

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Praktikum z elektroniky

Zpracoval: Marek Talába a Petr Bílek

Naměřeno: 27.2.2014

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

Testováno:

Úloha č. 1: **Určenie štvorpólových parametrov tranzistoru z charakteristík a zo zmien napätí a prúdov**

Úlohy

- Namerajte závislosť $I_b = f(U_{be})$ pre niekoľko pevných hodnôt napätia U_{ce} .
- Namerajte závislosť $I_c = f(U_{ce})$ pre niekoľko stálych hodnôt I_b . Stanovte zbytkové kolektorového prúdy I_{ce0} a I_{co0} .
- Graficky vyznačte závislosť kolektorového prúdu $I_c = f(I_b)$ pre jednu pevnú hodnotu napätia U_{ce} , závislosť $I_b = f(U_{be})$ a $I_c = f(U_{ce})$. Z grafov ďalej stanovte:
 - Prúdový zosilňovací činiteľ h_{21} pre niekoľko hodnôt kolektorového prúdu
 - Vstupný odpor tranzistoru h_{11} pre niekoľko hodnôt kolektorového prúdu
 - Vstupnú vodivosť h_{22} pre niekoľko hodnôt prúdu báz.
- Dynamicou metódou určite parametre h_{11} , h_{21} a y_{21} tranzistoru.
- Graficky vyjadrite závislosť $h_{21} = f(I_c)$ a $h_{21} = f(U_{ce})$.

Pomôcky

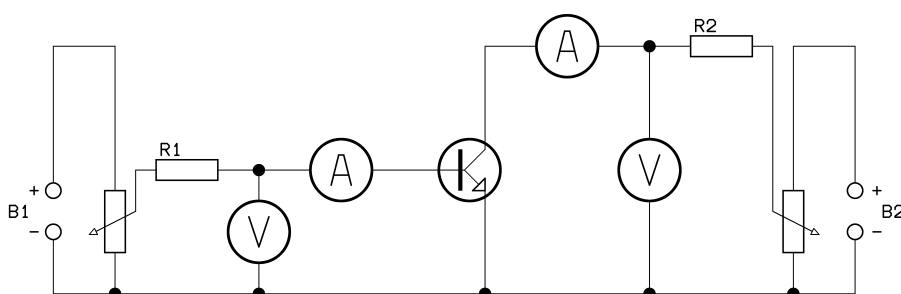
V tomto praktiku sme používali nasledujúce pomôcky: jednosmerný zdroj napätia, potenciometer, multimetre, germániový bipolárny tranzistor, generátor, vodiče, kondenzátory, odpory, voltmetre. Jenotlivé pomôcky môžeme taktiež vidieť na obrázku 1.

Teória

Tranzistor je polovodičová súčiastka, ktorá je tvorená dvojicou PN prechodov. Jeho základnou schopnosťou je zosilňovanie. Malé zmeny napätia alebo prúdu na vstupe môžu vyvolať veľké zmeny napätia alebo prúdu na výstupe. Táto schopnosť vzniká pri priepustne polarizovanom prechode báza-emitor a záverne polarizovanom prechode báza-kolektor. Podľa princípu činnosti sa tranzistory delia na bipolárne, ktoré sú riadené prúdom tečúcim do bázy a unipolárne, ktoré sú riadené napätím na riadiacej elektróde. Každý tranzistor má najmenej tri elektródy. U bipolárneho tranzistoru sa označujú ako kolektor, báza a emitor, u tranzistoru unipolárneho ako drain, gate a source. Podľa usporiadania použitých polovodičov typu P alebo N sa rozlišujú dva typy bipolárnych tranzistorov: NPN a PNP, kde prostredné písmeno odpovedá bázy. V konkrétnych zapojeniach je vždy jedna z elektród tranzistoru spoločná vstupnému aj výstupnému obvodu a tranzistor môžeme považovať za dvojbran.



Obrázek 1: Pomôcky.



Obrázek 2: Schéma zapojenia.

Pre vyjadrenie nízkofrekvenčných vlastností tranzistoru sa najčastejšie používajú "h" parametre, ktoré majú nasledujúci význam:

$h_{11} = \frac{u_1}{i_1}$ pri $u_2 = 0$ je vstupný odpor pri výstupe do skratu,

$h_{12} = \frac{u_1}{u_2}$ pri $i_1 = 0$ je spätný prenos napätia pri vstupe naprázdno,

$h_{21} = \frac{i_2}{i_1}$ pri $u_2 = 0$ je prúdový prenos pri výstupe nakrátko,

$h_{22} = \frac{i_2}{u_2}$ pri $i_1 = 0$ je výstupná vodivosť pri vstupe naprázdno.

