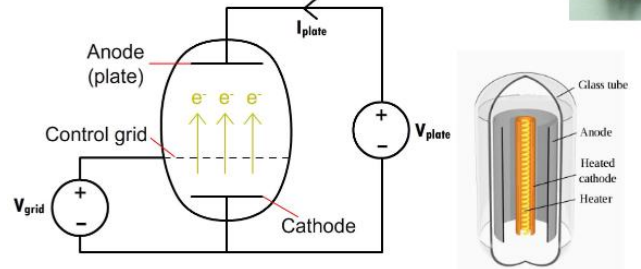


# Tranzistor

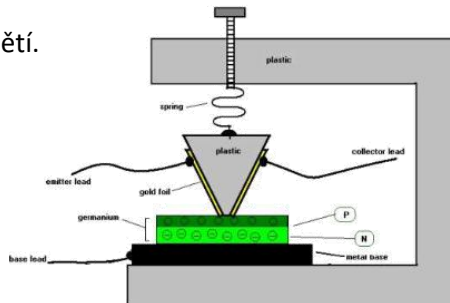
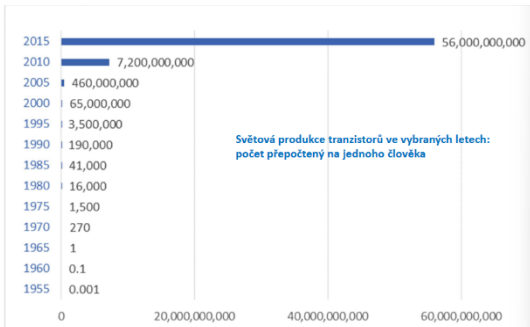
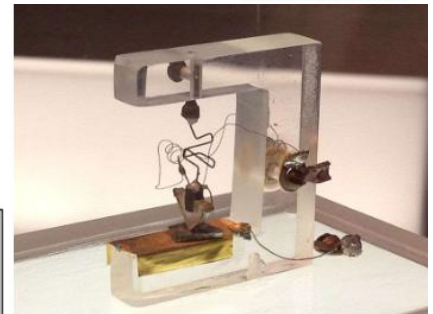
## - Co bylo předtím?

- o ... **elektronky** (1904 dioda, 1907 trioda)
- o Přinesly možnost rozvoje elektroniky
- o (bezdrátový přenos zvuku a obrazu, radiolokace, první počítače)
- o Ale mají spoustu nevýhod:
  - Fungují s velkým napětím,
  - Potřebují žhavení,
  - Potřebují udržet vakuum,
  - Špatně se miniaturizují,
  - Drahé a náročné na výrobu,
  - Křehké a nespolehlivé



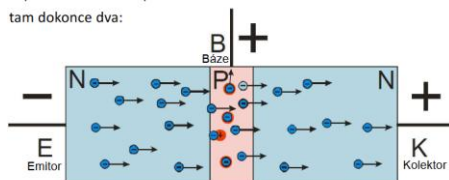
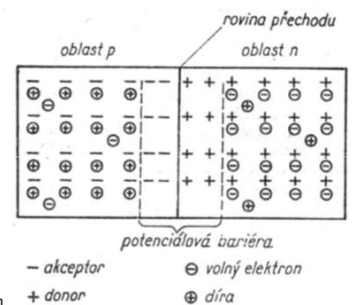
## - První tranzistor

- o Funguje skoro jako elektronka, ale:
  - celý z jednoho kusu materiálu,
  - = potenciál miniaturizace, odolnost a spolehlivost,
  - nepotřebuje žhavení,
  - nepotřebuje velké napětí.

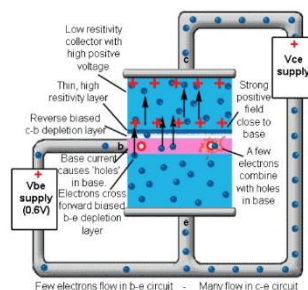


## - Tranzistor využívá polovodičů.

- o Vzpomínáte, jak funguje dioda?
  - Dokážeme vytvořit prostředí, v němž jsou dva druhy nábojů, každý reaguje na elektrické pole jinak a reagují také na sebe vzájemně:
- o **A tranzistor...**
  - ... také používá efektu PN přechodu!
  - Jsou tam dokonce dva:

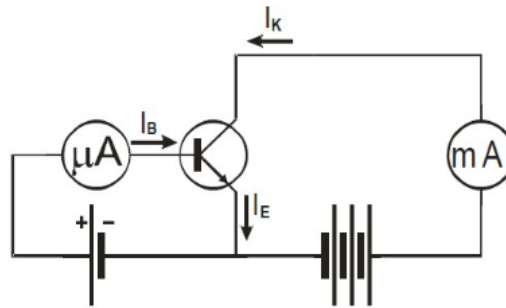


Je to stejné jako dvě diody?



