

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Praktikum z elektroniky

Zpracoval: Marek Talába a Petr Bílek

Naměřeno: 6.3.2014

Obor: F **Ročník:** III **Semestr:** VI

Testováno:

Úloha č. 1: **Zenerova dióda a stabilizátory napätia**

Úlohy

- Namerajte závernú charakteristiku Zenerovej diódy. Z grafu $I_d = f(U_d)$ stanovte hodnotu Zenerovho napätia a odpor R_d .
- Namerajte závislosť výstupného napätia na napätí vstupnom pre pevné hodnoty odporu R_1 a R_z . Merajte pre niekoľko hodnôt R_z .
- Pre pevnú hodnotu výstupného napätia a odporu R_1 namerajte závislosť výstupného napätia na prúde záťažou. Určite vnútorný odpor zdroja a činiteľ stabilizácie S z výsledkov merania a výpočtom.
- Pre pevnú hodnotu vstupného napätia určite závislosť výstupného napätia U_2 na prúde I_2 . Odpor R_1 aj Zenerova dióda sú rovnaké ako v predchádzajúcom meraní. Porovnajte výstupné napätie a zaťažiteľnosť oboch stabilizátorov.
- Pre stálu veľkosť zaťažovacieho odporu R_z určite závislosť výstupného napätia U_2 na vstupnom napätí U_1 . Určite činiteľ stabilizácie.
- Pre stálu hodnotu výstupného prúdu stanovte závislosť výstupného napätia na napätí vstupnom. Určite činiteľ stabilizácie S .
- Pre danú hodnotu vstupného napätia stanovte závislosť výstupného napätia na prúde záťažou. Prúdová poistka je vyradená.
- Urobte rovnaké meranie, ako v predchádzajúcom bode s tým rozdielom, že prúdová poistka bude zaradená. Merajte pre niekoľko hodnôt výstupného napätia.

Pomôcky

V tomto praktiku sme použili nasledujúce pomôcky: Zenerova dióda, tranzistor, vodiče, ampérmetre, voltmetre, zdroj jednosmerného napätia, premenný rezistor. Jednotlivé pomôcky môžeme vidieť na obrázku 1.

Teória

Zenerova dióda je kremíková plošná polovodičová dióda s veľmi tenkým PN prechodom. Pri pôsobení napätia v závernom smere vzniká vo vyprázdnenej oblasti veľká intenzita elektrostatického poľa. Z kryštálovej mriežky sa začnú vytrhávať elektróny, čo má za následok prudký nárast minoritných nosičov náboja. Pri dosiahnutí určitého napätia v závernom smere nastane nedeštruktívny



Obrázek 1: Pomôcky.

prieraz- prudko stúpne prúd. V tejto oblasti pripadá na malú zmenu napätia veľká zmena prúdu. Tento druh prierazu sa nazýva Zenerov prieraz a napätie, pri ktorom nastáva, sa nazýva Zenerovo napätie. V závernom smere nastáva jav Zenerovho prierazu od napätia okolo 3V. Jej použitie je na odmedzovanie a stabilizáciu napätia.

Elektrón môže prekonať PN prechod dvoma rôznymi spôsobmi. Prvým spôsobom je tunelový jav: keďže prechod je úzky, elektrón môže pretunelovať na druhú stranu. Tunelový jav nastáva pri napätiach do 6V. Pri zvyšovaní teploty sa znižuje šírka zakázaného pásu. Druhým spôsobom je lavínový prieraz: elektrón ako minoritná častica je urýchľovaný elektrickým polom v závernom smere. Pri vysokom napätí môže získať takú energiu, že pri zrážke s atómom môže z neho vyraziť ďalší elektrón. Ten je znovu urýchľovaný a môže vyraziť ďalší elektrón a týmto spôsobom prudko rastie prúd cez daný prechod.

Dôležitým parametrom je diferenciálny odpor diódy v oblasti prierazu, ktorý je daný vzťahom:

$$R_d = \frac{\Delta U_d}{\Delta I_d} \quad (1)$$

Čím má R_d menšiu hodnotu, tým je dióda vhodnejšia pre stabilizáciu napätia. Charakteristickou veličinou pre stabilizátor je činiteľ stabilizácie S , ktorý môžeme určiť zo vzťahu:

$$S = \frac{U_2}{U_1} \frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} \quad (2)$$

