

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktiku 3

Zpracoval: Radek Žemlička

Naměřeno: 22. listopadu 2009

Obor: F

Testováno:

Úloha č. 2: Charakteristiky nelineárních prvků. Princip zesilovače napětí.

$T = 21,1\text{ }^{\circ}\text{C}$

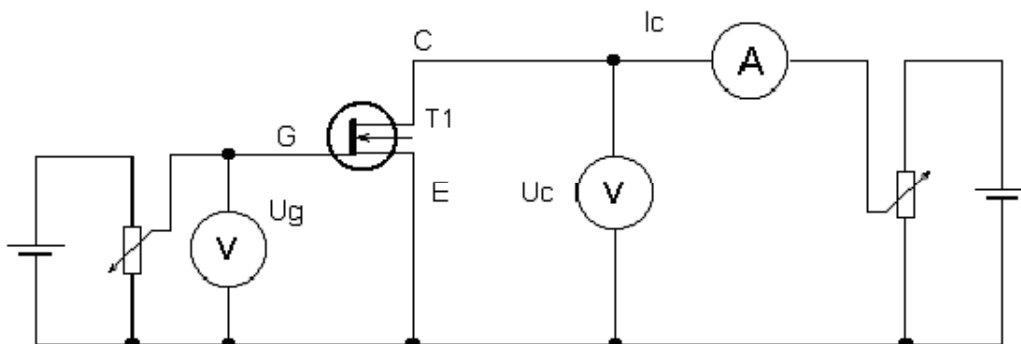
$p = 865\text{ hPa}$

$\varphi = 69\text{ }\%$

1 Měření výstupní charakteristiky tranzistoru

1.1 Teorie a způsob měření

Zapojíme-li tranzistor do obvodu podle schématu na obrázku 1, bude tranzistor v tomto obvodu pracovat jako zesilovač napětí. Takový elektrický prvek můžeme popsat třemi obecně nelineárními charakteristikami: vstupní charakteristika, výstupní charakteristika a převodní charakteristika. Kolektorový proud I_c protékající ze zdroje v obvodu mezi kolektorem a emitorem můžeme regulovat napětím na hradle U_g , nebo napětím na kolektoru U_C . Obecně je tedy velikost I_C funkcí obou napětí: $I_c = f(U_c, U_g)$. Výstupní charakteristikou rozumíme závislost proudu I_C na napětí U_C při konstantní hodnotě napětí U_g .



Obrázek 1:

1.2 Měření

Měření bylo provedeno pro šest hodnot napětí U_g . Výsledky shrnuje tabulka 1. Rovněž byla měřena

$U_g = 0V$		$U_g = 3V$		$U_g = 9V$		$U_g = -3V$	
$U_c[V]$	$I_c[mA]$	$U_c[V]$	$I_c[mA]$	$U_c[V]$	$I_c[mA]$	$U_c[V]$	$I_c[mA]$
0,0	0,00	0,0	0,01	0,0	0,00	0,0	0,01
1,0	0,71	1,0	0,93	1,1	1,32	1,1	0,44
2,0	1,16	2,0	1,62	2,0	2,51	2,1	0,63
3,3	1,41	3,1	2,10	3,0	3,44	3,1	0,68
4,1	1,50	4,1	2,43	4,0	4,22	4,2	0,69
5,0	1,54	5,1	2,62	5,0	4,81	5,1	0,70
6,0	1,56	6,1	2,72	6,2	5,39	6,1	0,71
7,1	1,57	7,0	2,77	7,1	5,71	7,1	0,71
8,2	1,59	8,0	2,79	8,0	5,91	8,0	0,71
9,0	1,59	9,1	2,81	9,1	6,08	9,2	0,72
10,3	1,60	10,2	2,83	10,1	6,19	10,0	0,72
11,2	1,60	11,1	2,84	11,0	6,24	11,1	0,72
12,2	1,61	12,0	2,85	12,1	6,27	12,0	0,72
13,1	1,62	13,1	2,86	13,0	6,29	13,0	0,73
14,0	1,62	14,0	2,87	14,0	6,31	14,0	0,73
15,0	1,62	15,0	2,88	15,2	6,32	15,0	0,73
16,1	1,62	16,1	2,88	16,1	6,32	16,0	0,73
17,1	1,63	17,1	2,88	17,1	6,33	17,0	0,73
18,2	1,64	18,1	2,89	18,1	6,33	18,0	0,73
19,0	1,64	19,1	2,90	19,1	6,33	19,0	0,73
20,0	1,64	20,0	2,90	20,0	6,34	20,0	0,73

