

MĚŘICÍ USMĚRŇOVAČ

Jakub Dvořák

22.10.2020



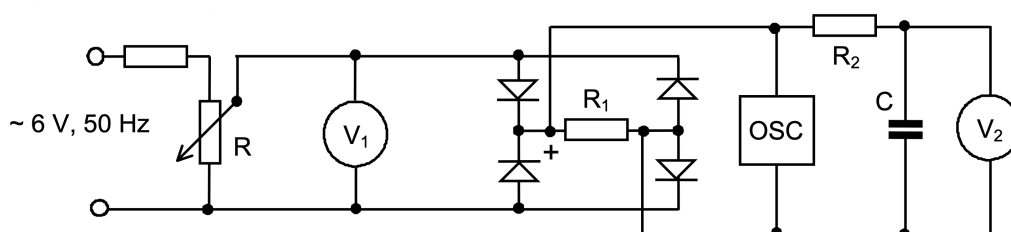
**FACULTY OF
ELECTRICAL ENGINEERING**

1 Úkol měření

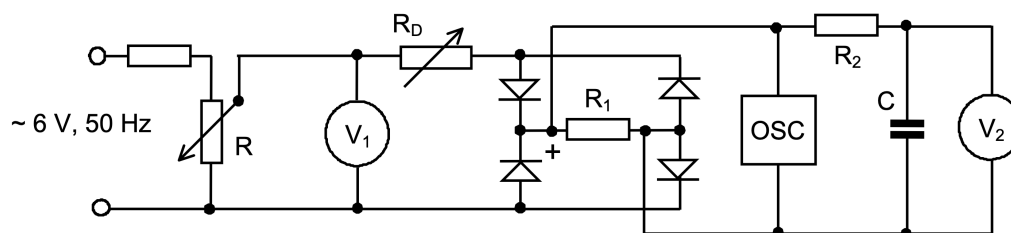
1. Změřte závislost střední hodnoty výstupního proudu na efektivní hodnotě vstupního napětí polovodičového usměrňovače v Graetzově zapojení, zatíženého rezistorem $R_1 = 100 \, \Omega$. Střední hodnotu výstupního proudu určete z úbytku napětí na tomto odporu (zapojení dle obr. 1, rozsah stejnosměrného voltmetru V_1 nastavte 200 mV) a jeho průběh sledujte osciloskopem.
2. Před polovodičový usměrňovač v Graetzově zapojení zařad'te odporovou dekádu RD (viz obr. 2) a experimentálně nastavte hodnotu odporu RD takovou, aby z této kombinace vznikl střídavý číslicový voltmetr s rozsahem 2 V (rozsah stejnosměrného voltmetru V_1 nastavte 200 mV). Změřte závislost stejnosměrného výstupního napětí U_2 na efektivní hodnotě napětí vstupního. Průběh napětí na zatěžovacím rezistoru R_2 sledujte osciloskopem.
3. Voltmetr se stejným rozsahem jako v bodě 2 realizujte pomocí operačního zesilovače s usměrňovačem ve zpětné vazbě podle schématu na obr. 3a nebo 3b. Odvoďte příslušný vztah a vypočtete hodnotu odporu R_D tak, aby efektivní hodnotě vstupního napětí 1 V odpovídala střední hodnota napětí na rezistoru R_1 $U_{R_1} = 100 \text{ mV}$. Experimentálně dostavte hodnotu odporu R_D tak, aby byl tento požadavek skutečně splněn, a vysvětlete případný rozdíl oproti vypočtené hodnotě.
4. Opět změřte závislost stejnosměrného výstupního napětí na efektivní hodnotě napětí vstupního. Osciloskopem sledujte nejen průběh proudu, ale i průběh napětí na výstupu OZ. Vysvětlete funkci OZ jako zdroje proudu.

Poznámka: Každou závislost změřte v 7 bodech (pro napětí $U_2 = 5; 10; 25; 50; 100; 150; 200 \text{ mV}$ měřené voltmetrem V_2). Naměřené průběhy vynesete do společného grafu.

