

# Bipolární tranzistor

---

---

---

---

---

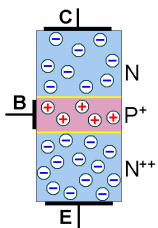
---

---

---

## Bipolární tranzistor

- polovodičová součástka se dvěma PN přechody a 3 elektrodami: C - kolektorem  
E - emitorem  
B - bází
- vrstvy mohou být v pořadí NPN nebo PNP, častější je varianta NPN na níž je zde vyložen princip tranzistoru



Charakteristika vrstev:  
emitor – silně dotovaný  $N^{++}$   
báze – tenká  $P^+$   
Proudem báze ( $I_B$ ) se řídí vodivost tranzistoru mezi E a C = hodnota proudu kolektoru  $I_C$   
Pro  $I_B > 0$  je tranzistor vodivý  
Pro  $I_B = 0$  je tranzistor nevodivý = uzavřený

---

---

---

---

---

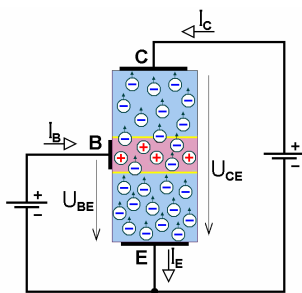
---

---

---

## Otevřený tranzistor

- tranzistor je otevřený jsou-li napětí  $U_{BE}$  a  $U_{CE}$  kladná a  $I_B > 0$



Kladné napětí  $U_{BE}$  přitahuje volné elektrony emitru k PN přechodu BE, který polarizován v propustném směru  
Protože je báze tenká většina elektronů z emitru jí prolétne do kolektoru, kde je kladným napětím  $U_{CE}$  přitahována ke kolektoru  
Pouze asi 1% elektronů na PN přechodu BE rekombinuje s děrami báze

---

---

---

---

---

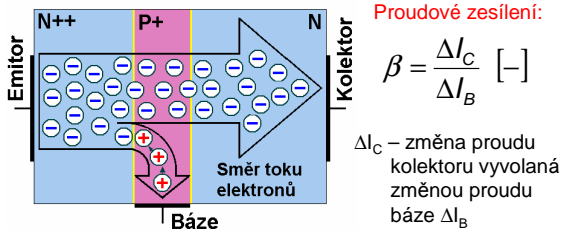
---

---

---

## Proudy tranzistorem

- řídicí (vstupní) proud  $I_B$  – teče z B do E
- proud kolektoru  $I_C$  – teče z C do E  
proud ze zdroje napájecího napětí
- proud emitoru  $I_E = I_B + I_C$




---

---

---

---

---

---

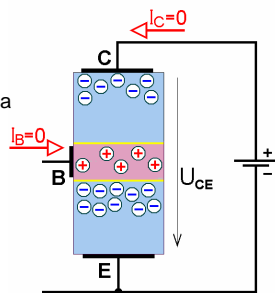
---

---

## Uzavřený tranzistor

Tranzistor je uzavřený jestliže:

- při správné polaritě napětí  $U_{CE}$  a  $U_{BE}$  neprotéká bázi proud,  $I_B=0$   
**správný provozní stav**
- došlo k záměně polarity napětí  $U_{CE}$  nebo  $U_{BE}$   
hrozí zničení tranzistoru



Při záměně kolektoru s emitorem klesá proudové zesílení na přibližně 10 až 20% původní hodnoty.

Při záměně polarity přechod  $U_{BE}$  se přechod BE chová jako Zenerova dioda s malým stabilizačním napětím (do 5V).

