o velikosti 5mA.

$$I_2 = \frac{U_1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U_1}{I_2} = \frac{5}{5 * 10^{-3}} = 1k\Omega$$

&5.4. Ověřte, že velikost  $I_2$  nezávisí na hodnotě odporu  $R_Z$  až do určitého  $R_{Zmax}$ .

Experimentálně zjistěte velikost  $R_{Zmax}$  a porovnejte s vypočtenou hodnotou.

$$R_{Zmax} = \frac{U_{SAT}}{I_2} = \frac{(12 \text{ až } 14)}{5 * 10^{-3}} = 2400 \text{ až } 2800\Omega$$

$$R_{Zreal} = 2490\Omega \Rightarrow \text{vychází z teoretického rozmezí}$$

#### Závěr:

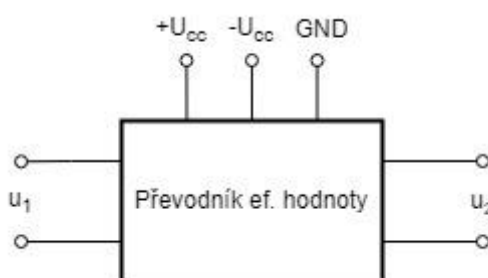
Měření proběhlo bez problémů. Hodnoty a výsledná charakteristiky odpovídají teoretickým předpokladům, až na fázové posuny, které byly o pár stupňů posunuty.

Datum : <b>2.112022</b>	<b>SPŠ CHOMUTOV</b>	Třída: <b>A4</b>
Číslo úlohy : <b>6</b>	<b>PŘEVODNÍK EFEKTIVNÍ HODNOTY NAPĚTÍ</b>	Jméno : <b>Vaněček Adam</b>

### Zadání:

Pomocí programu VEE sestavte program pro měření efektivní hodnoty napětí pro 3 různé průběhy, zároveň v programu vyhodnoťte, zda naměřená hodnota odpovídá rozmezí.

### Schéma zapojení:



### Použité přístroje:

Název	Označení	Parametry	Ev. Číslo
Zdroj	$\pm U_{cc}$ , GND	15V, 2A	
Generátor	$u_1$	HP 33220A	-
Multimetr	$u_2$	HP 34401A	-
Převodník ef. hodnoty	Převodník ef. hodnoty	-	LE2 2160

### Teorie:

Převodník efektivní hodnoty se skládá z několika operačních zesilovačů a odporů zapojených tak, aby na výstupu byla zobrazena velikost efektivní hodnoty, která je převedena právě ze vstupního signálu. Vstupní hodnoty byly měřeny pro sinusový průběh, trojúhelníkový a čtvercový.

### Postup:

- 1) Zapojení dle schématu
- 2) Vypočítáme konstanty pro výpočet efektivní hodnoty z Upp. (č. 15 ve výpisu programu)
- 3) Vytvoříme program
- 4) Zapneme

### Tabulka naměřených hodnot:

TYP	F (Hz)	$U_{1ef}$ (V)	$U_{2ef}$ (V)	$\Delta R$ (%)	ZÁVĚR
SIN	1000	2,12	2,12	-0,28	OK
SQU	1000	3	2,98	-0,77	OK
TRI	1000	1,73	1,73	-0,29	OK

**Příklad výpočtu:**

$$\text{SIN: } U_{1ef} = \frac{U_{pp}}{2\sqrt{2}} = \frac{6}{2\sqrt{2}} = 2,12V$$

$$\text{SQU: } U_{1ef} = \frac{U_{pp}}{3\sqrt{2}} = \frac{6}{2} = 3V$$

$$\text{TRI: } U_{1ef} = \frac{U_{pp}}{2\sqrt{3}} = \frac{6}{2} = 1,73V$$

$$\Delta R = \frac{U_{2ef} - U_{1ef}}{U_{1ef}} = \frac{2,98 - 3}{3} = -0,77\%$$

**Komentáře k programu :**

- 1) Nastavíme základní hodnoty generátoru ( $f = 1\text{kHz}$ ,  $U = 6V$ )
- 2) Vytvoříme cyklus s hodnotou od 0 do 2. Tento cyklus řídí jednotlivá měření
- 3) Podle hodnoty cyklu vybereme z pole tvar signálu
- 4) Nastavíme generátor na požadovaný tvar signálu
- 5) Podle hodnoty z cyklu vybereme z pole konstantu pro vzorec pro daný tvar signálu a vypočteme efektivní hodnotu pro napětí generátoru.
- 6) Po zpoždění 1s změříme efektivní hodnotu.
- 7) Z vypočtené a naměřené hodnoty vypočítáme relativní chybu
- 8) Zjistíme, zda je relativní chyba v limitu  $\pm 3\%$  a podle toho vypíšeme OK nebo KO
- 9) Uzel pro výpisy
- 10) Zaokrouhlíme hodnoty
- 11) Nashromáždí data pro tabulku
- 12) Uzel pro tabulku
- 13) Vytvoření jednotlivých řádků
- 14) Tabulka
- 15) Real64 Array. Vypočítá hodnoty. ( $\text{SIN} = 2\sqrt{2}$ ;  $\text{SQU}: 2$ ;  $\text{TRI}: 2\sqrt{3}$ )

**Závěr:**

Převodník efektivní hodnoty pro tvary signálů sinusový, čtvercový a trojúhelníkový odpovídá toleranci  $\pm 3\%$ . Žádná z naměřených relativních chyb nepřekročila 1%.

**Výpis programu:**

Na další straně.



