

23. ročník, úloha IV. E ... MacGyver a teploměr !!! chybí statistiky !!!

Z materiálů, které máte doma k dispozici, zkonstruujte funkční teploměr a pomocí vhodných známých teplot nakalibrujte jeho stupnici. Nezapomeňte nám poslat fotografii výsledku vašeho snažení. organizátoři se usnesli, že konstrukční úloha dlouho nebyla.

Teorie

Pro měření teploty můžeme využít mnoho jednoduchých principů. V běžném životě se nejčastěji setkáváme s teploměry využívajícími roztažnost kapalin a dnes čím dál tím rozšířenějšími elektronickými teploměry. Méně obvyklé, ale také využívané, jsou bimetalové teploměry. V tomto řešení zkonstruujeme jeden z možných elektronických teploměrů, který bude využívat závislosti velikosti schodku napětí na PN přechodu křemikové diody na teplotě.

Přiložíme-li k sobě dva polovodiče s různou vodivostí, vytvoříme tzv. PN-přechod. Ustaví se na něm rovnováha v difuzních tocích nosičů náboje, jejímž výsledkem je skok napětí v oblasti přechodu. Protože difuze je teplotně závislá, bude na teplotě záviset i velikost schodku napětí.

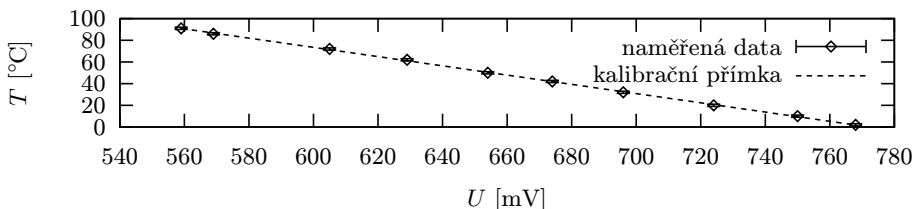
Experiment

Pro provedení kalibrace teploměru nepotřebujeme příliš mnoho vybavení. Stačí vhodná dioda (v našem případě přechod báze-emitor tranzistoru 2N2222A, který se dodává v provedení s kovovým pouzdem, což je pro naši aplikaci výhodné – přenos tepla je efektivnější a budoucí teploměr bude mít rychlejší odezvu), pár spojovacích drátů, voltmetr a teploměr. Voltmetr přepneme do režimu zkoušečky diod, kdy měří přímo napěťový schodek na PN-přechodu.

Pomocí vařící vody a kostek ledu si dokážeme namíchat libovolnou teplotu z rozsahu 0–100 °C. Teplotu vzniklé směsi měříme rtuťovým teploměrem se stejným rozsahem. Musíme dávat pouze pozor na to, aby se nám kvůli teplotě vzduchu v okolí směs neohřívala či nechladila příliš rychle, důležité je také měřit oběma měřidly přibližně ve stejné oblasti. Naměříme tak několik bodů kalibrační závislosti, které najdete v tabulce. Chybu měření odhadujeme na 1 °C, resp. 1 mV.

Tabulka výsledků měření

T [°C]	2	10	20	32	42	50	62	72	86	91
U [mV]	768	750	724	696	674	654	629	605	569	559



Obr. 1. Fitovaný graf závislosti napětí na teplotě

Po vynesení do grafu (obr. 1) vidíme, že kalibrační závislostí bude přímka popsaná závislostí $T(U) = -aU + b$, kde a a b jsou konstanty a U napětí na PN přechodu. Fitováním v programu gnuplot¹ získáme hodnoty konstant a a b . Výsledek je

$$T(U) = (-0,426U + 329) \text{ C,}$$

¹) Návod najdete např. na našich stránkách v Sekci experimentů.

příčemž za napětí U dosazujeme v milivoltech. Přesnost kalibrace je dána zejména přesností kalibračního teploměru, bude tedy přibližně 1°C .

Poznámky k řešením

Většina vypracovaných řešení byla velmi pěkná (sešlo se mnoho různých teploměrů, od klasických kapalinových, přes bimetalové po diody a termočlánky) a bylo vidět, že jste si na experimentu dali záležet. Nejčastější chybou bylo zamlčení toho, jak jste kalibrovali – pokud jste používali jiný teploměr na zjištění hodnot, bylo vhodné napsat jaký a s jakou chybou měřil. Výsledek založený na odhadu nemá příliš velký význam.

Aleš Podolník

`ales@fykos.mff.cuni.cz`