

Proto pro měření malých stejnosměrných napětí je nutné použít OZ s nízkou vstupní napětíovou nesymetrií (offsetem).

## 4.2. Domácí příprava

- 4.2.1. Prostudujte si teoretický úvod
- 4.2.2. Vypočtete hodnotu odporu použitých rezistorů pro zapojení dle obr. 4.3 a 4.4. pro napěťové zesílení  $A_U = 100$ .
- 4.2.3. Odvoďte vztah pro určení standardní nejistoty měření napětí termočlánku při použití invertujícího zesilovače. Uvažujte i nejistotu způsobenou vstupní napěťovou nesymetrií operačního zesilovače.

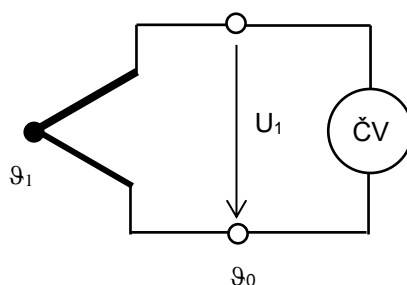
## 4.3. Úkol měření

- 4.3.1. Změřte napětí termočlánku předloženým číslicovým voltmetrem pro jednu polohu přepínače termostatu.
- 4.3.2. Zapojte invertující zesilovač napětí s běžným OZ (OP 07) a použijte jej pro zesílení napětí termočlánku. Napětí na výstupu zesilovače změřte stejným číslicovým voltmetrem pro stejnou polohu přepínače termostatu jako v bodě 4.3.1. Korigujte chybu metody způsobenou konečným vstupním odporem zesilovače.
- 4.3.3. Proveďte totéž měření s OZ s malou vstupní napěťovou nesymetrií (ICL 7650)
- 4.3.4. U obou zesilovačů ověřte, zda je skutečná vstupní napěťová nesymetrie použitých operačních zesilovačů menší než maximální (případně typická) hodnota udaná výrobcem.
- 4.3.5. Určete rozšířenou nejistotu měření napětí termočlánku (koeficient rozšíření  $k_r = 2$ ) jak pro přímé měření číslicovým voltmetrem, tak pro měření napětí termočlánku po zesílení invertujícím zesilovačem napětí OP 07, viz bod 4.2.3 domácí přípravy.

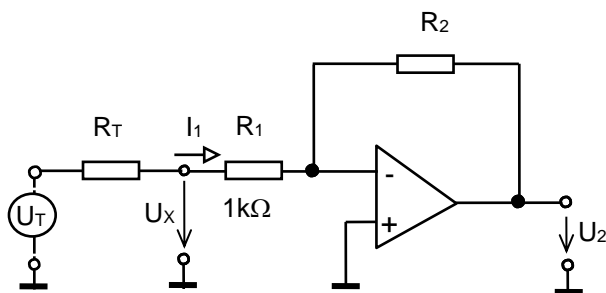
Při určení celkové nejistoty typu B měření zesíleného napětí termočlánku uvažujte i nejistotu způsobenou vstupní napěťovou nesymetrií operačního zesilovače. Nejistoty způsobené vstupními klidovými proudy zesilovače zanedbejte.

- 4.3.6. Pro polohu přepínače termostatu použitou při měřeních dle bodů 4.3.1 určete teplotu teplého konce termočlánku (teplotu měřenou termočlánekem), je-li konstanta použitého termočlánku  $K = 54 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Předpokládejte, že teplota srovnávacích (studených) konců termočlánku je  $20^\circ\text{C}$  (teplota laboratoře).

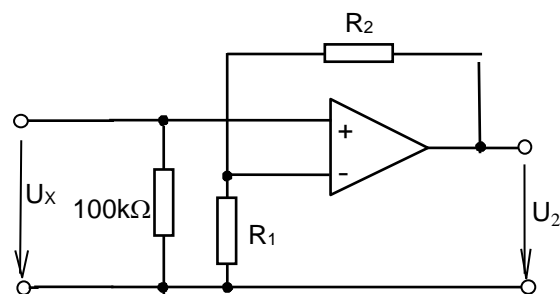
## 4.4. Schéma zapojení



Obr. 4.2. Přímé měření napětí termočlánku číslicovým voltmetrem



Obr. 4.3. Invertující zesilovač pro zesílení napětí termočládku



Obr. 4.4. Neinvertující zesilovač se vstupním odporem 100 kΩ

Tab. 4.1. Základní parametry některých vybraných operačních zesilovačů

Vlastnost	Typ OZ	ICL 7650	741	LT 1097	OP 07	LM 155
napěťový offset typ./max. (μV)		0,7/8	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)

## 4.5. Poznámky k měření

- 4.5.1. Měřte až po dosažení tepelného ustálení obvodu, které indikuje zánik monotónních změn údaje číslicového voltmetru (ustálení údaje až na případný vliv šumu).
- 4.5.2. 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).
- 4.5.3. Tolerance použitých rezistorů a vnitřní odpor termočládku jsou uvedeny na přípravech.
- 4.5.4. Výpočet teploty teplého konce termočládku ze změřeného napětí termočládku se provede podle přibližného vztahu

$$\vartheta_1 = \frac{U_1}{K} + \vartheta_0$$

kde  $K = 54 \cdot 10^{-6} \text{ V/}^\circ\text{C}$ . Teplotu okolí předpokládáme  $\vartheta_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .