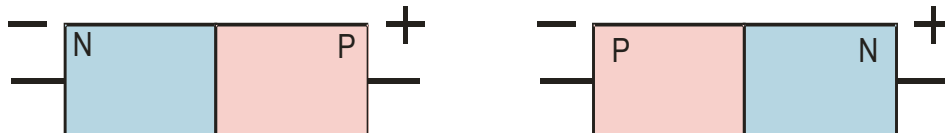


## 4.3.5 Tranzistor

**Předpoklady:** 4302, 4303, 4304

**Př. 1:** Na obrázku jsou nakresleny dvě diody. Rozhodni, která z nich je zapojena v propustném a která v závěrném směru.



Levá dioda je zapojena v propustném směru, pravá je zapojena v závěrném směru.

Tranzistor = asi nejdůležitější polovodičová součástka, možnost miniaturizace (v integrovaných obvodech jako jsou procesory počítače jsou milióny tranzistorů na  $\text{cm}^2$ ).

Má tři vývody, každý připojený k jedné vrstvě polovodiče. Označení:

- E – emitor
- B – báze
- K - kolektor (v zahraničí se používá C)

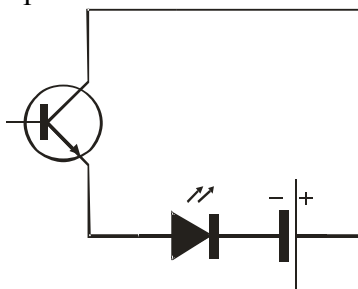
Prostřední vrstva je vždy velmi tenká.

Dva druhy normálních (bipolárních) tranzistorů.

| Druh       | NPN | PNP |
|------------|-----|-----|
| Značka     |     |     |
| Konstrukce |     |     |

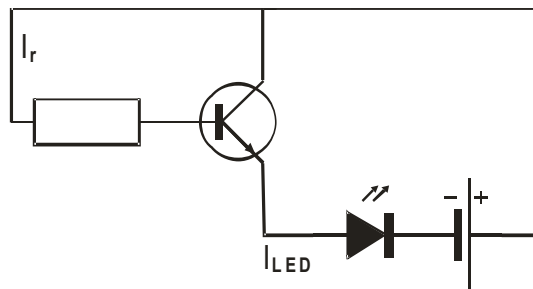
Jak funguje?

Zapojíme obvod s tranzistorem NPN podle obrázku. LED dioda musí být v propustném směru.

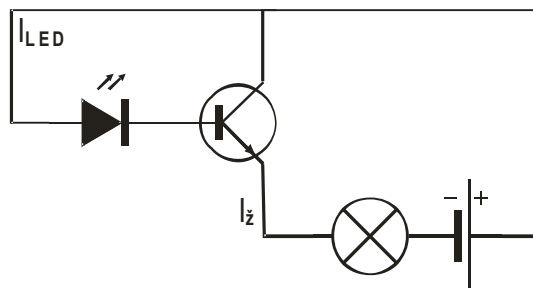


Dioda nesvítí  $\Rightarrow$  tranzistor nepropouští proud (je zavřený).

Nyní využijeme i vývod báze, dotkneme se jedním prstem ruky báze a druhým kladného pólu baterie  $\Rightarrow$  rukou prochází velmi malý proud, LED se rozsvítí  $\Rightarrow$  tranzistor propouští proud (otevřel se). Je zajímavé, že velmi malý proud, procházející rukou stačil k tomu, aby tranzistor přes sebe pustil podstatně větší proud nutný k rozsvícení diody (zesilovací efekt).

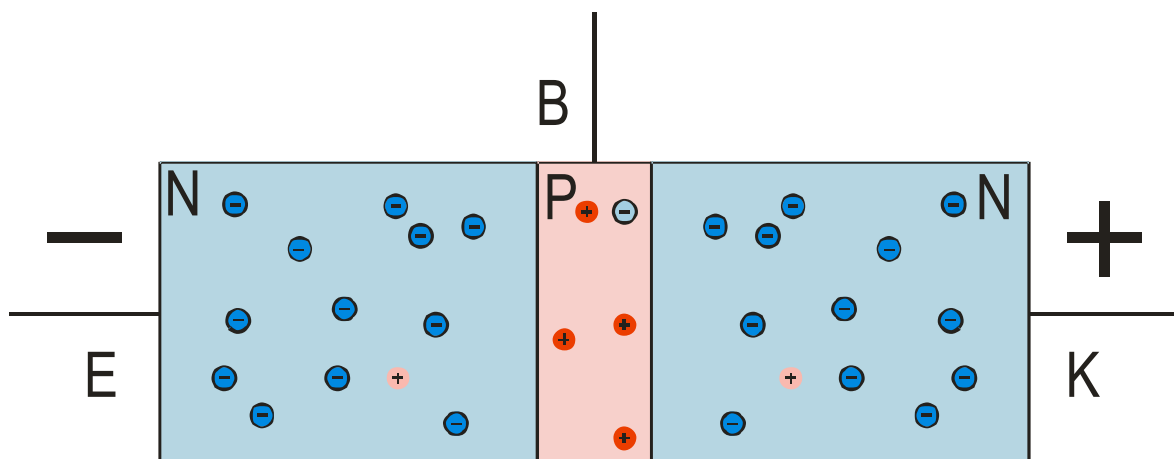


Podobně můžeme malým proudem, který jde do báze přes LED diodu, rozsvítit žárovku daleko větším proudem, který jde mezi emitorem a kolektorem.



