

FYZIKÁLNÉ PRAKTIKUM

FYZIKÁLNÉ PRAKTIKUM II

Vypracoval: Patrik Žilka

Namerané: 24. 10. 2011

Obor: AF

Ročník: II

Semester: III

Testované:

Úloha č. 2: Charakteristiky nelineárnych prvkov. Princíp zosilovača napätia.

$T = 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$

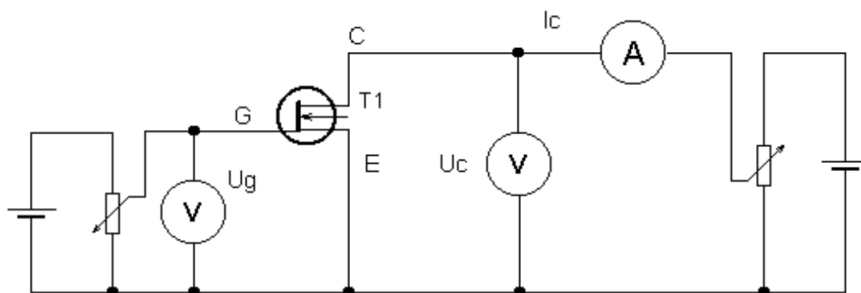
$p = 98,9 \text{ kPa}$

$\varphi = 38 \%$

Teória:

Nelineárním el. prvkom rozumieme súčiastku, ktorej odpor závisí na pretekajúcom prúde alebo priloženom napätí. Takým je napríklad unipolárny tranzistor. Na vedenie prúdu takého tranzistora sa podieľa iba jeden typ nositeľov (elektróny alebo diery), ktoré tvoria tzv. kanál. El. prívody kanálu sú emitor E a kolektor C. Prúd tečúci kanálom ovplyvňuje napätie medzi emitorom a hradlom H, čo je katóda izolovaná od kanála p-n priechodom.

Úlohou tohto praktika bolo zistiť charakteristiky tranzistoru. Pre ich zistenie bolo použité nižšie zobrazené zapojenie.



Pri použití kolektorového (výstupného) prúdu I_C , (vstupného) napätia hradla U_G a (výstupného) napätia kolektoru U_C je možné zistiť nasledovné charakteristiky:

Statická prevodná charakteristika: $I_C = f(U_G)$, $U_C = \text{konst.}$

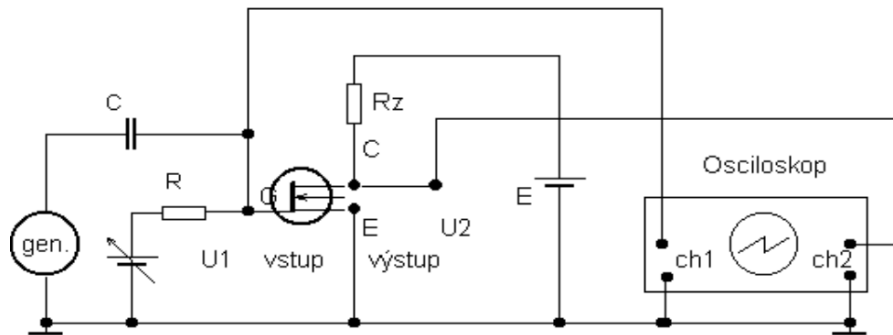
Výstupná charakteristika: $I_C = f(U_C)$, $U_G = \text{konst.}$

Statická strmosť, vnútorný odpor R_i , zosilňujúci činiteľ μ , prienik D tranzistora:

$$S = \left(\frac{\partial I_C}{\partial U_G} \right)_{U_C} \quad R_i = \left(\frac{\partial U_C}{\partial I_C} \right)_{U_G} \quad \mu = \left(\frac{\partial U_C}{\partial U_G} \right)_{I_C} \quad D = \frac{1}{\mu}$$

Tieto veličiny spĺňajú tzv. Barkhausenovu rovnicu $SR_iD = 1$. Tieto charakteristiky tiež závisia na bodu charakteristiky, v ktorom robíme deriváciu, teda na tzv. pracovnom bode tranzistora, ktorý je určený hodnotami I_{C0} , U_{C0} , U_{G0} .