Podobne pre vyjadrenie vysokofrekvenčných vlastností sa často používajú "y" parametre, ktorých význam je podobný. Napríklad parameter y_{11} predstavuje vstupnú vodivosť pri výstupe do skratu, parameter y_{21} je strmost pri $u_2 = 0$. Viac o vlastnostiach tranzistoru a princípe merania jeho charakteristík sa môžeme dočítať v [1] alebo [2].

Vypracovanie

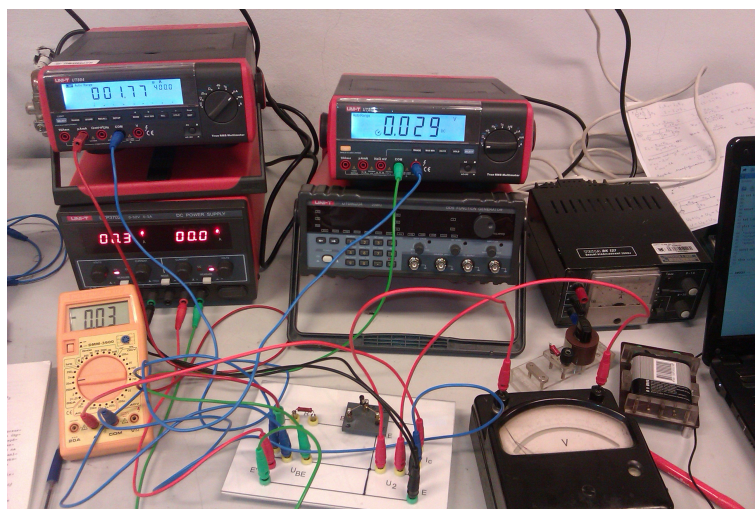
Pri prvých meraniach sme použili zapojenie, ktoré môžeme vidieť na obrázku 3.

1.

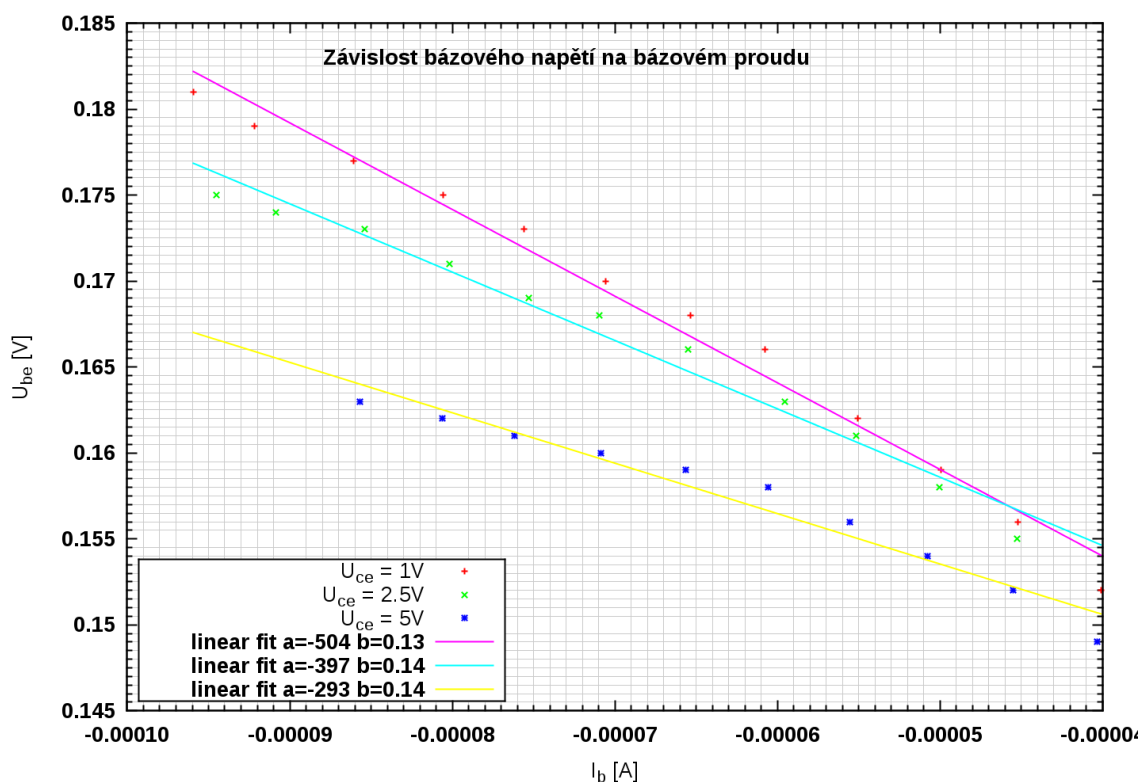
Najprv budeme merať závislosť $I_b = f(U_{be})$ pre tri pevné hodnoty kolektorového napätia U_{ce} . Bázový prúd sme zvyšovali do hodnoty $100\mu A$. Počas merania sme museli dávať pozor, aby nám kolektorový prúd nepresiahl hranicu $15\mu A$. Prvé dve hodnoty bázového prúdu nám vyšli záporné, čo

