

# TEPLOTNÍ CHOVÁNÍ TRANZISTORU, MĚŘENÍ BOLTZMANNOVY KONSTANTY

## Pracovní úkoly:

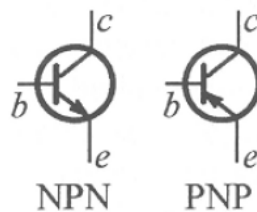
1. Změřte voltampérové charakteristiky tranzistoru KU 602 v zapojení se společnou bází pro pět různých teplot.
2. Sestrojte grafy voltampérových charakteristik a z těchto charakteristik určete Boltzmannovu konstantu.
3. Proveďte rozbor přesnosti měření, stanovte chybu výsledku. Srovnajte s tabulkovou hodnotou.

**Pomůcky:** Přípravek s tranzistorem, teploměr, míchačka, ponorný vaříč, časový spínač, zdroj stejnosměrného napětí, přípravek pro jemnou regulaci napětí, ampérmetr, voltmetr, vodiče

## Teorie:

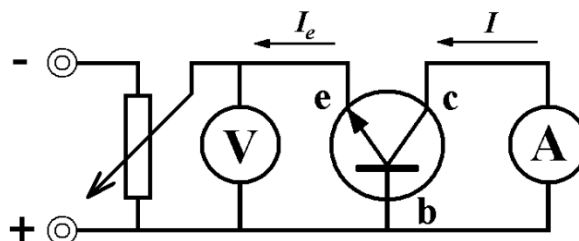
Tranzistory jsou velmi rozšířené polovodičové součástky používané samostatně nebo tvořící základ složitějších integrovaných obvodů. Z hlediska principu fungování rozlišujeme bipolární a unipolární tranzistory. Bipolární tranzistory využívají tzv. tranzistorového jevu. Tento jev vzniká ve struktuře se dvěma polovodičovými přechody PN. Unipolární tranzistory, pracující na jiném principu, se vyznačují velmi vysokým vstupním odporem a hodí se pro speciální aplikace např. v měřicích přístrojích.

Z hlediska uspořádání vnitřní struktury dělíme bipolární tranzistory na typy PNP a NPN (viz obrázek 1) podle pořadí částí s daným typem vodivosti. Z důvodu jednodušší výroby mají převahu tranzistory typu NPN. Vývody tranzistoru se označují jako *báze (b)*, *kolektor (c)* a *emitor (e)*.



Obrázek č. 1: Dělení bipolárních tranzistorů a rozmístění vývodů

Pro měření Boltzmannovy konstanty lze využít tranzistor typu NPN v zapojení se společnou bází dle obrázku 2. V tomto zapojení je přechod *emitor-báze* zapojen v propustném směru, kolektorový proud je zkratován ampérmetrem.



Obrázek č. 2: Zapojení tranzistoru pro měření Boltzmannovy konstanty

Proud tekoucí obvodem *kolektor-báze* je závislý nejen na proudu v obvodu *emitor-báze*, ale též na teplotě přechodu. Proud v obvodu *kolektor-báze* lze popsat vztahem:

$$I = I_0 \cdot \exp \frac{e.U}{k.T} - 1 \quad (1)$$

Použijeme-li napětí  $U$  v propustném směru malých hodnot v okolí cca 0,5V, můžeme ve vztahu (1) zanedbat jedničku oproti exponenciálnímu členu. Výraz (1) se nám zjednoduší do podoby:

$$I = I_0 \cdot \exp \frac{e.U}{k.T} \quad (2)$$

Vztah je možno linearizovat logaritmováním.

$$\ln I = \ln I_0 + \frac{e}{k.T} \cdot U = \ln I_0 + B \cdot U \quad (3)$$

kde  $B$  je směrnice přímky proložené závislostí  $\ln I$  na napětí  $U$ . Boltzmannovu konstantu stanovíme ze vztahu:

$$k = \frac{e}{B.T} \quad (4)$$

### Pokyny pro měření a zpracování:

1. Zapojte obvod podle schématu na obrázku 1. Měřený tranzistor je umístěn v ohřívací lázni. Míchání zajišťuje motoricky poháněná vrtulka.
2. Měřte závislost proudu v obvodu *kolektor-báze* na elektrickém napětí v obvodu *emitor-báze*. Hodnotu teploty odečtěte před i po měření. Z těchto hodnot stanovte aritmetický průměr. Běžící komutátorový motor míchačky vnáší do měření silné rušení. Během odečtu hodnot **vypínejte proto míchání**. Měření provádějte rychle, aby nedocházelo ke změnám teploty v průběhu měření při vypnutém míchání.
3. Měření proveďte pro pět různých teplot do 60 °C.
4. Doporučené rozsahy měřících přístrojů jsou 2 V pro voltmetr a 20 mA pro ampérmetr. Rozsah ampérmetru měňte podle potřeby.
5. Elektrické napětí v obvodu *emitor-báze* nastavujte v rozsahu od 0,1 V do maximálně 1 V s krokem cca 0,05 V a měřte proud v obvodu *kolektor-báze*.  
**Nepřekračujte hodnotu maximálního proudu  $I_{\max} = 1$  A.**
6. Měření zpracujte graficky jako voltampérové charakteristiky.
7. Pro další zpracování vyberte lineární část charakteristiky tranzistoru (okolí napětí 0,5 V).
8. Lineární regresí pro každou teplotu stanovte hodnotu koeficientu  $B$  ze vztahu (3) a pomocí vztahu (4) určete hodnotu Boltzmannovy konstanty včetně její chyby.

### Poznámka:

*Podobně by bylo možné stanovit hodnotu Boltzmannovy konstanty z teplotního chování diody. Tranzistor byl zvolen z důvodu vyšší teplotní vodivosti pouzdra a lepšího kontaktu polovodiče s okolím. Na většině běžných diod za standardních podmínek nevzniká velké množství tepla, a proto pouzdra diod nejsou konstruována s požadavkem na velkou teplotní vodivost. Teplota polovodiče uvnitř pouzdra diody by se tedy mohla výrazně lišit od teploty ohřívací lázně.*