- B – odsává přebytečné rekombinované negativně nabitě částice

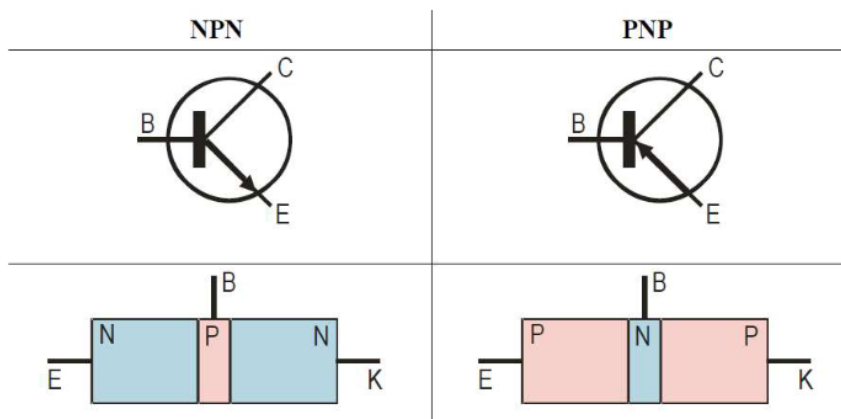
## Schématicky



$$\text{zesílení } \beta = I_K / I_B$$

... někdy též  $h_{21}$

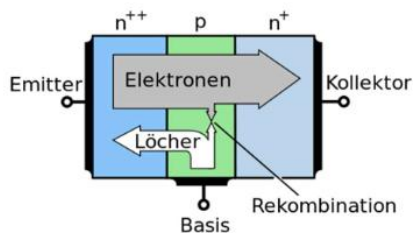
- Tranzistor není symetrický, Emitor je vodivější
- Lze vyrobit dvěma způsoby:



- NPN – šipka ven (Mnemotechnická pomůcka)

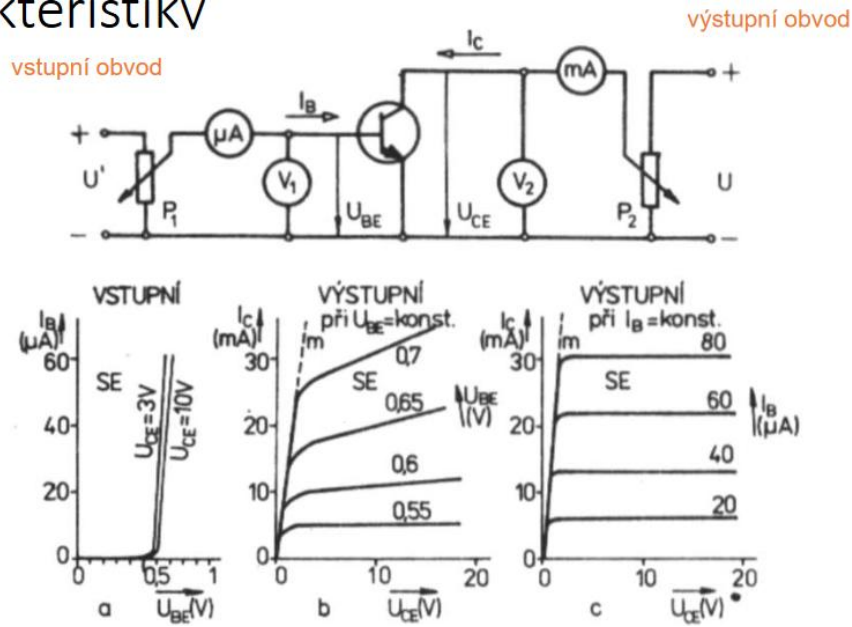
### Bipolární tranzistor

- Zde prezentovaný tranzistor je tzv. bipolární tranzistor. Využívá obou nosičů náboje, přítomných v polovodiči.



- 
- V průběhu let vznikly ještě další součástky s podobným chováním, kterým se proto také říká tranzistory. Ještě se k nim dostaneme, jsou také velmi důležité pro IT.

- VA Charakteristiky  
**IKTERISTIKV**



- Běžný bipolární tranzistor

**FAIRCHILD**  
 November 2014

**BC546 / BC547 / BC548 / BC549 / BC550**  
 NPN Epitaxial Silicon Transistor

**Features**

- Switching and Amplifier
- High Voltage: BC546, BC547, BC549
- Low Noise: BC548, BC550
- Complementary to BC108, BC107, BC108, BC109 and BC168

TO-18  
 1. Collector, 2. Base, 3. Emitter

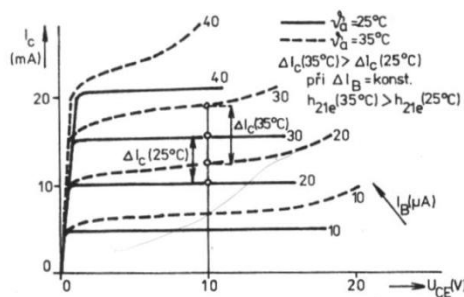
<https://www.fairchildsemi.com/datasheets/BC/BC547.pdf>

**Absolute Maximum Ratings**

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit	
$V_{CBO}$	Collector-Base Voltage	BC546	80	V
		BC547 / BC550	50	
		BC548 / BC549	30	
$V_{CEO}$	Collector-Emitter Voltage	BC546	65	V
		BC547 / BC550	45	
		BC548 / BC549	30	
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	BC546 / BC547	6	V
		BC548 / BC549 / BC550	5	
$I_C$	Collector Current (DC)	100	mA	
$P_C$	Collector Power Dissipation	500	mW	
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$	
$T_{STG}$	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^\circ\text{C}$	

**Teplotní závislost tranzistoru**



## Electrical Characteristics

Values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{CBO}$	Collector Cut-Off Current	$V_{CB} = 30\text{ V}, I_E = 0$			15	nA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 0.5\text{ mA}$		90	250	mV
		$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 5\text{ mA}$		250	600	
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}, I_B = 0.5\text{ mA}$		700		mV
		$I_C = 100\text{ mA}, I_B = 5\text{ mA}$		900		
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 2\text{ mA}$	580	660	700	mV
		$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}$			720	
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 10\text{ mA}, f = 100\text{ MHz}$		300		MHz
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10\text{ V}, I_E = 0, f = 1\text{ MHz}$		3.5	6.0	pF
$C_{ib}$	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5\text{ V}, I_C = 0, f = 1\text{ MHz}$		9		pF

- $I_{CBO}$  – kolik proudu bude téct, když báze a emitor jsou zkratovaný
- $h_{FE}$  – zesílení, je velice obtížné ho udělat s malým rozptylem
- $V_{CE(sat)}$  – Když báze je saturovaná, kolik napětí je úbytek
- $V_{BE(sat)}$  – Kolik voltů by mělo být na bázi aby byl spolehlivě otevřený tranzistor
- $V_{BE(on)}$  – Kolik voltů by mělo být na bázi aby byl aspoň trochu otevřený tranzistor
- $f_T$  – Jak rychlé může být spínání tranzistoru

## $h_{FE}$ Classification

Classification	A	B	C
$h_{FE}$	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