Úlohou bolo tiež zistiť dynamickú strmosť S_d a zosilnenie zosilovača A pri nižšie zobrazenom zapojení.



Dynamická strmosť je derivácia dynamickej prevodnej charakteristiky $I_C = f(U_G)$, pri ktorej nie je konštantné kolektorové napätie, ale je pevné napätie zdroja a zaťažujúci odpor R_Z . Zosilnenie sa dá vyjadriť pomerom amplitúdy vstupného a výstupného napätia.

Dynamická strmosť a zosilnenie sa dajú vyjadriť buď z výstupných charakteristík:

$$S_d \equiv \frac{dI_C}{dU_G} = \frac{S}{1 + \frac{R_Z}{R_i}} \quad A \equiv \frac{dU_C}{dU_G} = \frac{\mu}{1 + \frac{R_i}{R_Z}} = -S_d R_Z$$

Alebo sa dajú vyjadriť graficky ako pomer odpovedajúcich rozdielov napätí na kolektore, napätí na hradle a prúdov na kolektore ohraňované najbližšími (k pracovnému bodu) prienkami kriviek $I_C = f(U_C)$ so zaťažujúcou priamkou:

$$I_C = -\frac{1}{R_Z} U_C + \frac{E}{R_Z}$$

kde E je konštantné napätie zdroja.

Meranie:

K meraniu bol použitý tranzistor KF 520.

Namerané výstupné charakteristiky pre rôzne napätia na hradle:

$U_G = 0$		$U_G = 3V$		$U_G = 6V$		$U_G = -3V$	
U_C [V]	I_C [mA]	U_C [V]	I_C [mA]	U_C [V]	I_C [mA]	U_C [V]	I_C [mA]
1,00	0,6850	1,00	0,927	1,02	1,177	1,02	0,4360
2,00	1,1280	2,03	1,625	2,05	2,104	2,02	0,6360
3,01	1,3933	2,99	2,095	3,07	2,828	3,03	0,6965
3,92	1,5113	4,02	2,439	4,13	3,402	4,07	0,7115
5,03	1,5670	5,01	2,636	4,99	3,745	5,08	0,7182
6,02	1,5820	6,00	2,718	6,13	4,055	6,02	0,7230
7,00	1,5954	7,00	2,767	7,05	4,207	7,13	0,7274
8,02	1,6120	7,98	2,824	8,03	4,302	8,04	0,7304
10,98	1,6320	11,01	2,868	11,04	4,421	10,98	0,7390
15,03	1,6510	15,12	2,896	15,06	4,485	14,99	0,7485

Statická prevodná charakteristika
pre $U_C = 7,01 \text{ V}$

$U_G \text{ [V]}$	$I_C \text{ [mA]}$
-6,03	0,1969
-4,00	0,5065
-3,01	0,7171
-2,00	0,9699
-1,08	1,2340
-0,01	1,5810
1,06	1,9750
2,00	2,3524
3,05	2,8020
4,07	3,2628
4,99	3,6987
6,02	4,1989

Zvolený pracovný bod:

$$U_C = 7,01 \text{ V}$$

$$U_G = 0,00 \text{ V}$$

$$I_C = 1,593 \text{ mA}$$

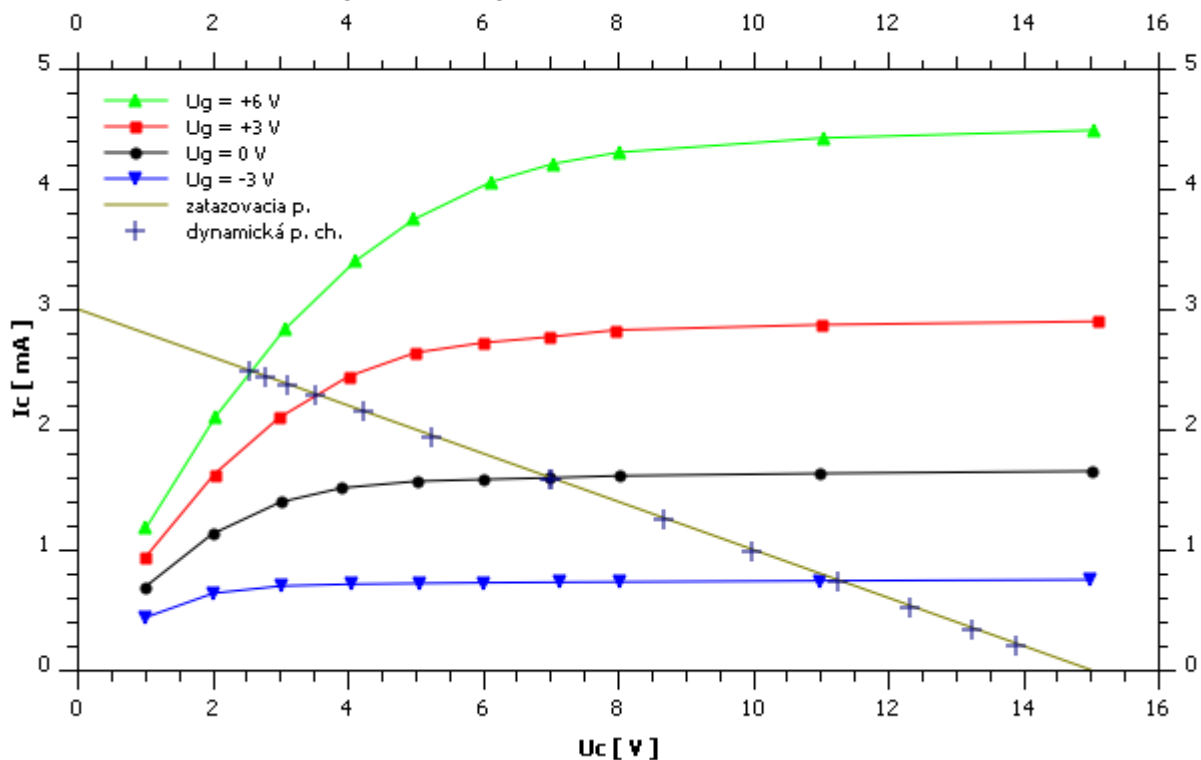
$$E = 15 \text{ V}$$

$$R_Z = 5 \text{ k}\Omega$$

Zaťažovacia priamka:

$$I_C = -\frac{1}{5 \text{ k}\Omega} U_C + \frac{15 \text{ V}}{5 \text{ k}\Omega}$$

Graf č. 1: Výstupné charakteristiky tranzistora so zaťažovacou priamkou a dynamickou prevodnou charakteristikou