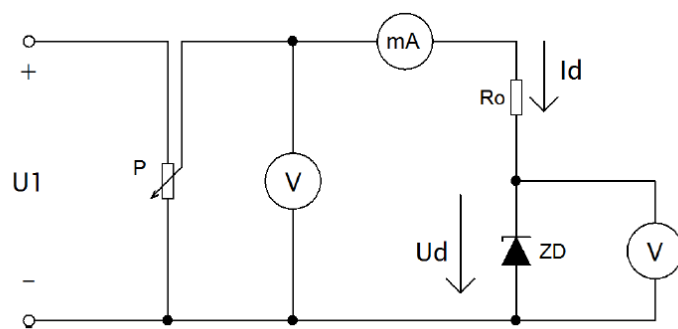
Pričom pomer prírastkov napätí môžeme stanoviť dvoma spôsobmi. Prvou možnosťou je nasledujúci vzťah:

$$\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = \tan \alpha \quad (3)$$

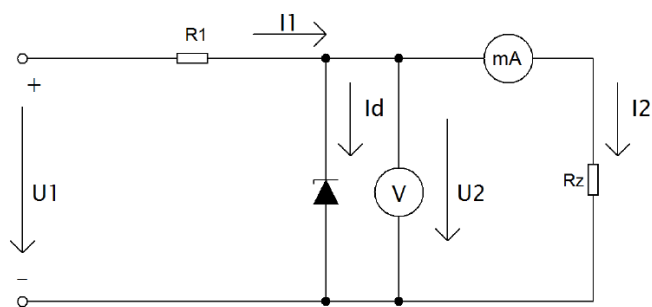
kde tangens uhlu je vlastne smernicou závislosti výstupného napätia na napätí vstupnom. Druhou možnosťou je ho určiť ako pomer odporov nasledovne:

$$\frac{\Delta U_1}{\Delta U_2} = \frac{R_1 + R_d}{R_d} \quad (4)$$

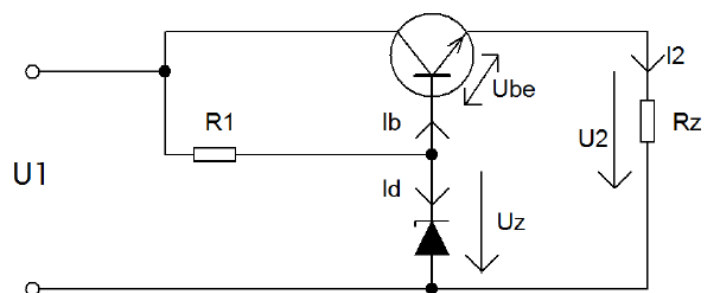
Podrobnejší popis k jednotlivým úlohám meraných v tomto praktiku môžeme nájsť v [1].



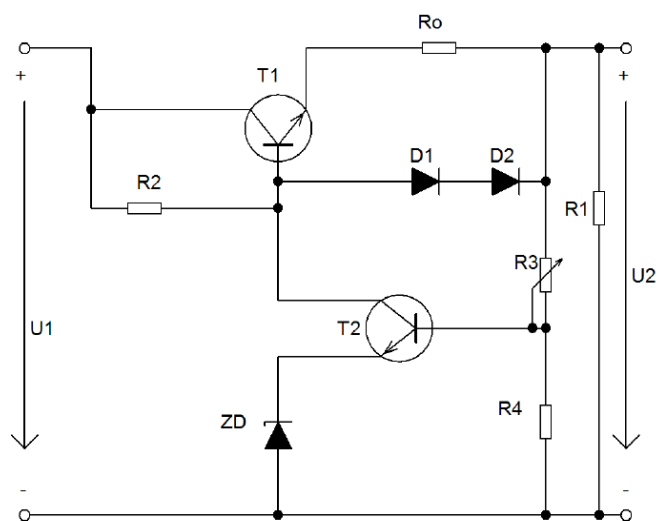
Obrázek 2: Schéma zapojenia pre meranie charakteristiky Zenerovej diódy.



Obrázek 3: Schéma zapojenia Zenerovej diódy v jednoduchom stabilizátore napätia.



Obrázek 4: Schéma zapojenia stabiliztoru s tranzistorom a Zenerovou diódou.

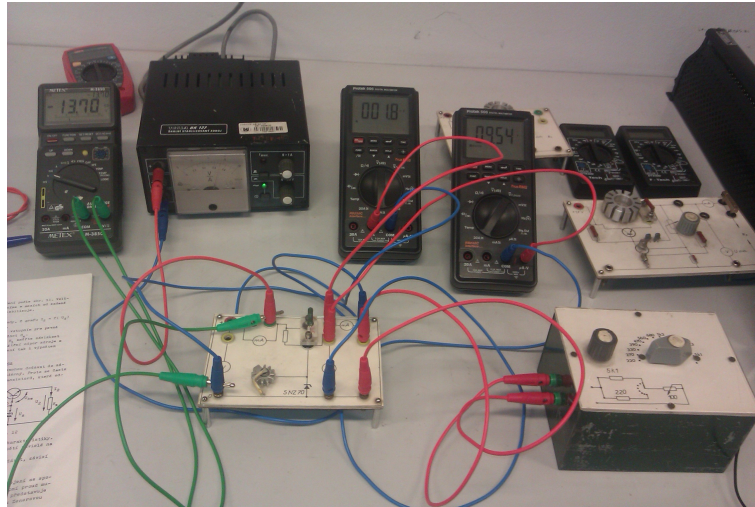


Obrázek 5: Schéma zapojenia jednoduchého riaditeľného stabilizovaného zdroja napätia.