je spôsobené tým, že germániový tranzistor je závislý na teplote, takže má vysoký zostatkový prúd. Namerané data nakoniec vynesieme do grafu.

č. merania	$U_{ce} = 1 \text{ V}$		$U_{ce} = 2.5 \text{ V}$		$U_{ce} = 5 \text{ V}$	
	$U_{be} [\text{V}]$	$I_b [\mu\text{A}]$	$U_{be} [\text{V}]$	$I_b [\mu\text{A}]$	$U_{be} [\text{V}]$	$I_b [\mu\text{A}]$
1	0,037	1,47	0,049	1,03	0,044	1,57
2	0,054	0,47	0,083	-2,1	0,062	0,26
3	0,065	0	0,098	-5,25	0,081	-1,56
4	0,075	-1,16	0,113	-9,83	0,099	-5,33
5	0,09	-3,51	0,125	-15,56	0,113	-10,13
6	0,099	-5,49	0,132	-20,32	0,124	-15,62
7	0,106	-7,56	0,138	-24,45	0,132	-20,6
8	0,115	-10,65	0,143	-29,81	0,137	-25,49
9	0,12	-13,03	0,148	-34,79	0,142	-30,29
10	0,125	-15,8	0,152	-39,54	0,147	-36,41
11	0,129	-18,39	0,155	-45,25	0,149	-40,32
12	0,133	-20,93	0,158	-50,04	0,152	-45,49
13	0,138	-24,93	0,161	-55,15	0,154	-50,76
14	0,143	-29,81	0,163	-59,56	0,156	-55,54
15	0,148	-34,7	0,166	-65,51	0,158	-60,59
16	0,152	-40,12	0,168	-70,95	0,159	-65,66
17	0,156	-45,21	0,169	-75,28	0,16	-70,87
18	0,159	-49,93	0,171	-80,16	0,161	-76,19
19	0,162	-55,06	0,173	-85,41	0,162	-80,6
20	0,166	-60,76	0,174	-90,86	0,163	-85,7
21	0,168	-65,37	0,175	-94,51		
22	0,17	-70,59				
23	0,173	-75,57				
24	0,175	-80,58				
25	0,177	-86,06				
26	0,179	-92,16				
27	0,181	-95,93				



Obrázek 3: Zapojenie tranzistoru.



Obrázek 4: Závislost bázevého proudu na bázevém napětí

2.

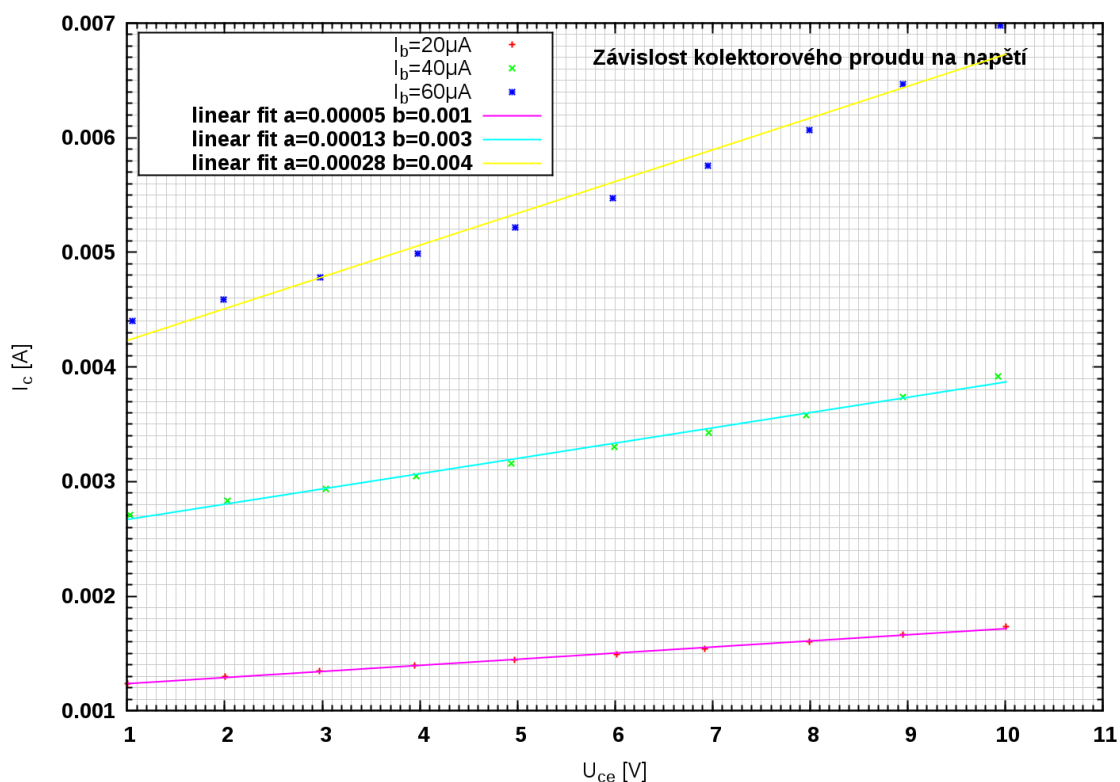
Ďalej budeme merať závislosť $I_c = f(U_{ce})$ pre tri pevné hodnoty bázevého proudu I_b . Namerané data znovu vynesieme do grafu, ktorý môžeme vidieť na nasledujúcej strane.

č. merania	$I_b = 20\mu A$		$I_b = 40\mu A$		$I_b = 60\mu A$	
	$U_{ce} [V]$	$I_c [mA]$	$U_{ce} [V]$	$I_c [mA]$	$U_{ce} [V]$	$I_c [mA]$
1	1.005	1.236	1.031	2.71	1.056	4.4
2	2.001	1.296	2.027	2.83	1.984	4.59
3	2.972	1.35	3.034	2.94	2.982	4.78
4	3.95	1.397	3.960	3.05	3.975	4.99
5	4.973	1.445	4.942	3.16	4.977	5.22
6	6.02	1.492	5.993	3.3	5.978	5.47
7	6.92	1.542	6.96	3.43	6.95	5.76
8	7.99	1.602	7.96	3.58	7.99	6.07
9	8.95	1.662	8.95	3.74	8.95	6.47
10	10.01	1.733	9.93	3.92	9.95	6.98

3.

Ďalej zistíme hodnoty zostatkového proudu I_{ce0} a I_{co0} pre dve rôzne hodnoty kolektorového napätia.

$U_{ce} = 1V$	$I_{ce0} = 26,17\mu A$
$U_{ce} = 2V$	$I_{ce0} = 27,14\mu A$
$U_{ce} = 1V$	$I_{co0} = 27,16\mu A$
$U_{ce} = 1.5V$	$I_{co0} = 27,78\mu A$



Obrázek 5: Závislost kolektorového proudu na kolektorovom napätí

4.

Ďalej vynesieme závislosť $I_c = f(I_b)$ pre dve rôzne hodnoty kolektorového napätia, ktorú môžeme vidieť na nasledujúcej strane.

