

## Názov cvičenia:

# Meranie VA charakteristík bipolárneho tranzistora (BJT)

**Cieľ:** naučiť žiakov vyhľadať z katalógu potrebné parametre BJT, odmerať a zakresliť vstupné, výstupné a prevodové charakteristiky BJT, vypočítať statické „ $h$ “ parametre BJT a skontrolovať s parametrami podľa katalógu a nakresliť náhradnú schému BJT

## Úlohy:

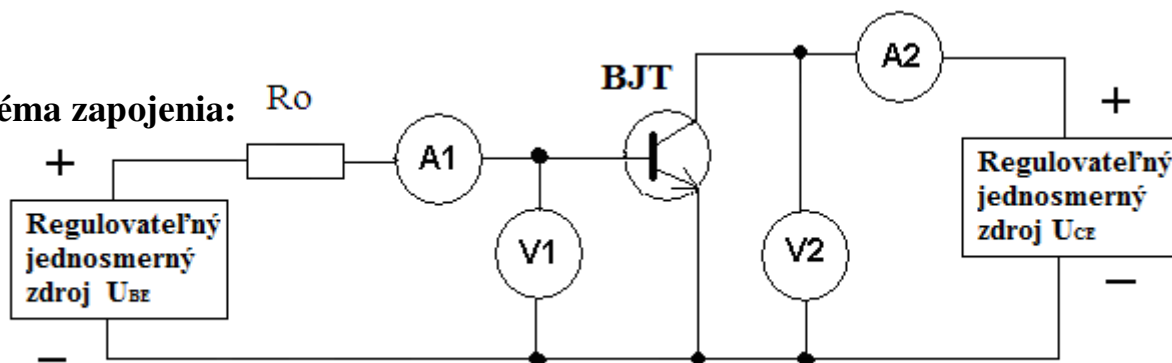
1. Zistíte katalógové údaje predloženého tranzistora BJT
2. Odmerajte na BJT:
  - výstupné charakteristiky  $I_C = f(U_{CE})$  pri  $I_B = \text{konšt.}$ ,
  - prevodové charakteristiky  $I_C = f(I_B)$  pri  $U_{CE} = \text{konšt.}$
  - vstupné charakteristiky  $I_B = f(U_{BE})$  pri  $U_{CE} = \text{konšt.}$
3. Znázorníte graficky odmerané charakteristiky
4. Vypočítajte z odmeraných VA charakteristík statické „ $h$ “ parametre BJT
5. Nakreslite náhradnú schému BJT

**Teoretický úvod:** vlastné, nevlastné polovodiče, polovodičové súčiastky a ich schematické značky, tranzistorový jav, napájanie pre polovodiče, výhody a nevýhody bipolárnych tranzistorov (čas zotavenia)

*Pre Vlastné polovodiče sú základné materiály prvky zo IV. Skupiny periodickej sústavy prvkov. Sú to polovodiče BEZ PRÍMESÍ! Každý atóm má 4 valenčné elektróny, ktoré tvoria 4 dvojice elektrónov. Môžu sa uvoľniť len po prijatí určitej energie vo forme tepla, alebo žiarenia. Elektrón následne prechádza z valenčného do vodivostného pásma (prekoná zakázané p.) a na ich mieste uvoľnenia zostáva diera (kladný náboj), doplnená ďalším elektrónom = REKOMBINÁCIA. Nevlastné polovodiče vznikajú, keď do vl. polovodiča pridáme prímesi a vzniká tak: 5 mocný prvok (fosfor, arzén,...) – polovodiče typu N (väčšinové nosiče = elektróny). 1 elektrón má navyše a daruje ho (DONOR = darca). 3 mocný prvok (bór, hliník,...) – polovodiče typu P (väčšinové nosiče = diery). 1 elektrón atómu chýba a voľné miesto (diery) sa správa ako pohyblivý kladný náboj (AKCEPTOR = prijímateľ). Spojením polovodičov P a N vzniká PN priechod. Polovodičové súčiastky (diódy, LED dióda, fotodióda, tranzistory, fototranzistor, optón, tyristor, diak, triak, fotorezistor). BJT je polovodičová, 3-vrstvová súčiastka s 2 PN prechodmi (PNP, NPN). Na svoju činnosť využíva elektróny aj diery. Má 3 vývody (emitor, báza, kolektor). Krajné oblasti majú rovnaký typ vodivosti a báza ho má opačný. Využíva tzv. Tranzistorový jav – veľkosť prúdu, ktorý prechádza záverne polarizovaným prechodom (výstup) je výrazne ovplyvnený prúdom prechádzajúcim priepustne polarizovaným prechodom (vstup). Máme 3 typy zapojení SE, SC, SB. Máme 2 typy pripojenia vonkajšieho napätia na PN prechod (Priepustný smer – PN prechod je otvorený, Záverný smer – PN prechod je zatvorený).*

*Prúdom  $I_B$  pri konštantnom napätí  $U_{CE}$  ovládame prúd  $I_C$  tečúci tranzistorom. Čo i len malá zmena vyvolá lavínový efekt (tranzistor sa úplne otvorí). Nesmieme prekročiť parametre tranzistora (max. prúd bázy, kolektora, max. výkon). BJT sú pomalšie, čiže nie sú vhodné ako spínacie prvky, ale hlavne ako ZOSILOVAČE.*

## Schéma zapojenia:



## Použité meracie prístroje a pomôcky:

js. zdroj typ –

V – voltmeter - *AXIOMET AX585B*

A – ampérmeter - *AXIOMET AX585B*

Odporová dekáda – *VOLTCRAFT Resistance Decade Box*

Prípojné vodiče

## Meraný objekt – BJT:

Označenie podľa katalógu: **BD135**

Katalógové údaje výrobcu :

$$U_{BE} = 5 \text{ V}$$

$$I_B = 0,5 \text{ A}$$

$$h_{21E} = 250$$

$$U_{CE} = 45 \text{ V}$$

$$I_C = 1,5 \text{ A}$$

$$P_{max} = 12,5 \text{ W}$$

$$R_0 = \frac{U_{1max}}{I_{Bmax}} = \frac{5}{0,5} = 10 \Omega$$

$$I_K = \frac{U_1}{R_B} = \frac{0,648}{10} = 64,8 \text{ mA}$$

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage BD135G BD137G BD139G	V <sub>CEO</sub>	45 60 80	Vdc
Collector-Base Voltage BD135G BD137G BD139G	V <sub>CBO</sub>	45 60 100	Vdc
Emitter-Base Voltage	V <sub>EBO</sub>	5.0	Vdc
Collector Current	I <sub>C</sub>	1.5	Adc
Base Current	I <sub>B</sub>	0.5	Adc
Total Device Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	1.25 10	Watts mW/°C
Total Device Dissipation @ T <sub>C</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	12.5 100	Watts mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T <sub>J</sub> , T <sub>stg</sub>	-55 to +150	°C

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
Collector-Emitter Sustaining Voltage* (I <sub>C</sub> = 0.03 Adc, I <sub>B</sub> = 0) BD135G BD137G BD139G	BV <sub>CEO</sub> *	45 60 80	- - -	Vdc
Collector Cutoff Current (V <sub>CB</sub> = 30 Vdc, I <sub>E</sub> = 0) (V <sub>CB</sub> = 30 Vdc, I <sub>E</sub> = 0, T <sub>C</sub> = 125°C)	I <sub>CBO</sub>	- -	0.1 10	μAdc
Emitter Cutoff Current (V <sub>BE</sub> = 5.0 Vdc, I <sub>C</sub> = 0)	I <sub>EBO</sub>	-	10	μAdc
DC Current Gain (I <sub>C</sub> = 0.005 A, V <sub>CE</sub> = 2 V) (I <sub>C</sub> = 0.15 A, V <sub>CE</sub> = 2 V) (I <sub>C</sub> = 0.5 A, V <sub>CE</sub> = 2 V)	h <sub>FE</sub> *	25 40 25	- 250 -	-
Collector-Emitter Saturation Voltage* (I <sub>C</sub> = 0.5 Adc, I <sub>B</sub> = 0.05 Adc)	V <sub>CE(sat)</sub> *	-	0.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage* (I <sub>C</sub> = 0.5 Adc, V <sub>CE</sub> = 2.0 Vdc)	V <sub>BE(on)</sub> *	-	1	Vdc

## Tabuľky nameraných hodnôt:

- výstupné charakteristiky  $I_C = f(U_{CE})$  pri  $I_B = \text{konšt.}$

$U_{CE}$ (V)	$I_B = 20 \mu A$	$I_B = 30 \mu A$	$I_B = 50 \mu A$	$I_B = 70 \mu A$	$I_B = 90 \mu A$
	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)	$I_C$ (mA)
1	3,2	4,77	8	11,4	14,7
3	3,16	4,8	8,13	11,5	14,9
5	3,2	4,8	8,2	11,7	15,2
8					

- prevodové charakteristiky  $I_C = f(I_B)$  pri  $U_{CE} = \text{konšt.}$
- vstupné charakteristiky  $I_B = f(U_{BE})$  pri  $U_{CE} = \text{konšt.}$

$I_B$ ( $\mu\text{A}$ )	$U_{CE} = 1 \text{ V}$		$U_{CE} = 3 \text{ V}$		$U_{CE} = 5 \text{ V}$		$U_{CE} = 8 \text{ V}$		$U_{CE} = 10 \text{ V}$	
	$I_C$ (mA)	$U_{BE}$ (V)	$I_C$ (mA)	$U_{BE}$ (V)	$I_C$ (mA)	$U_{BE}$ (V)	$I_C$ (mA)	$U_{BE}$ (V)	$I_C$ (mA)	$U_{BE}$ (V)
20	3,2	0,62	3,16	0,62	3,2	0,62				
30	4,77	0,64	4,8	0,63	4,8	0,63				
50	8	0,65	8,13	0,65	8,2	0,64				
70	11,4	0,66	11,5	0,65	11,7	0,65				
90	14,7	0,67	14,9	0,66	15,2	0,66				