Vypracovanie

I.

Pri prvých meraniach budeme používať zapojenie, ktoré môžeme vidieť na obrázku 6.



Obrázek 6: Zapojenie Zenerovej diódy.

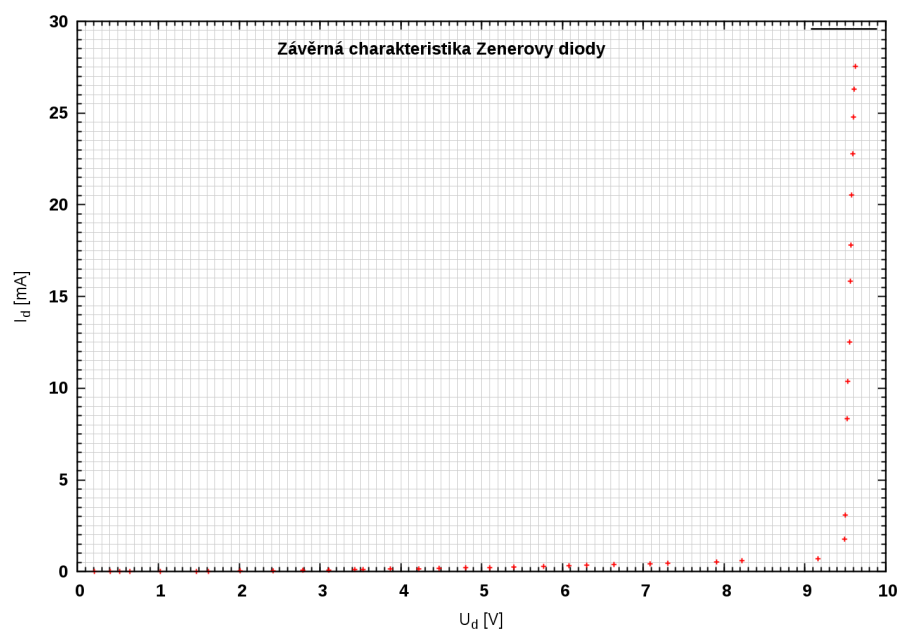
1.

Ako prvé budeme merať závernú charakteristiku Zenerovej diódy. Z nameranej závislosti určíme hodnotu Zenerovho napätia a diferenciálny odpor diódy, ktorý je rovný prevrátenej hodnote smernice vynásobený 10^3 , pretože prúd je uvedený v mA .

č. merania	U_d [V]	I_d [mA]	č. merania	U_d [V]	I_d [mA]
1	0,206	0	21	6,08	0,32
2	0,404	0	22	6,3	0,34
3	0,52	0	23	6,64	0,38
4	0,65	0	24	7,08	0,43
5	1,026	0,01	25	7,3	0,46
6	1,47	0,01	26	7,91	0,54
7	1,62	0,02	27	8,22	0,58
8	2,01	0,03	28	9,16	0,71
9	2,42	0,04	29	9,49	1,76
10	2,79	0,06	30	9,5	3,09
11	3,11	0,07	31	9,52	8,33
12	3,43	0,1	32	9,53	10,36
13	3,53	0,11	33	9,55	12,5
14	3,87	0,13	34	9,56	15,84
15	4,22	0,15	35	9,57	17,79
16	4,47	0,17	36	9,58	20,52
17	4,8	0,2	37	9,59	22,79
18	5,1	0,22	38	9,6	24,77
19	5,4	0,25	39	9,61	26,32
20	5,77	0,28	40	9,62	27,55

Zerevoro napätie je $U_d = 9,5V$

Diferenciálny účinný prierez je $R_d = \frac{\Delta U_d}{\Delta I_d} = 4,8\Omega$



Obrázek 7: Závěrná charakteristika Zenerovej diódy.