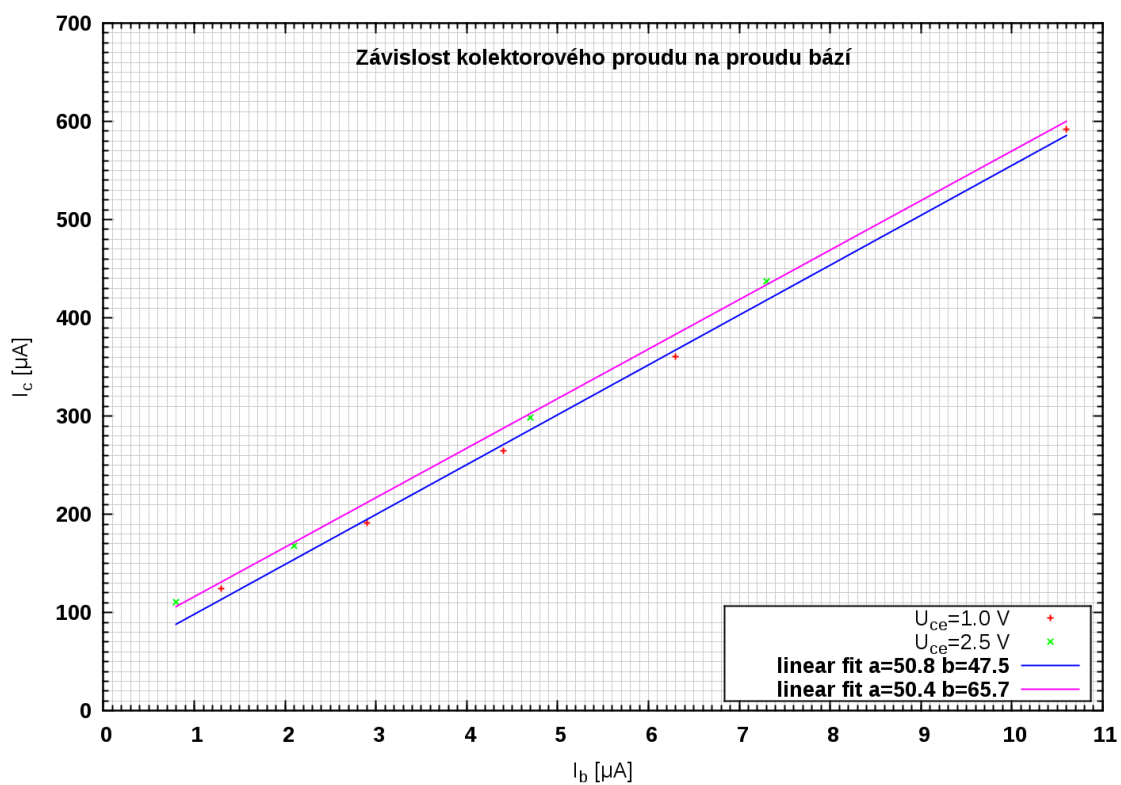
č. merania	$U_{ce} = 1 V$		$U_{ce} = 2.5 V$	
	$I_b [\mu A]$	$I_c [\mu A]$	$I_b [\mu A]$	$I_c [\mu A]$
1	1,3	124	0,8	110,85
2	2,9	190,94	2,1	167,83
3	4,4	264,42	4,7	298,11
4	6,3	360,64	7,3	437,2
5	10,6	592		

5.

Z nami nameraných závislostí teraz určíme parametre h_{21} , h_{11} a h_{22} .

$U_{ce} [V]$	h_{21}	δh_{21}	rel.chyba
1,0	50.8	1.3	2.5
2.5	50.4	1.2	2.3

$U_{ce} [V]$	h_{11}	δh_{11}	rel.chyba
1,0	-504	19	3.7
2.5	-398	19	4.8
5.0	-293	21	7.3

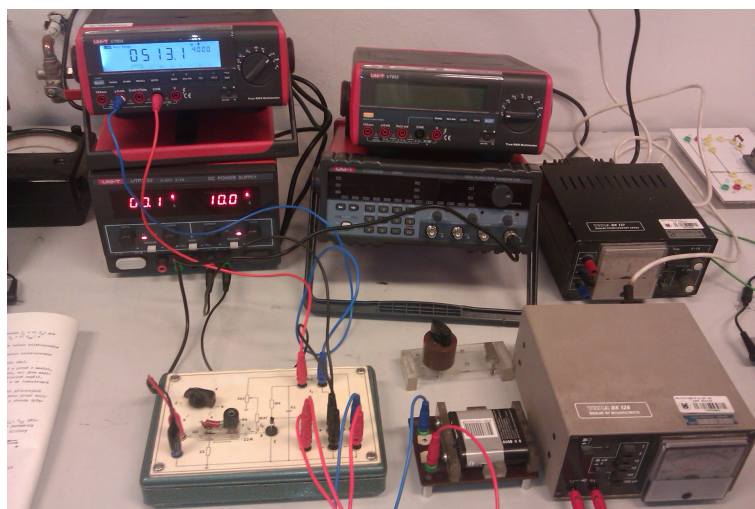


Obrázek 6: Závislosť kolektorového prúdu na báзовom prúde

$I_b [\mu A]$	$h_{22} [10^{-5}]$	$\delta h_{22} [10^{-5}]$	rel.chyba
20	5	0.1	2.0
40	13	0.4	3.1
60	28	2	7.1

6.

V ďalších častiach úlohy použijeme dynamickú metódu na stanovenie parametrov tranzistoru. Zapojenie tranzistoru pri dynamickej metóde môžeme vidieť na obrázku 7.