## Typical Performance Characteristics

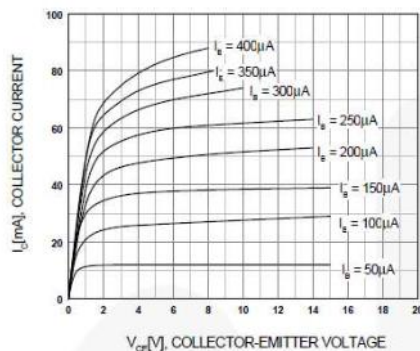


Figure 1. Static Characteristic

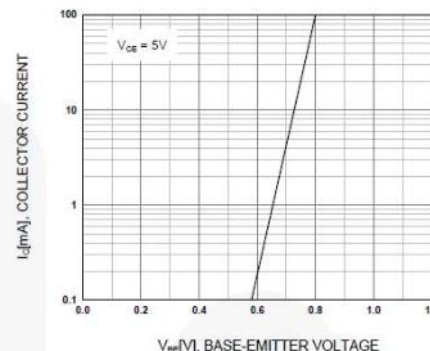
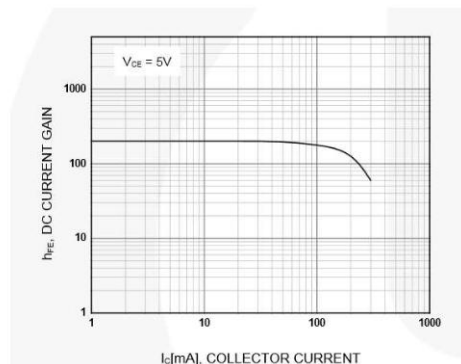


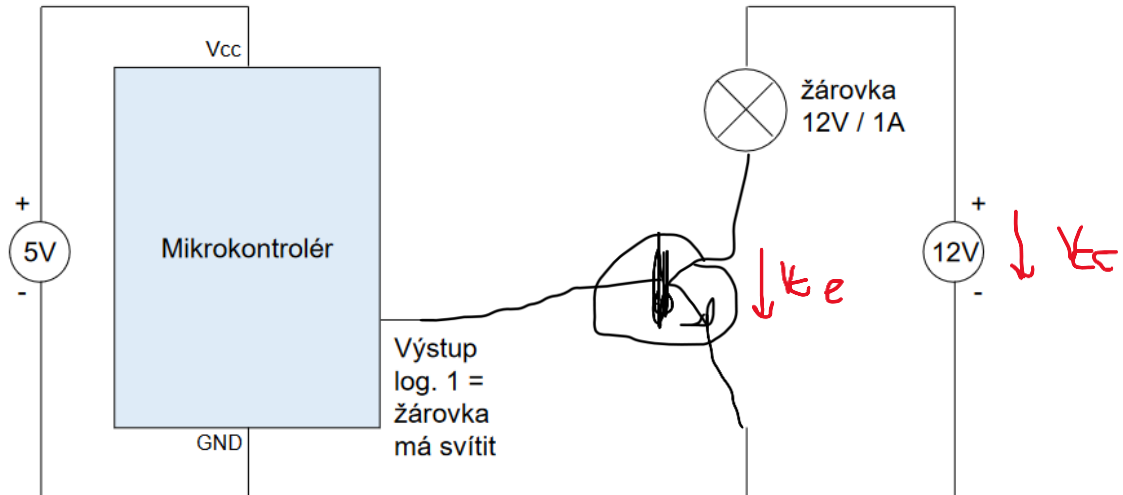
Figure 2. Transfer Characteristic



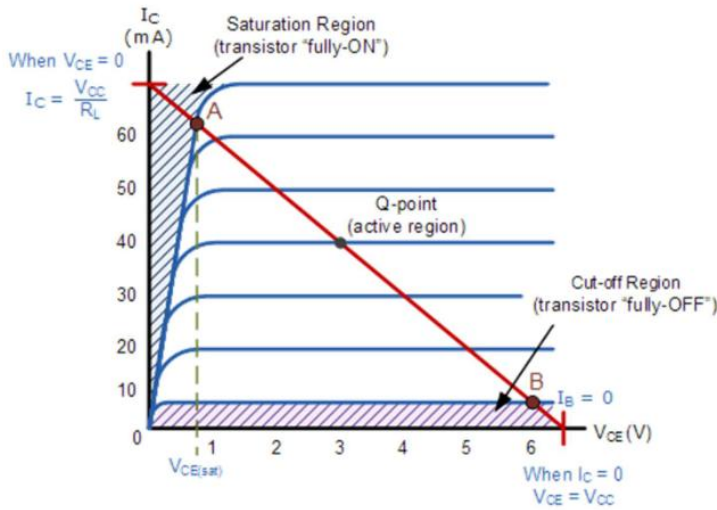
Proudové zesílení není konstantní, pro větší proudy kolektoru klesá.