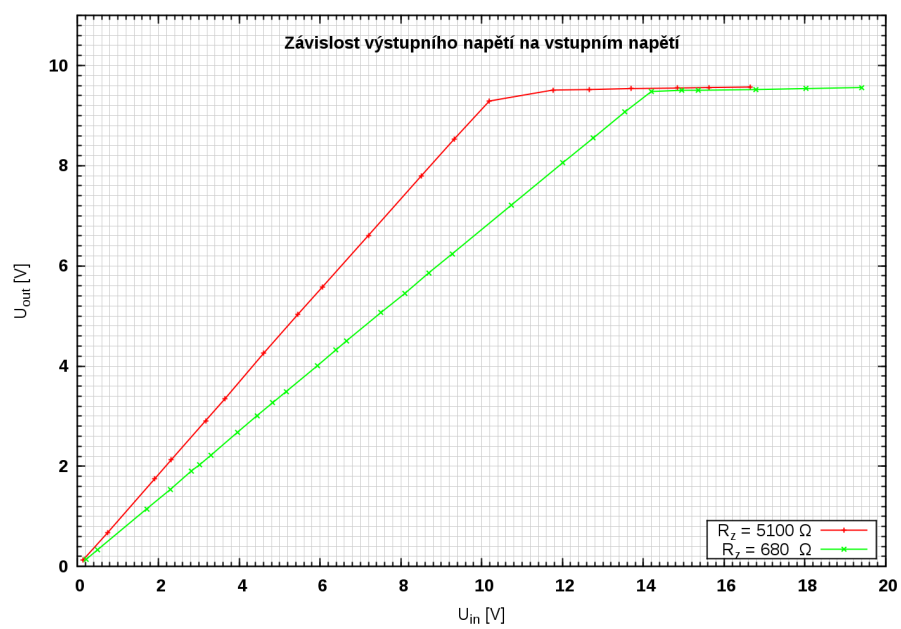
Obrázek 8: Závěrná charakteristika Zenerovej diódy od hodnoty Zenerovho napätia.

2.

Ďalej budeme merať závislosť výstupného napätia na napätí vstupnom pre dve rôzne hodnoty odporu R_z . Namerané závislosti vynesieme do grafu.

$$R_1 = 390\Omega$$

	$R_1 = 390\Omega$			
	$R_z = 680\Omega$		$R_z = 5100\Omega$	
č.merania	U_{in} [V]	U_{out} [V]	U_{in} [V]	U_{out} [V]
1	0,13	0,125	0,21	0,14
2	0,74	0,67	0,49	0,33
3	1,91	1,75	1,71	1,15
4	2,32	2,13	2,3	1,54
5	3,17	2,91	2,82	1,91
6	3,65	3,35	3,02	2,03
7	4,61	4,26	3,3	2,22
8	5,45	5,03	3,96	2,68
9	6,06	5,58	4,44	3,01
10	7,2	6,61	4,83	3,27
11	8,51	7,8	5,16	3,49
12	9,32	8,53	5,94	4,01
13	10,19	9,29	6,39	4,32
14	11,77	9,51	6,65	4,5
15	12,67	9,52	7,51	5,07
16	13,69	9,54	8,1	5,45
17	14,84	9,55	8,69	5,86
18	15,62	9,56	9,27	6,24
19	16,65	9,57	10,73	7,21
20			12,01	8,06
21			12,76	8,55
22			13,54	9,07
23			14,2	9,48
24			14,96	9,5
25			15,36	9,5
26			16,79	9,52
27			18,03	9,54
28			19,41	9,56

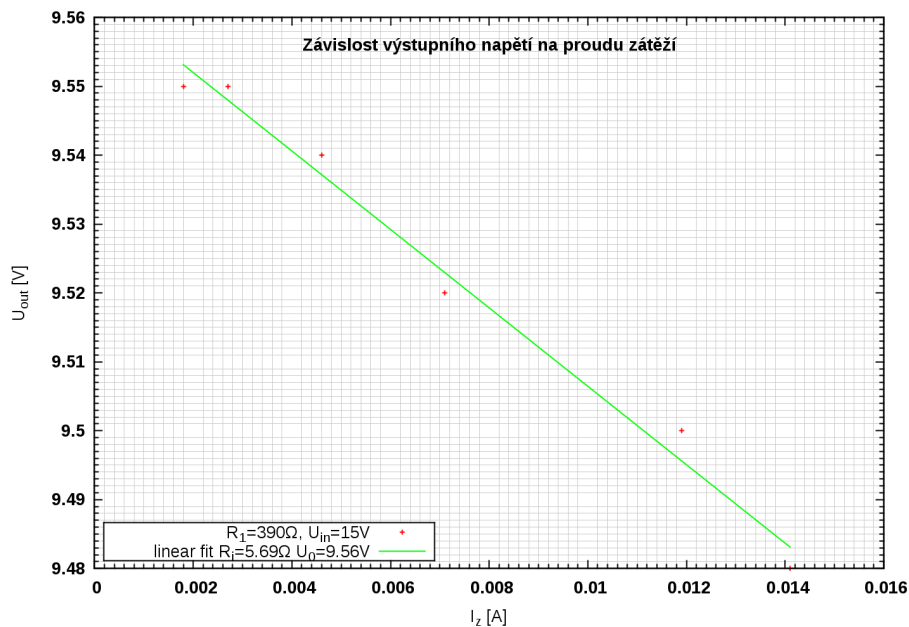


Obrázek 9: Závislost výstupního napětí na napětí vstupnom.