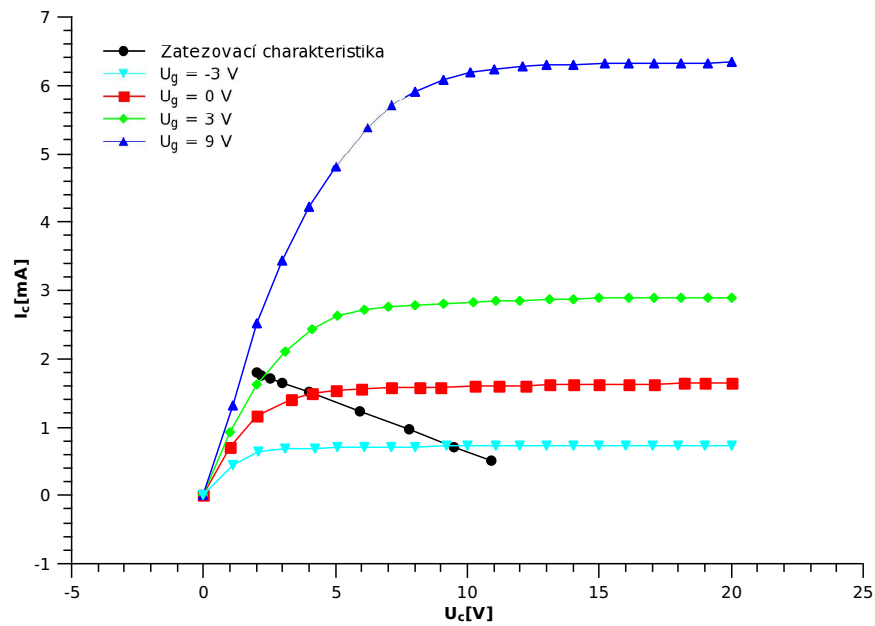
Tabulka 1: Měření výstupní charakteristiky tranzistoru

-4,0	10,9	0,51
-3,1	79,5	0,71
-2,1	7,8	0,96
-1,1	5,9	1,23
0,0	4,0	1,51
1,1	3,0	1,65
2,1	2,5	1,71
3,0	2,2	1,76
4,0	2,0	1,79

Tabulka 2: Měření zatěžovací charakteristiky

zatěžovací charakteristika. Měření shrnuje tabulka 2.

Graf na obrázku 2 znázorňuje námi měřenou výstupní charakteristiku



Obrázek 2: Výstupní charakteristika

2 Měření převodní charakteristiky

2.1 Teorie a způsob měření

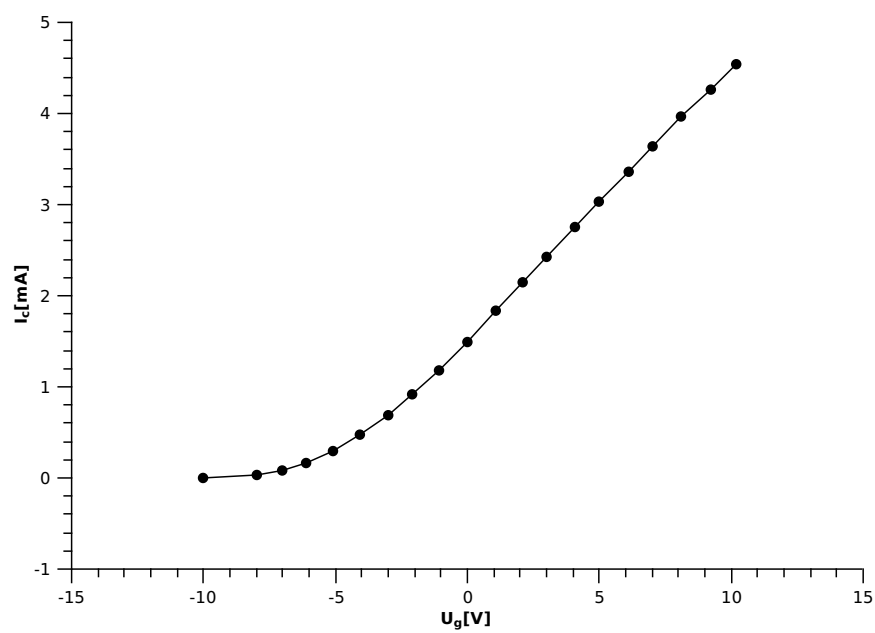
Měření probíhá obdobně jako měření výstupní charakteristiky s tím rozdílem, že tentokrát zůstává napětí U_C konstantní a napětí U_g je měněno.

