

5. MĚŘICÍ ZESILOVAČE

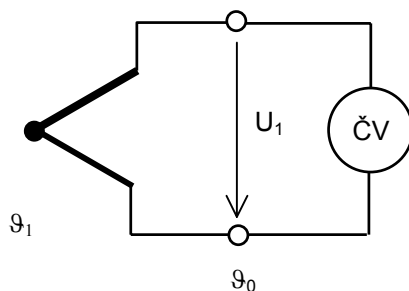
Úkol měření

1. Změřte napětí termočládku předloženým číslicovým voltmetrem pro jednu polohu přepínače termostatu.
2. S použitím operačního zesilovače OP 07 navrhnete zapojení:
 - a) invertujícího zesilovače napětí se zesílením -100 a vstupním odporem 1 k Ω ;
 - b) neinvertujícího zesilovače napětí se zesílením 100 a vstupním odporem 100 k Ω .
3. Invertující zesilovač napětí použijte pro zesílení napětí termočládku, napětí na výstupu zesilovače změřte stejným číslicovým voltmetrem a pro stejnou polohu přepínače termostatu jako v bodě 1. Korigujte chybu metody způsobenou konečným vstupním odporem zesilovače.
4. Určete rozšířenou nejistotu měření napětí termočládku (koeficient rozšíření $k_r = 2$) jak pro přímé měření číslicovým voltmetrem, tak pro měření napětí termočládku po zesílení invertujícím zesilovačem napětí.

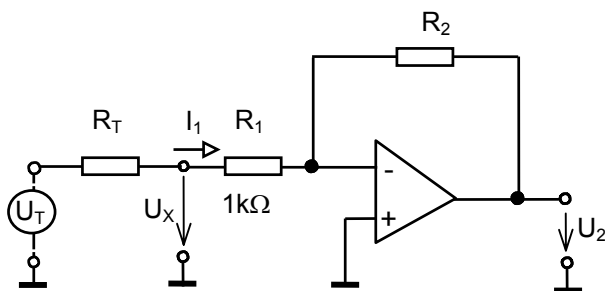
Při určení celkové nejistoty typu B měření zesíleného napětí termočládku uvažujte i nejistotu způsobenou vstupní napětíovou nesymetrií operačního zesilovače. Nejistoty způsobené vstupními klidovými proudy zesilovače zanedbejte.
5. Pro polohu přepínače termostatu použitou při měřeních dle bodů 1 a 3 určete teplotu teplého konce termočládku (teplotu měřenou termočládkem), je-li konstanta použitého termočládku $K = 54 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Předpokládejte, že teplota srovnávacích (studených) konců termočládku je 20 $^\circ\text{C}$ (teplota laboratoře).
6. Ověřte, zda je skutečná vstupní napětíová nesymetrie použitého operačního zesilovače menší než maximální (případně typická) hodnota udaná výrobcem.

Poznámky k měření:

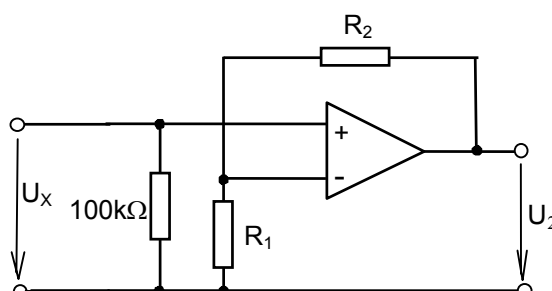
1. Měřte až po dosažení tepelného ustálení obvodu, které indikuje zánik monotónních změn údaje číslicového voltmetru (ustálení údaje až na případný vliv šumu).
2. Tolerance použitých rezistorů a vnitřní odpor termočládku jsou uvedeny na přípravcích.
3. Operační zesilovač umožňuje kompenzaci vstupní napětíové nesymetrie a vstupních klidových proudů zesilovače pomocí nastavitelného rezistoru (odporového trimru). V praxi se ale tato kompenzace zpravidla nepoužívá a ani v přípravku není zapojena.

Schéma zapojení

Obr. 1 Přímé měření napětí termočládku číslicovým voltmetrem



Obr. 2 Invertující zesilovač pro zesílení napětí termočládku



Obr. 3 Neinvertující zesilovač se vstupním odporem 100 kΩ

Tab. 1 Základní parametry některých vybraných operačních zesilovačů

Vlastnost	Typ OZ	ICL 7650	741	LT 1097	OP 07	LM 155
napěťový offset typ./max. (μV)		0,7	1500/5000	10/60	60/150	1000
jeho teplotní drift (μV/°C)		0,02	10	0,3	0,5	5
vstupní klidový proud typ./max. (pA)		5	50000	350	1800/7000	50
CMRR (dB)		120	90	130	110	100
rychlost přeběhu (V/μs)		2,5	0,5	0,2	0,3	5

Pozn.: ICL 7650 automaticky nulovaný operační zesilovač
 741 levný zastaralý bipolární OZ
 LT 1097 přesný OZ
 OP 07 kvalitní OZ, uvedené parametry odpovídají levné verzi (průmyslový standard)
 LM 155 levný OZ typu BIFET (s unipolárními tranzistory na vstupu)

Kontrola vstupní napěťové nesymetrie

Vstupní napěťovou nesymetrii invertujícího zesilovače zjistíme změřením výstupního napětí tohoto zesilovače při zkratovaném vstupu a vydělením tohoto napětí zesílením zesilovače pro napěťovou nesymetrii, které je v našem případě rovno 101 (pro odpory $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ a při uvažování skutečnosti, že napětí napěťové nesymetrie je zesilováno neinvertujícím zesilovačem, viz obr.5.4) .