**Postup pri meraní:** Pred meraním si pre daný typ tranzistora zistíme z katalógu  $I_{Cmax}$ ,  $U_{CEmax}$  a  $P_{Cmax}$ . Maximálnu veľkosť prúdu  $I_B$  zvolíme tak, aby nedošlo k prekročeniu  $I_{Cmax}$  a  $P_{Cmax}$  a tým k preťaženiu tranzistora. Výhodné je použiť konštrukčný katalóg tranzistorov a hodnoty veličín zvoliť podľa charakteristík uvedených výrobcom. Pri meraní ktorejkoľvek charakteristiky postupujeme tak, že najprv nastavíme jedným zdrojom konštantnú hodnotu veličiny, ktorá má byť konštantná (napr.  $I_B$ ) a potom postupne nastavujeme druhým zdrojom nezávisle premennú veličinu (napr.  $U_{CE}$ ) a odčítame závisle premennú veličinu (napr.  $I_C$ ). Ak je potrebné urýchliť meranie, je možné merať súčasne 2 charakteristiky (napr. v I. a IV. kvadrante alebo v II. a III. kvadrante). Rezistor v obvode bázy  $R_o$  je potrebný na stabilizáciu prúdu bázy a na jeho obmedzenie. Veľkosť jeho rezistencie zvolíme pomocou Ohmovho zákona  $R_o = U_{1max}/I_{Bmax}$ . Krivka zobrazujúca maximálny kolektorový stratový výkon má súradnicovom systéme v I. kvadrante tvar hyperboly ( $P_{Cmax} = U_{CE} \cdot I_C = \text{konšt.}$ ). 7. Pre tranzistor PNP je potrebné zmeniť polaritu oboch zdrojov, pri NPN nie je žiaden problém.

**Použitie vzťahy pre výpočet:**

1. Vstupná charakteristika  $I_B = f(U_{BE})$ ; ak  $U_{CE} = \text{konšt.}$

$$h_{11} = \frac{U_{BE}}{I_B} = \frac{\text{avg } U_{BE} (\text{avg } I_B)}{\text{avg } I_B} = 16\,349 \quad (\Omega) \quad \text{pri } U_{CE} = \text{konšt.} \quad \text{statický vstupný odpor}$$

2. Výstupná charakteristika  $I_C = f(U_{CE})$  ak  $I_B = \text{konšt.}$

$$h_{22} = \frac{I_C}{U_{CE}} = \left( \text{avg } \frac{I_C}{U_{CE}} \right) \text{avg } I_B = 4,32 \quad (\text{mS}) \quad \text{pri } I_B = \text{konšt} \quad \text{statická výstupná vodivosť}$$

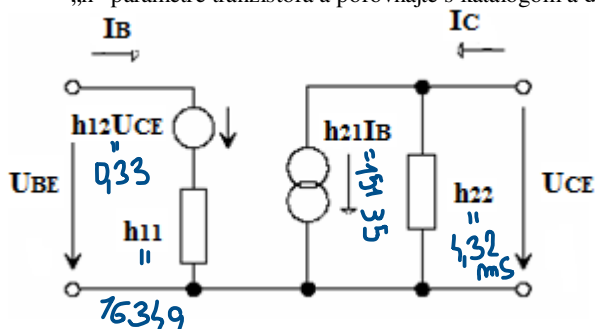
3. Napäťová prevodová charakteristika  $U_{BE} = f(U_{CE})$  ak  $I_B = \text{konšt.}$

$$h_{12} = \frac{U_{BE}}{U_{CE}} = \left( \text{avg } \frac{U_{BE}}{U_{CE}} \right) \text{avg } I_B = 0,33 \quad (-) \quad \text{pri } I_B = \text{konšt} \quad \text{spätný napäťový činiteľ}$$

4. Prúdová prevodová charakteristika  $I_C = f(I_B)$  ak  $U_{CE} = \text{konšt.}$

$$h_{21} = \frac{I_C}{I_B} = \left( \frac{\text{avg } I_C}{\text{avg } I_B} \right) \text{avg } U_{CE} = 151,35 \quad (-) \quad \text{pri } U_{CE} = \text{konšt} \quad \text{prúdový zosilňovací činiteľ}$$

**Vyhodnotenie:** na milimetrový papier nakreslite vstupné, výstupné a prevodové charakteristiky, určite pracovný bod a vypočítajte „h“ parametre tranzistora a porovnajte s katalógom a do náhradnej schémy doplňte vypočítané parametre



Náčrt s odmeranými a vypočítanými hodnotami