2.2 Měření

Měření bylo provedeno pro hodnotu $U_C = 4$ V. Naměřené výsledky shrnuje následující tabulka 3 a z ní vycházející graf na obrázku 3

$U_g[V]$	$I_C[mA]$
-10,0	0,00
-8,0	0,03
-7,0	0,09
-6,1	0,17
-5,1	0,30
-4,1	0,47
-3,0	0,69
-2,1	0,92
-1,1	1,18
0,0	1,49
1,1	1,83
2,1	2,15
3,0	2,43
4,1	2,75
5,0	3,04
6,1	3,36
7,0	3,64
8,1	3,97
9,2	4,26
10,2	4,54

Tabulka 3: Měření převodní charakteristiky



Obrázek 3:

3 Určení strmosti, vnitřního odporu, zesilovacího činitele tranzistoru a ověření platnosti Barkhausenovi rovnice

Byl zvolen následující pracovní bod:

$$U_{C_p} = 4,0V$$

$$U_{g_p} = 0,0V$$

$$I_{C_P} = 1,51mA$$

Ze znalosti napětí $E = 14,5V$ na editoru byla určena hodnota R_z jako podíl E a I_c .

$$R_Z = 9,6k\Omega.$$

Pro strmost S , vnitřní odpor R_i a zesilovací činitel tranzistoru μ platí v pracovním bodě:

$$S = \left(\frac{\partial I_c}{\partial U_g} \right)_{U_c} \quad (1)$$

$$R_i = \left(\frac{\partial U_c}{\partial I_g} \right)_{U_g} \quad (2)$$

$$\mu = \left(\frac{\partial U_c}{\partial U_g} \right)_{I_g} = A \left(1 + \frac{R_i}{R_z} \right) \quad (3)$$

Pro dynamickou strmost platí:

$$S_d = \frac{S}{1 + \frac{R_z}{R_i}} \quad (4)$$

Z grafu pak lze určit dynamickou strmost na základě vztahu:

$$S_d = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_g} \quad (5)$$

Pro napěťové zesílení platí:

$$A = \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_z}} = -S_d R_z \quad (6)$$

Z grafu pak lze určit napěťové zesílení na základě vztahu:

$$A = \frac{\Delta U_C}{\Delta U_g} \quad (7)$$

Graf 3 byl numericky fitován polynomem, který byl zderivován a do výsledku byla dosazena hodnota odpovídající pracovnímu bodu. Takto byla určena strmost:

$$S = (0,295 \pm 0,003) \cdot 10^{-3}\Omega$$

Obdobným způsobem byl určen vnitřní odpor tranzistoru:

$$R_i = (22 \pm 1)k\Omega$$

Dále bylo z grafu určeno napěťové zesílení:

$$A = 1,29 \pm 0,03$$

a dynamická strmost:

$$S_d = 0,22 \cdot 10^{-3}\Omega$$

Odtud byl pak ze vztahu 3 určen zesilovací činitel:

$$\mu = 4,4 \pm 0,2$$

dosazením hodnot do Barkhausenovy rovnice vychází : $\frac{SR_i}{\mu} = 1,48 \pm 2$

4 Zesilovač

výstup (dílků)	vstup (dílků)	A
8	10	1.25
12	16	1.33
6	8	1.33

Tabulka 4:

$$A = 1,31 \pm 0,03$$

5 Závěr

Byly měřeny výstupní a převodní charakteristiky tranzistoru a z výsledků těchto měření určovány další požadované veličiny. Jako kontrola výsledků může být částečně považováno ověření Barkhauzenovi rovnice $\frac{SR_i}{\mu} = 1$. V našem případě vyšlo $\frac{SR_i}{\mu} = 1,48 \pm 2$.