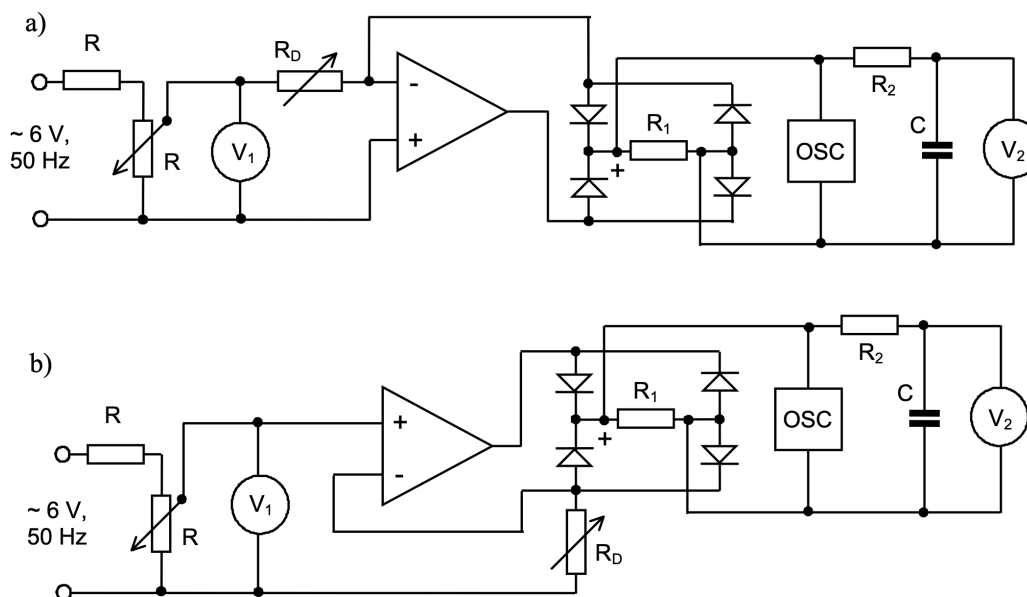
2 Schéma zapojení



Obrázek 1: Měření voltampérové charakteristiky usměrňovače zatíženého rezistorem R_1



Obrázek 2: Měření převodní charakteristiky sestaveného voltmetru s pasivním usměrňovačem



Obrázek 3: Zapojení sestaveného voltmetru s operačním usměrňovačem

3 Seznam použitých přístrojů

- V_1 Analogový voltmetr střídavý, tř přesnosti 1,5, rozsahy 2,4 V, 6 V
- V_1 Digitální multimetr DM-4418, rozsah 200 mV, přesnost (0,1 % z údaje + 4 digity)
- Osc Osciloskop GoldStar OS-9020G, 20 MHz
- P_1 Přípravek s dvoucestným usměrňovačem, zatěžovacím rezistorem R_1 a RC filtrem
- P_2 Přípravek s operačním zesilovačem

4 Teoretický úvod

Při měření střídavého napětí je nutno průběh napětí usměrnit. Nejjednodušším způsobem je použití diod v můstku. Jejich nelineární VA charakteristika jim ale nedovoluje přesné měření v oblasti, kdy se napětí na diodách pohybuje pod, nebo v oblasti dopředného napětí. Tato vlastnost jde kompenzovat

předřadným odporem, čímž zlinearizujeme větší část u počátku, ale stále se jedná o nelineární charakteristiku. Měřicí přístroje využívající diodového můstku často nemají při začátku rozsahu stupnici, jelikož nelze provést přesné měření. Řešením je použití můstku s operačním zesilovačem ve zpětné vazbě viz obr. 3.

Odpor odporové dekády R_D vypočítáme následovně:

$$\begin{aligned}\frac{U_2}{R_1} &= \frac{U_{1s}}{R_D} \\ U_{ef} &= U_{str}/1,11 \\ R_D &= \frac{U_{1s} \cdot R_1}{U_2 \cdot 1,11} \\ R_D &= \frac{U_{1s} \cdot R_1}{U_2 \cdot 1,11} = \frac{1 \cdot 100}{1,11 \cdot 0,1} = 900,9\Omega\end{aligned}$$

5 Naměřené hodnoty

Naměřené hodnoty jsou v tabulkách níže. Výstupní proud byl počítán jako $I_2 = U_2/R_1$, kde $R_1 = 100\Omega$.

U_{vstup} Analogový voltmetr [V]	U_2 DM-4418 [mV]	Výstupní proud [mA]
1,18	195,5	1,955
1,09	149,45	1,4945
0,99	103,25	1,0325
0,88	50,99	0,5099
0,78	24,52	0,2452
0,72	9,81	0,0981
0,66	5,37	0,0537
0	0,13	0,0013