---

---

---

---

---

---

---

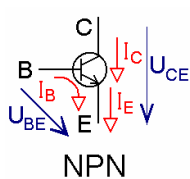
---

## Značky tranzistorů a směry proudů

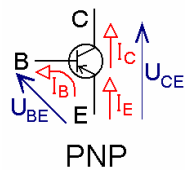
šipka u emitoru udává směr proudu emitoru  $I_E$

Tranzistor NPN

„šipka ven“



Tranzistor PNP



Rozdíl mezi NPN a PNP je ve směru proudu = polaritě napětí  $U_{BE}$  a  $U_{CE}$

---

---

---

---

---

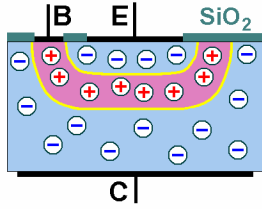
---

---

---

### Realizace bipolárního NPN tranzistoru

Řez tranzistorem vytvořeným difúzní technologií



Základovou destičku tvoří substrát typu N – budoucí kolektor C  
 V druhém kroku se vytvoří tenká báze B – typ P+  
 Následuje vytvoření emitoru E – vysoce dotovaný N++  
 Následuje konektorování a zakrytí oxidem křemíku SiO<sub>2</sub>- sklem

---

---

---

---

---

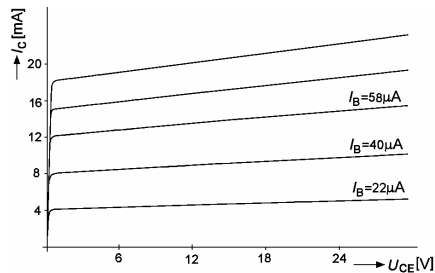
---

---

---

### Tranzistor jako zesilovač

Výstupní charakteristiky tranzistoru = závislost kolektorového proudu I<sub>C</sub> na napětí kolektor emitor U<sub>CE</sub>  
 Parametrem je proud báze I<sub>B</sub>




---

---

---

---

---

---

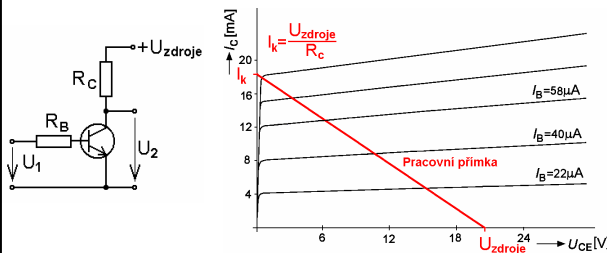
---

---

### Pracovní přímka

Aby tranzistor mohl zesilovat napětí je nutné zapojení rezistoru R<sub>C</sub> do obvodu kolektorů

Pracovní přímka spojuje napájecí napětí U<sub>zdroje</sub> s proudem nakrátko I<sub>k</sub>




---

---

---

---

---

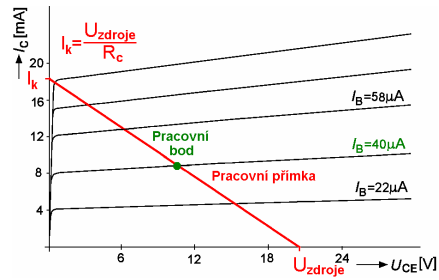
---

---

---

### Pracovní bod

- je dán ustálenou hodnotou proudu báze  $I_B$



Aby výstupní napětí zesilovače věrně kopírovalo vstupní proud volí se pracovní bod ve středu přímkových částí výstupních charakteristik