- U některých tranzistorů je také nižší pro velmi malé proudy.
- Výrobci se obecně snaží mít tuto charakteristiku co nejrovnější.

- Tranzistor jako spínač

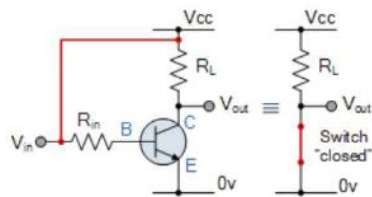


○



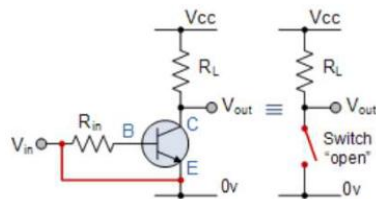
○

○ Tranzistor jako sepnutý spínač



- The input and Base are connected to  $V_{CC}$
- Base-Emitter voltage  $V_{BE} > 0.7V$
- Base-Emitter junction is forward biased
- Base-Collector junction is forward biased
- Transistor is "fully-ON" (saturation region)
- Max Collector current flows ( $I_C = V_{CC}/R_L$ )
- $V_{CE} = 0$  (ideal saturation)
- $V_{OUT} = V_{CE} = "0"$
- Transistor operates as a "closed switch"

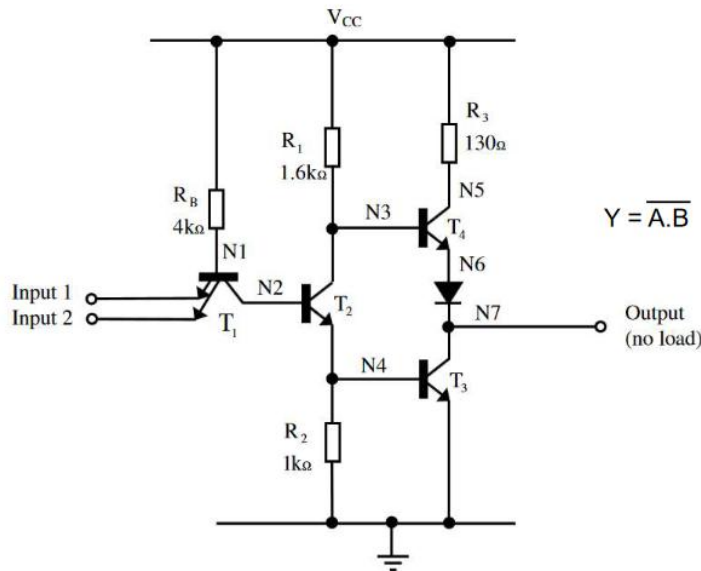
○ Tranzistor jako rozepnutý spínač



- The input and Base are grounded ( $0V$ )
- Base-Emitter voltage  $V_{BE} < 0.7V$
- Base-Emitter junction is reverse biased
- Base-Collector junction is reverse biased
- Transistor is "fully-OFF" (Cut-off region)
- No Collector current flows ( $I_C = 0$ )
- $V_{OUT} = V_{CE} = V_{CC} = "1"$
- Transistor operates as an "open switch"

- Používá se jako negace

- NAND hradlo



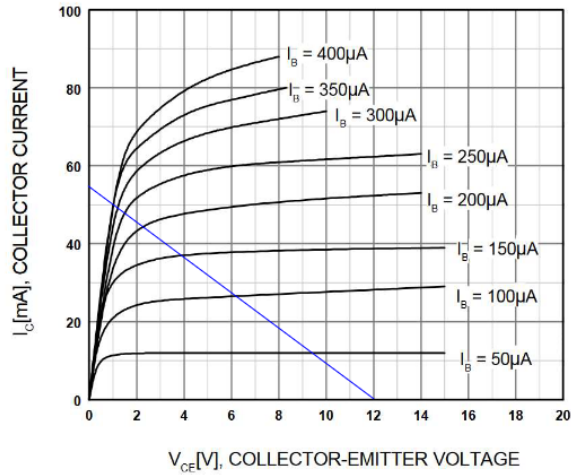
○

- **Tranzistor T1** – kdykoliv z dvojic báze emitor je aktivovaná, tak se otevře
- **Logické 11:**
  - T1 bude zavřený – vazby emitor – báze nemají napětí mezi sebou
  - T2 bude otevřený – skrz bázi T1 bude téct proud do jeho báze
  - T3 bude otevřený – napětí na výstupu se bude blížit nule
  - T4 bude zavřený – kvůli diodě by musel mít na bázi aspoň 1.5 V, bude tam však jen okolo 0.8 V kvůli tranzistoru T3
- **Logické 01 nebo 10**
  - T1 bude otevřený
  - T2 bude zavřený, protože T1 bude vést velmi malý, až nulový proud kvůli vstupu který je připojený k zemi
  - T3 bude zavřený, protože je zavřený T2
  - T4 bude otevřený – vytvoří logickou jedničku

- Příklad

- Chceme ovládat relé pomocí mikrokontroléru. Ten má na výstupu buď log. 0 (GND) nebo log. 1 (+3,3V). Maximální proud výstupu je ale pouze 20mA, tuto hodnotu nelze překročit, jinak dojde ke zničení mikrokontroléru. Relé potřebuje pro sepnutí cívky 12V, odpor cívky je 220Ω.
- 1. Jak to zapojit?
- 2. Jaký bude pracovní bod tranzistoru UCE, IC?  
Jaká bude výkonová ztráta na tranzistoru?  
Jaký bude proud a napětí na cínce relé?
- 3. Jaký bude třeba bázový proud? Jak jej omezit?

○  $I = \frac{12}{220} = 55mA$



○

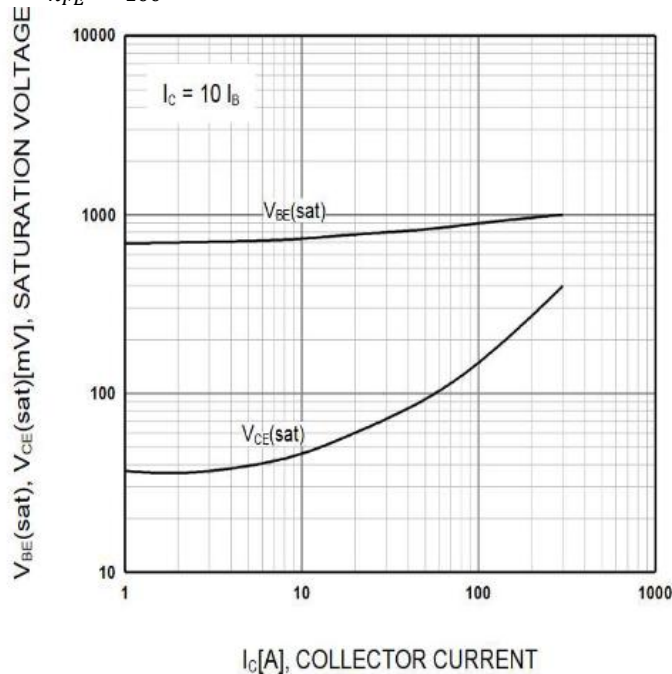
**Electrical Characteristics**  $T_a=25^\circ C$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA
$h_{FE}$	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$ $I_C=100mA, I_B=5mA$		90 200	250 600	mV mV
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$ $I_C=100mA, I_B=5mA$		700 900		mV mV
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$ $V_{CE}=5V, I_C=10mA$	580	660	700 720	mV mV
$f_T$	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF
$C_{ib}$	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF

zesílení  $h_{FE} = I_C/I_B$

○

○  $I_B > \frac{I_C}{h_{FE}} > \frac{55}{100} > 550 \text{ microA}$

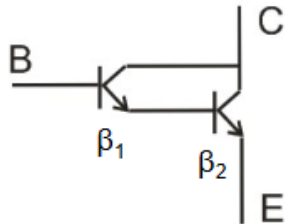


○

○ 0.1V ztráta

- 0,8V pro otevření
- 3,3V výstup
- 2,5V ztráta na rezistoru
- $R_B = \frac{2.5}{0.005} = 500\Omega$

- Darlingtonovo zapojení



$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$$

- 
- $I_{C1} = \beta_1 \cdot I_{B1}$
- $I_{C2} = \beta_2 \cdot I_{C1} = \beta_2 \cdot \beta_1 \cdot I_{B1}$