**Tranzistor zesiluje tím, že malé změny malého proudu přes bázi, způsobují velké změny velkého proudu jdoucího mezi kolektorem a emitorem.**

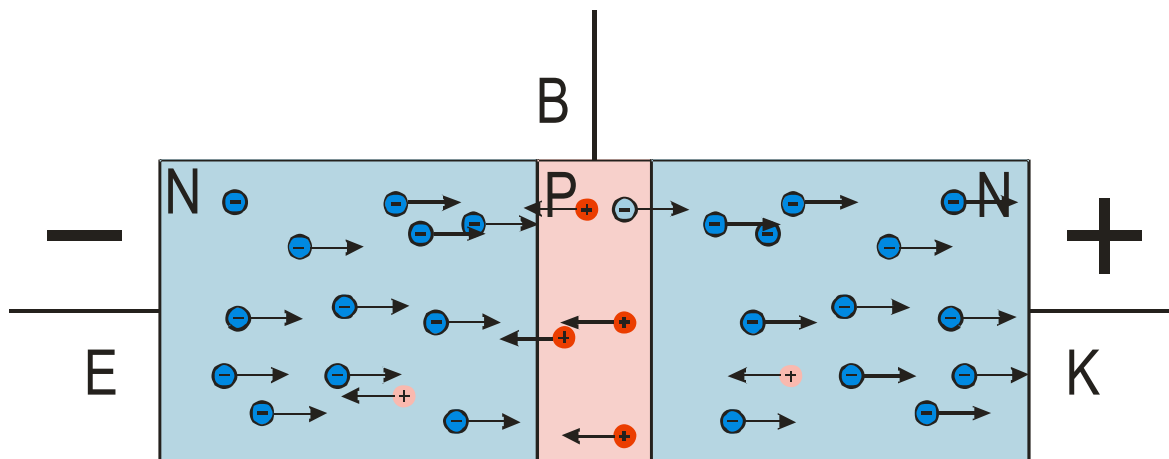
Jaký je mechanismus uvnitř?  
Nakreslíme si obrázek.



### První pohled:

Proud mezi emitorem a kolektorem nemůže protékat, levý přechod NP je otevřený, ale pravý PN je uzavřený.

Tak tomu bude ale vždy, bez ohledu na zapojení báze, takže by proud neměl procházet nikdy.  $\Rightarrow$  rozpor s pokusem  $\Rightarrow$  Zkusíme se podívat lépe a nakreslit si směry pohybu elektronů a děr.



### Druhý pohled:

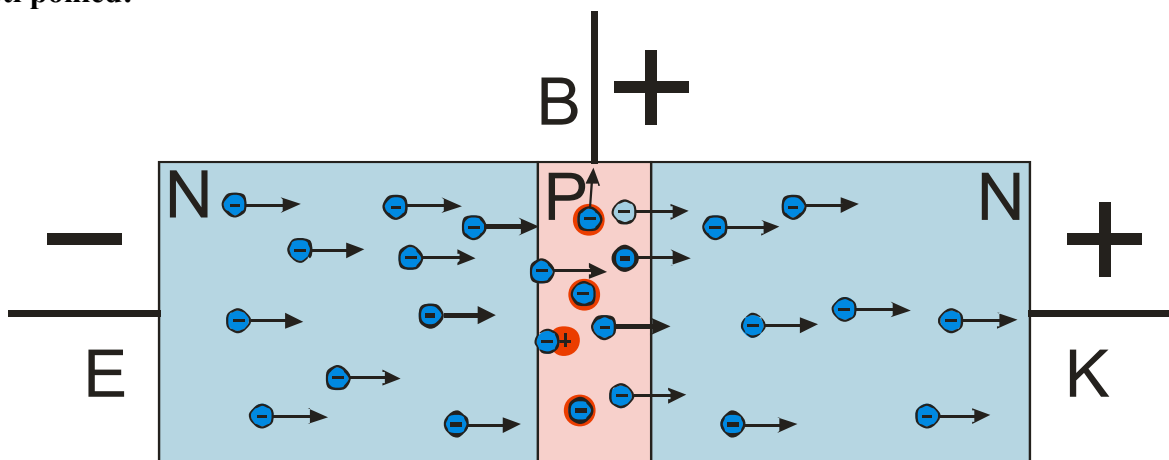
Elektrony od emitoru projdou přes levý NP přechod do oblasti P. Tam jsou ale minoritními nosiči proudu a proto je pro ně pravý přechod PN otevřený a mohou přes něj projít ke kolektoru. (Pravý přechod PN je uzavřený, protože elektrony v N polovodiči jsou u kolektoru a nemohou se pohybovat doprava. Pokud jsou elektrony nalevo od něj, je pro ně přechod průchozí, vnější napětí je přitahuje doprava.)