---

---

---

---

---

---

---

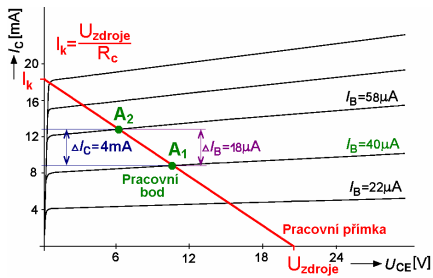
---

---

---

### Zesílení

Změna výstupního proudu  $\Delta I_C$  je úměrná změně proudu báze  $\Delta I_B$




---

---

---

---

---

---

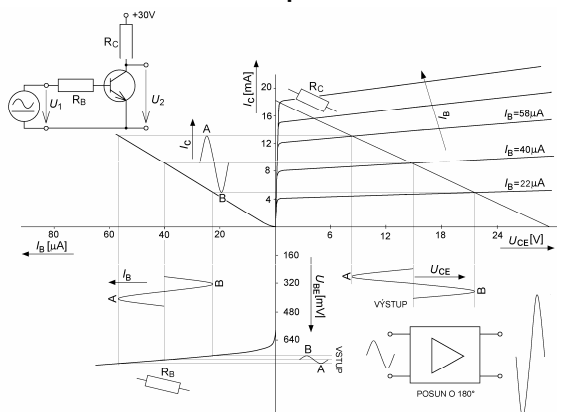
---

---

---

---

### Zesilování střídavého napětí




---

---

---

---

---

---

---

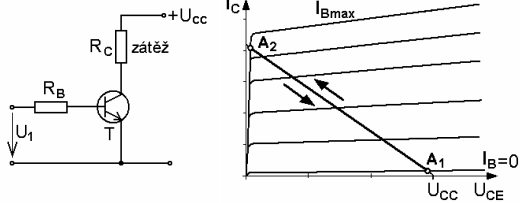
---

---

---

### Tranzistor jako spínač

V číslicových zařízeních pracuje tranzistor jako spínač, kdy je zařízení připojováno a odpojováno od zdroje napětí.  
Proud  $I_B$  je nulový nebo maximální přibustný



V uzavřeném stavu ( $I_B=0$ ) je tranzistor v pracovním bodě  $A_1$  proud  $I_C \approx 0$   
V otevřeném stavu ( $I_B=I_{Bmax}$ ) je tranzistor v pracovním bodě  $A_2$  s minimálním napětím  $U_{CE}$  a maximálním  $I_C$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Zapojení tranzistorů

Tranzistor má pouze 3 elektrody (E–B–C)

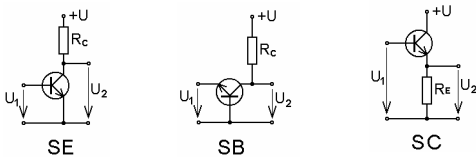
Zesilovač má dvě brány:

vstupní a výstupní tvořené 4 svorkami

⇒ jedna elektroda je společná vstupu i výstupu

Zapojení se společným:

- emitorem **SE** – zesiluje napětí i proud
- bází **SB** – zesiluje pouze napětí
- kolektorem **SC** – zesiluje pouze proud




---

---

---

---

---

---

---

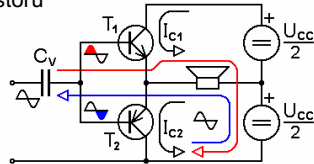
---

---

---

### Komplementární dvojice tranzistorů

- doplňková dvojice tranzistorů
- dvojice NPN a PNP tranzistorů se stejnými vlastnostmi = stejným zesílením, výstupními charakteristikami



Na obrázku je komplementární dvojice tranzistorů v zapojení SC (výstup – reproduktor je připojený na emitory)

- $T_1$  - NPN - zesiluje kladnou půlvlnu vstupního napětí
- $T_2$  - PNP - zesiluje zápornou půlvlnu vstupního napětí

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Rozdělení tranzistorů

- **Bipolární** – na vedení proudu se zúčastňují oba nosiče náboje – díry i elektrony  
řídění se provádí proudem báze  $I_B$
- **Unipolární** - proud vede pouze jeden nosič náboje – díry nebo elektrony  
řídění se realizuje napětím  $U_{GS}$ , které ovlivňuje šířku  $\Rightarrow$  vodivého kanálu  
FET tranzistory – Fiel-Effect Transistor

FET tranzistory mohou být 3 typů s různým chováním

*JFET* –  $U_{GS}$  zužuje kanál (*Junction Fiel-Effect Transistor*)

*MOS-FET Metal Oxide Semiconductor FET*

*MOS-FET s vytvořeným kanálem* –  $U_{GS}$  mění šířku kanálu

*MOS-FET s indukovaným kanálem* –  $U_{GS}$  vytváří kanál

---

---

---

---

---

---

---

---