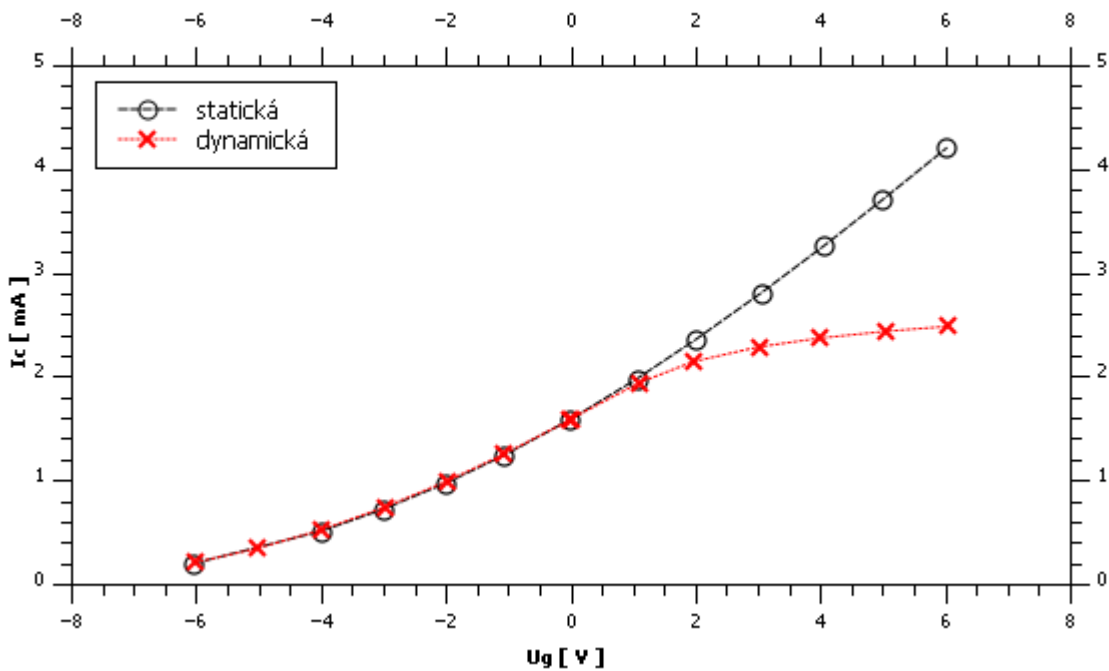


Výpočet charakteristík z rozdielov napätí a prúdov v blízkosti pracovného bodu:

Statická strmosť $S = \left(\frac{\partial I_C}{\partial U_G}\right)_{U_C} \approx \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta U_G}\right)_{U_C} = \frac{0,741 \text{ mA}}{2,14 \text{ V}} = 3,46 \cdot 10^{-4} \text{ AV}^{-1}$

Vnútorý odpor $R_i = \left(\frac{\partial U_C}{\partial I_C}\right)_{U_G} \approx \left(\frac{\Delta U_C}{\Delta I_C}\right)_{U_G} = \frac{2,00 \text{ V}}{0,030 \text{ mA}} = 6,67 \cdot 10^4 \Omega$

Graf č. 2: Statická a dynamická prevodná charakteristika



Dynamická prevodná charakteristika:

U_G [V]	U_C [V]	I_C [mA]
-6,02	13,91	0,2049
-5,02	13,23	0,3412
-4,00	12,33	0,5187
-2,98	11,25	0,7378
-1,98	9,98	0,9898
-1,07	8,68	1,2488
-0,01	7,03	1,5797
0,01	6,98	1,5907
1,10	5,25	1,9388
1,97	4,24	2,1420
3,02	3,52	2,2845
3,99	3,10	2,3680
5,05	2,78	2,4340
6,03	2,54	2,4810

Tabuľka nameraných amplitúd vstupných a výstupných napätí a z nich vyplývajúce napäťové zosilnenie tranzistoru:

n	u_1 [j]	u_2 [j]	A_u
1	6,9	10,9	1,580
2	7,8	12,6	1,615
3	8,2	13,3	1,622
4	11,9	19,3	1,622
5	18,1	23,4	1,293
6	23,2	36,3	1,565
7	25,5	39,7	1,557

$$A_u = (1,550 \pm 0,048) \quad \delta r A_u = 3,1 \%$$

Dynamická strmosť:

- graficky $S_g \equiv \frac{dI_C}{dU_G} \approx \frac{1,5467 \text{ mA}}{6 \text{ V}} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ AV}^{-1}$
- z výst. charakteristík $S_v \equiv \frac{S}{1 + \frac{R_Z}{R_i}} = 3,20 \cdot 10^{-4} \text{ AV}^{-1}$
- z dyn. prevodnej ch. $S_d \equiv \frac{dI_C}{dU_G} \approx \frac{0,69 \text{ mA}}{2,17 \text{ V}} = 3,18 \cdot 10^{-4} \text{ AV}^{-1}$