⇒ Teď to naopak vypadá, že přes tranzistor bude proud procházet pořád, bez ohledu na to, co se bude dělat s bází.

Získali jsme úplně jiný pohled než předtím, ale pořád to neodpovídá realitě.

Zkusíme třetí pohled a lepší sledování elektronů.

### Třetí pohled:



Elektrony projdou přes první přechod do báze, ale tam mohou zrekombinovat s převahou děr, které se nacházejí v P polovodiči. ⇒ V P polovodiči přibývá chycených elektronů a ten se nabíjí záporně.

Čím víc je chycených elektronů tím je P polovodič nabitý záporně a tím hůře se do ní dostávají elektrony od emitoru.

Dostatečné množství chycených elektronů vytvoří takový záporný náboj, že se elektrony od emitoru do P polovodiče vůbec nedostanou ⇒ **tranzistor je zavřený.** (Jak má být podle pokusu.)

Proč se při připojení báze tranzistor otevře?

Z levé části tranzistoru se stane dioda zapojená v propustném směru. Elektrony chycené v P polovodiči mohou přes bázi opouštět P polovodič, tím zmenší záporný náboj v něm a umožní aby do něj zase začaly přicházet elektrony od emitoru (tím se tranzistor otevře a od emitoru začne procházet proud).

**Proč musí být prostřední část polovodiče s vodivostí P tenká?**

Do děr se nesmí zachytit všechny elektrony, které vyšly z emitoru. Předpokládejme, že tisícinu sekundy vyjde z emitoru 1000 elektronů.

Prostřední část je tenká, během krátké cesty zapadne do děr například pouze 10 elektronů z 1000  
⇒ do kolektoru projde 990 elektronů. (99 x víc).

Aby zachycené elektrony nepřekážely v průchodu dalším elektronům z emitoru musí odtéct přes bázi.

Tedy, když každou tisícinu sekundy projde bázi 10 elektronů, nepřibudou v oblasti P žádné zachycené elektrony a z emitoru opět může přes první přechod projít dalších 1000 elektronů, z nichž 990 projde ke kolektoru a deset, které se zachytí v prostřední části a poté odejdou přes bázi.

Na udržení proudu 990 elektronů mezi emitorem a kolektorem je potřeba jenom 10 elektronů procházejících bázi ⇒ **tranzistor zesiluje malý proud 10 elektronů přes bázi na velký proud 990 elektronů přes kolektor.**

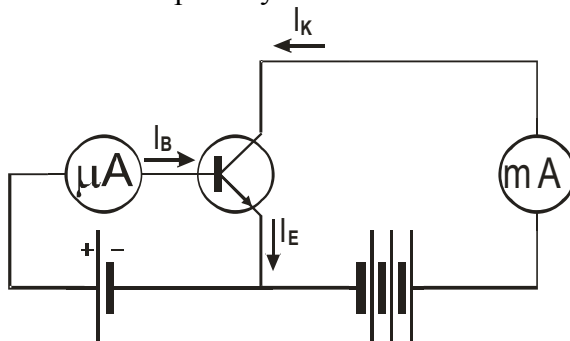
Zmenším proud přes bázi na 5 elektronů ⇒ zvýší se počet zachycených elektronů v bázi ⇒ elektrony z emitoru musí překonávat větší překážku ⇒ do báze jich projde pouze 500, z nich se v bázi 5 zachytí ⇒ do kolektoru projde 495 elektronů a z báze jich zase musím 5 odvést, aby jich do ní mohlo v dalším okamžiku 500 proniknout ⇒ výsledek: zmenšení proudu bázi o 5 elektronů, způsobilo snížení proudu kolektorem o 495 elektronů

**Shrnutí:** Elektrony, které mají projít od emitoru ke kolektoru musí překonávat překážku (odpuzování elektronů zachycených v bázi). Výšku překážky a tím i jejich množství regulujeme malým proudem z báze.

Jedna ze základních charakteristik tranzistoru:  $\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B}$  při konstantním  $U_{CE}$  - **proudový zesilovací činitel** při konstantním napětí emitor-kolektor

V našem případě (elektronů):  $\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} = \frac{990}{10} = 99$

Nejpoužívanější zapojení tranzistoru se společným emitorem.



Jako vstupní se používá malý proud  $I_B$  výstupním zesíleným proudem je proud kolektoru  $I_K$ .

Nevýhoda bipolární tranzistorů – proud procházející bázi ⇒ tranzistory, které nepotřebují na ovládání proud mezi kolektorem a emitorem vést proud bázi = FET tranzistory (Field Effect Transistor = řízený elektrostatickým polem)

**Shrnutí:** Tranzistor je složen ze tří vrstev polovodičů PNP (nebo NPN).