3.

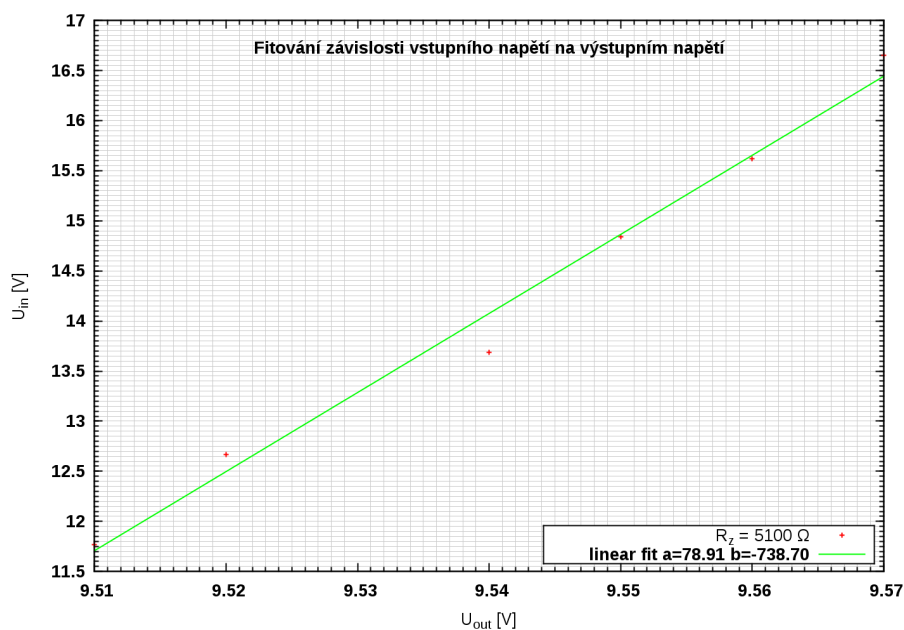
Ďalej budeme merať závislosť výstupného napätia na prúde záťažou pri pevnej hodnote vstupného napätia a odpore R_1 . Z toho určíme vnútorný odpor zdroja a činiteľ stabilizácie. Namerané hodnoty vynesieme do grafu.

$$R_1 = 390\Omega$$



Obrázek 10: Závislosť výstupného napätia na prúde záťažou.

Vnútorný odpor zdroja je $R_i = 5,69\Omega$



Obrázek 11:

Teraz určíme činiteľ stabilizácie pre hodnoty napätí $U_1 = 9,56$ $U_2 = 14,2$ z rovnice (1) a to jak zo smernice závislosti, tak z pomeru odporov.

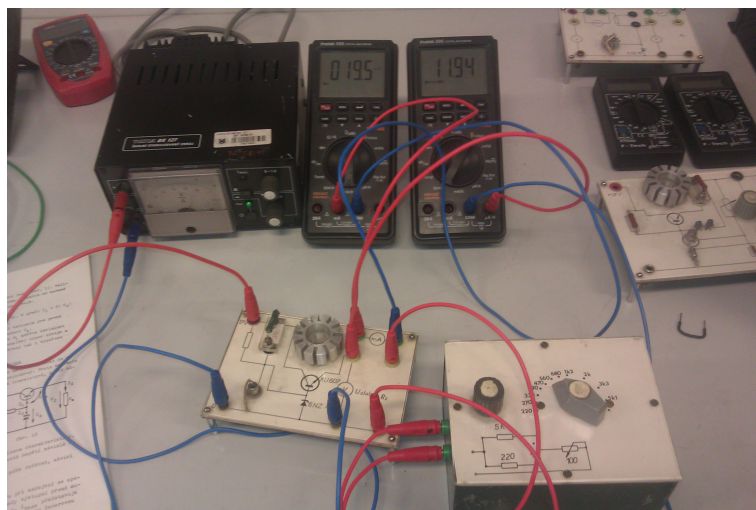
V prípade so smernicou máme $S = 78,91 \frac{9,56}{14,2} = 53,13$.

V prípade s odpormi $S = 81,6 \frac{9,56}{14,2} = 54,94$.

Môžeme vidieť, že obe hodnoty vyšli veľmi podobne, čo je dobrá zhoda oboch metód.

II.