Napäťové zosilnenie:

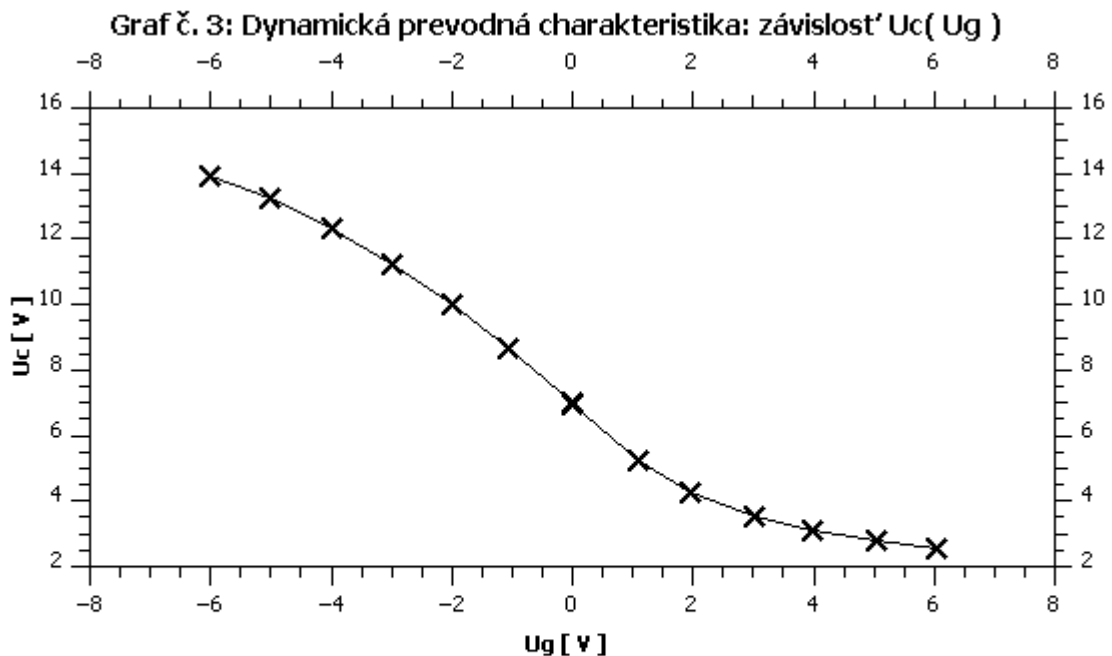
- graficky $A_g \equiv \frac{dU_C}{dU_G} \approx \frac{7,7V}{6V} = 1,28$

- z dyn. prevodnej ch. $A_d \equiv \frac{dU_C}{dU_G} \approx \frac{3,43V}{2,17V} = 1,581$

Zosilňujúci činiteľ vypočítaný pomocou výstupných charakteristík a pomocou napäťového zosilnenia:

$$\mu = A_d \left(1 + \frac{R_i}{R_z} \right) = 22,67$$

Overenie Barkhausenovej rovnice: $D = \frac{1}{\mu} \Rightarrow SR_i D = 1,018$



Záver:

Výsledkom tohto merania bolo hlavne určenie charakteristík tranzistora (statickej a dynamickej strmosti, vnútorného odporu, zosilňujúceho činiteľa a napäťového zosilnenia). Zo získaných veličín sa mi tiež podarilo overiť Barkhausenovu rovnicu, ktorej výsledok by sa mal rovnať 1, čo približne aj vyšlo. Prípadná odchylka bola spôsobená hlavne nepresným meraním a nepresnou metódou hľadania derivácií. Z výsledkov je tiež vidieť, že grafická hodnota (zistená z grafu) nie je dostatočne presná.