Tabulka 1: První měření

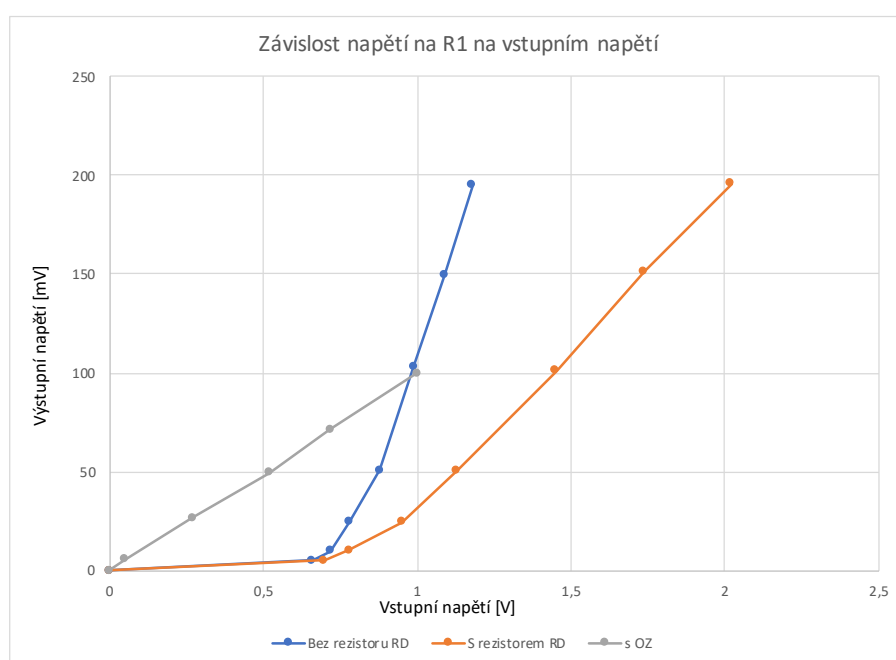
U_{vstup} Analogový voltmetr [V]	U_2 DM-4418 [mV]	Výstupní proud [mA]
2,02	195,62	1,9562
1,74	151,38	1,5138
1,45	101,05	1,0105
1,13	50,67	0,5067
0,95	24,45	0,2445
0,78	10,28	0,1028
0,7	5,32	0,0532
0	0,13	0,0013

Tabulka 2: Druhé měření

U_{vstup} Analogový voltmetr [V]	U_2 DM-4418 [mV]	Výstupní proud [mA]
1	99,99	0,9999
0,72	71,62	0,7162
0,52	49,66	0,4966
0,27	26,78	0,2678
0,05	5,79	0,0579
0	0,17	0,0017

Tabulka 3: Třetí měření

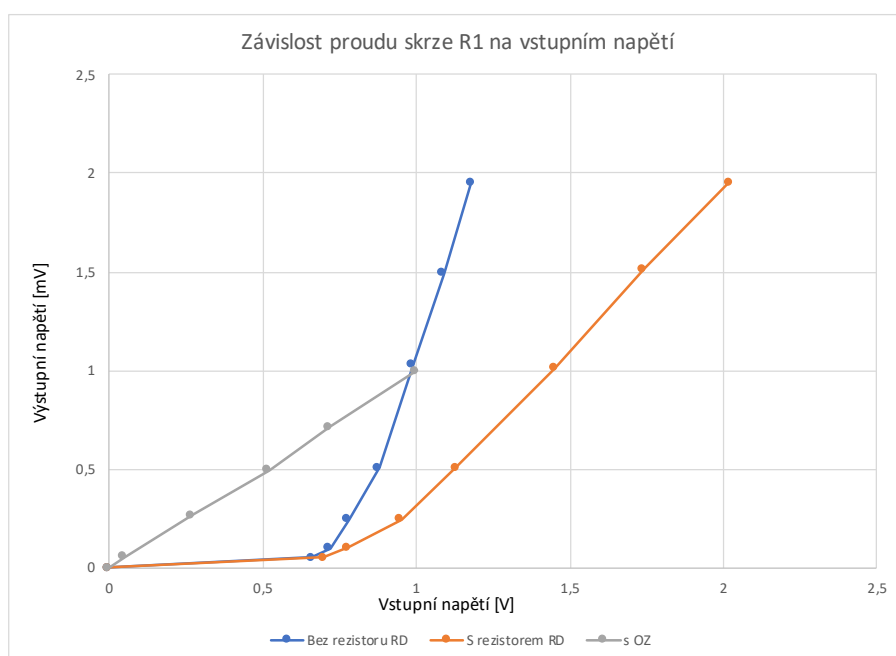
6 Zpracování naměřených hodnot



Graf 1: Závislost napětí na R1 v závislosti na vstupním napětí

7 Závěrečné vyhodnocení

Zjistili jsme, že diody se nechovají lineárně, pokud jde o malá napětí. To je způsobeno dopředným napětím, při kterém ze diody začínají výrazněji otevírat (dopředné napětí je dáno typem diody). Z grafů je vidět, že dopředné napětí pro naše diody se pohybuje kolem 0,7 V, což je typická hodnota. Také jsme ověřili, že při použití zpětné vazby pomocí operačního zesilovače můžeme dosáhnout velice lineární VA charakteristiky.



Graf 2: Závislost proudu skrz R1 v závislosti na vstupním napětí

Seznam použité literatury a zdrojů informací

Seznam použitých internetových zdrojů

[1] Návod k laboratorní úloze