Pri nasledujúcich meraniach budeme používať zapojenie, ktoré môžeme vidieť na obrázku 12.

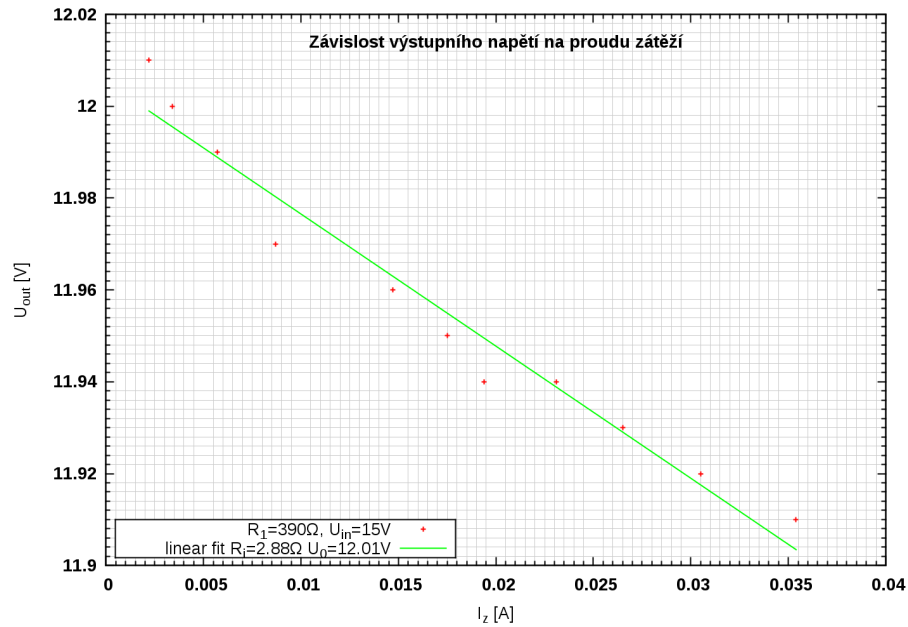


Obrázek 12: Zapojenie Zenerovej diódy so stabilizátorom s tranzistorom.

4.

Ďalej zmeriame závislosť výstupného napätia na prúde ako v predchádzajúcej úlohe. Zenerova dióda a odpor R_1 sú taktiež rovnaké. Namerané hodnoty vynesieme do grafu a určíme vnútorný odpor stabilizátoru.

$$U_1 = 15V$$



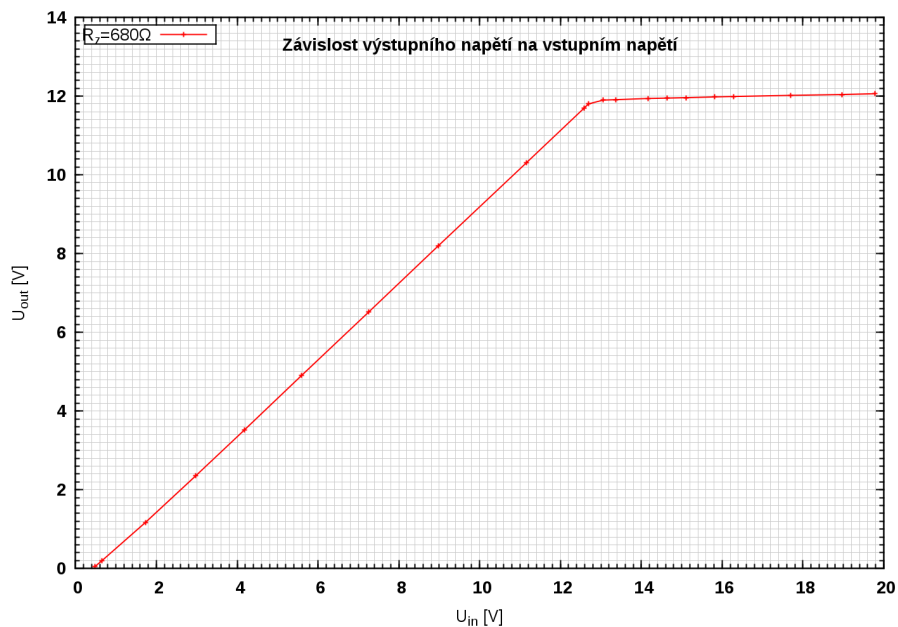
Obrázek 13: Závislosť výstupného napätia na prúde zátážou.

Vnútorný odpor stabilizátoru je $R_i = 2,88\Omega$.