Obrázek 7: Zapojenie tranzistoru pri dynamickej metóde.

Dynamicickou metódou určíme parametre h_{11} , h_{21} a y_{21} tranzistoru. Podrobný popis na ich určenie môžeme nájsť napríklad v [1], preto v tomto praktiku uvedieme len výsledky.

$$R_2 = 100\Omega, R_3 = 100k\Omega, f = 1kHz$$

č. merania	$U_{ce}[mV]$	$I_c[mA]$	$U_0[mV]$
1	10	1	32
2	10	1.5	32
3	10	2	32

Ako prvý určíme parameter h_{21} zo vzťahu:

$$h_{21} = \frac{i_c}{i_b} = \frac{u_2}{R_2} \frac{R_3}{u_0} = 312,5$$

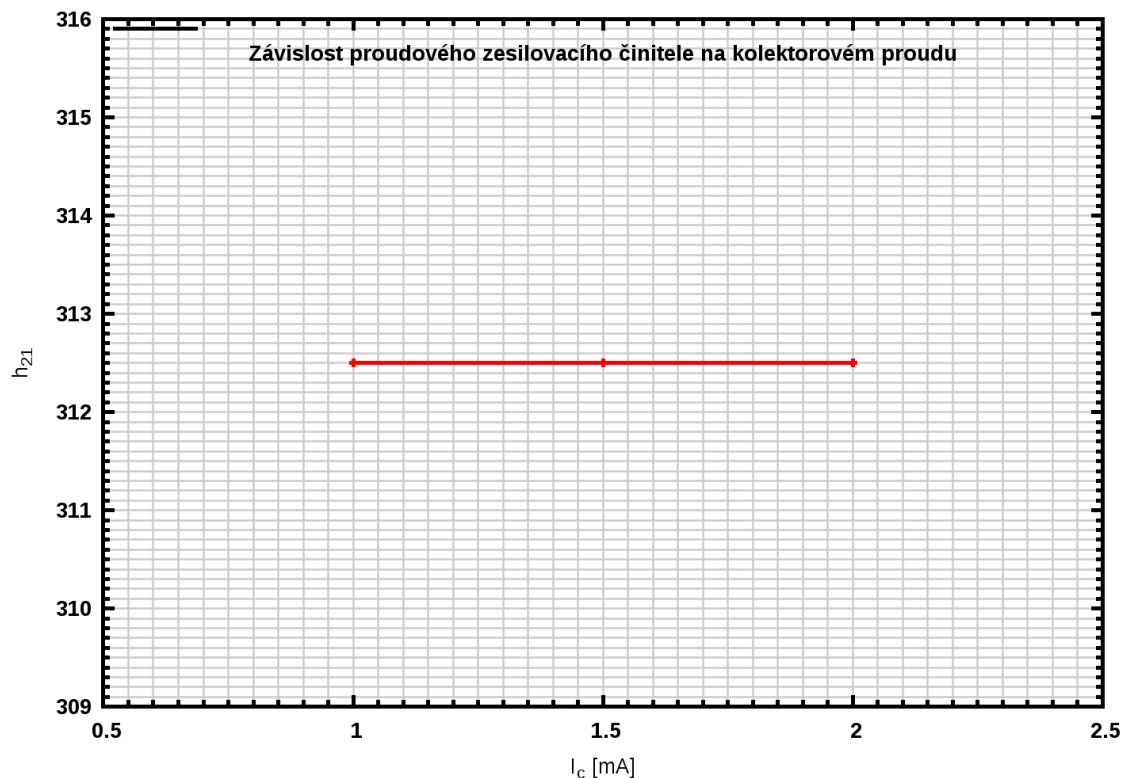
$$h_{11} = 9,58k\Omega$$

Nakoniec určíme parameter y_{21} z nameraných parametrov h_{11} a h_{21} pomocou vzťahu:

$$y_{21} = \frac{h_{21}}{h_{11}} = 0,033$$

7.

Ako posledné vyjadríme závislosť $h_{21} = f(I_c)$. Závislosť $h_{21} = f(U_{ce})$ do grafu vynášať nebudeme, pretože pri nami nameraných hodnotách by sme v grafe dostali jeden bod.



Obrázek 8: Závislosť prúdového zosilňovacieho činiteľa na kolektorovom prúde

Záver

V tomto praktiku sme určovali štvorpólové parametre tranzistoru. Pri meraní sa nevyskytli žiadne problémy.

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.