

**13. ročník, úloha IV. S ... tranzistor PNP (5 bodů; průměr ?; řešilo 22 studentů)**

Proveďte diskusi funkce PNP tranzistoru. Porovnejte s funkcí NPN tranzistoru kvalitativně, ale i kvantitativně. Díra má stejný náboj jako elektron, má však menší pohyblivost. Co se stane, když posvítíme dovnitř tranzistoru (PNP i NPN)?

První část úlohy je snadná. Protože emitor je dotován akceptorovou příměsí, k vodivosti přispívají pouze díry. Vidíme, že při zapojení se společnou bází se při tranzistorovém efektu uplatňují v tranzistoru PNP díry, narozdíl od elektronů v tranzistoru NPN. Princip je stejný, jenom, jak je v zadání, díry mají menší pohyblivost než elektrony, proto při stejných rozměrech vrstev a stejných koncentracích příměsí bude pro tranzistor PNP koeficient  $\alpha$  menší než pro tranzistor NPN. Zde je opět vidět, proč se tranzistory PNP příliš nepoužívají – mají horší parametry.

Rozbor provedeme podobný jako při diskusi diodového jevu při změnách teploty. Zde ovšem změnu teploty polovodiče nebudeme uvažovat – sice při vysokých intenzitách se materiál ohřeje (přeměna energie světla na energii elektronů a děr není stoprocentní), ale jevy, o které se zajímáme, se začnou projevovat i při nepatrných osvětleních. Diskutujme změny charakteristik jednotlivých „diod“ v tranzistoru. Osvětlením změníme koncentraci volných nosičů náboje, stejně jako při zvýšení teploty, ovšem nezvýšíme (významný) rozptyl nosičů v látce, takže jednoznačně můžeme říci, že se zvýší vodivost polovodičů. Důsledkem je lepší přiblížení se k ideální diodě. Narozdíl od teplotních změn neměníme v diodové rovnici člen v exponenciále, z tohoto hlediska se diodový jev nezmění. Změní se ovšem zbytkový proud  $I_0$  k vyšším hodnotám, obecně tedy proud diodami roste v propustném i v závěrném směru a to i s přihlédnutím k tomu, že se zmenší vnitřní odpor polovodičových vrstev. Abychom konečně rozhodli, jak se změni funkce tranzistoru, musíme určit změnu parametru (koeficientu)  $\alpha$ , jímž se řídí proudové i napěťové zesílení. Jeho velikost závisí na počtu elektronů, které se zachytí v bázi, a to přibližně nepřímě úměrně (viz seriál). Při osvětlení báze se v této tenké vrstvě vytvoří majoritní nosiče, které rozptylují nalétávající nosiče z emitoru a také s nimi rekombinují. Sice nalétává více částic, ovšem v bázi se nosiče generují z celého objemu, negenerují se pouze u kontaktu s vodičem báze. To má za následek účinnější rekombinaci a tím zmenšení parametru  $\alpha$ . Tranzistorový jev postupně vymizí.

Pro úplnou diskusi musíme zmínit ještě vliv velikosti zbytkového proudu tranzistorem na osvětlení. Generací nových volných nosičů zvětšíme zbytkový i propustný proud u obou diod a proto se celkový zbytkový proud tranzistorem zvětší. Navíc se každý PN přechod začne chovat jako fotodioda a mezi kolektorem a emitorem se nepatrně změní napětí a navíc se opět výrazně zvýší zbytkový proud.

Technologicky náročný, ovšem z praktického hlediska velmi užitečný, je tranzistor s „okénkem“, kterým se osvětluje přechod kolektor-báze, zatímco přechod emitor-báze zůstane neosvětlený. Osvětlený přechod se chová jako fotodioda a celá součástka potom jako fotodioida spojená s tranzistorem, takže není třeba pro velmi citlivý detektor používat dvě, ale pouze jednu součástku.

*Tomáš Ostatnický*