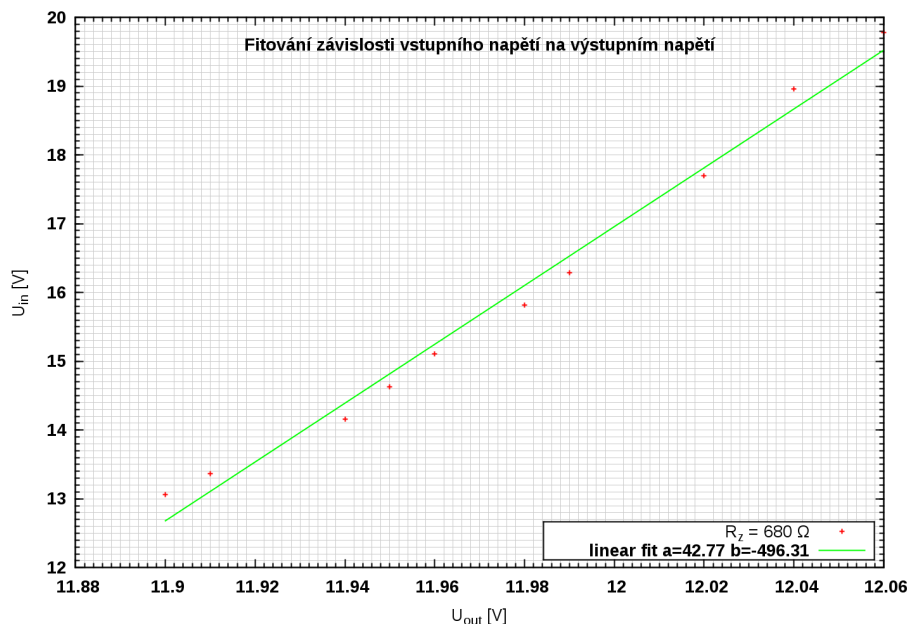
5.

Ďalej pre stálu hodnotu zaťažovacieho prúdu R_Z určíme závislosť výstupného napätia na napätí vstupnom a určíme činiteľ stabilizácie. Namerané hodnoty vynesieme do grafu.

$$R_Z = 680\Omega, R_1 = 390\Omega$$



Obrázek 14:

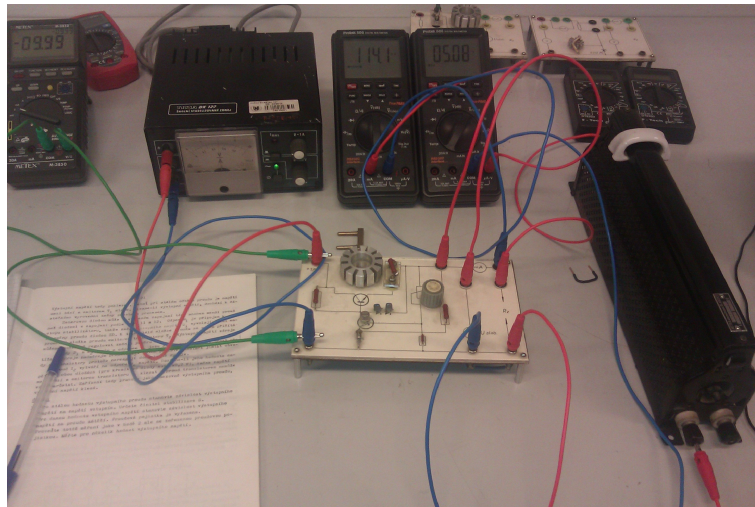


Obrázek 15:

Pre hodnoty $U_1 = 11,9V$ a $U_2 = 13,06V$ určíme činiteľ stabilizácie. V prípade so smernicou dostávame vzťah: $S = 42.77 \frac{11,9}{13,06} = 38,97$

III.

Pri nasledujúcich meraniach budeme používať zapojenie, ktoré môžeme vidieť na obrázku 16.

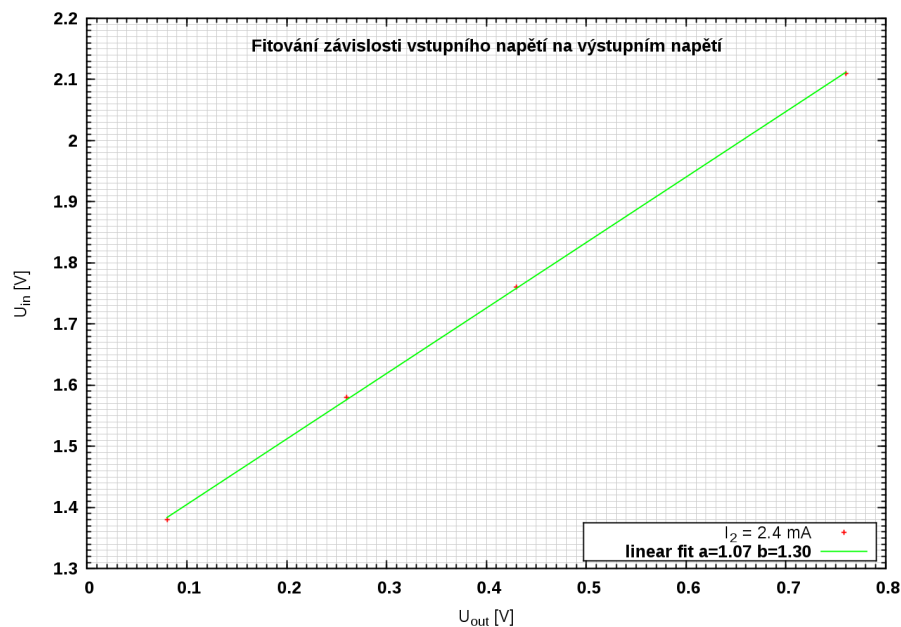


Obrázek 16: Zapojenie Zenerovej diódy so stabilizátorom a elektronickou poistkou.

6.

Ďalej pre jednu hodnotu výstupného prúdu stanovíme závislosť výstupného napätia na napätí vstupnom a určíme činiteľ stabilizácie. Marené hodnoty vynesieme do grafu.

$$I_2 = 2,4 \text{ mA}$$



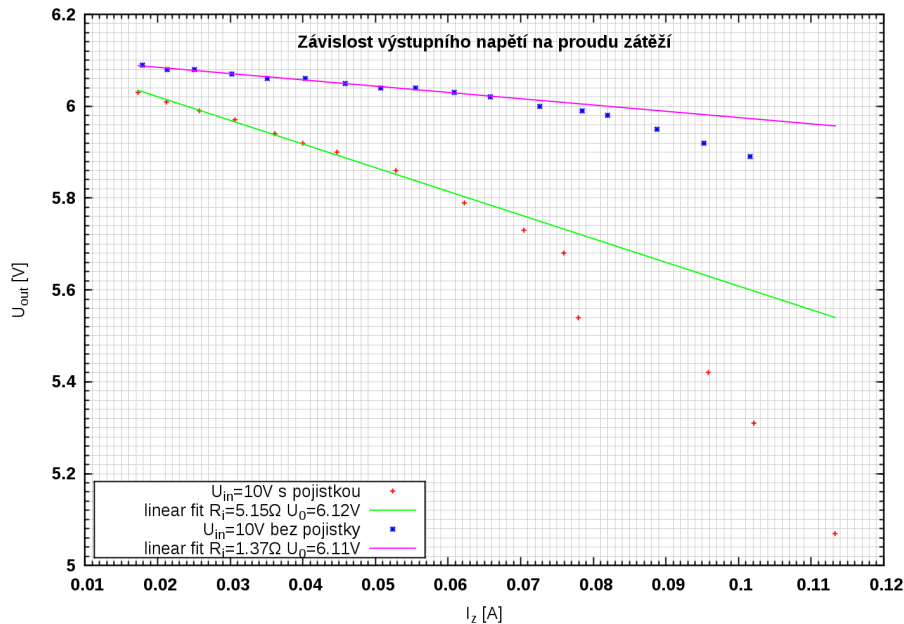
Obrázek 17: Závislosť výstupného napätia na napätí vstupnom.

Pre hodnoty napätí $U_1 = 0,08$ a $U_2 = 1,38$ určíme činiteľ stabilizácie. V prípade so smernicou dostávame vzťah: $S = 1,07 \frac{1,38}{0,08} = 18,48$

7.

Nakonec stanovíme závislosť výstupného napätia na prúde záťažou pre jedno pevnú hodnotu napätia vstupného a to buď v zapojení s prúdovou poistkou alebo bez nej. Namerané hodnoty vyne-
sieme do grafu.

$$U_1 = 10V$$



Obrázek 18: Závislosť výstupného napätia na prúde záťažou.

Ako sme mohli čakať, vnútorný odpor stabilizátoru v zapojení s poistkou je o niekoľko Ohmov väčší ako v zapojení bez poistky. Poistka je tvorená dvoma diódami, ktoré pracujú ako obmedzovač prúdu. Pri určitej hodnote prúdu začne prudko klesať výstupné napätie.

Záver

Overili sme použiteľnosť Zenerovej diódy v niekoľkých jednoduchých zapojeniach.

Reference

- [1] Z. Ondráček: *Praktikum z elektroniky*. Masarykova univerzita, Brno, 1991. ISBN 80-210-0291-3.
- [2] J. Doleček: *Moderní učebnice elektroniky 2: Polovodičové prvky a elektronky*. Vydavatelství BEN, Praha, 2005. ISBN 80-7300-161-6.