



Číslo súťažiaceho:

Čas odovzdania:

Počet bodov komplexný projekt:

Úloha 1 (5b): Úloha 2 (2b): Úloha 3 (10b): Úloha 4 (3b): Úloha 5 (20b): Bonus:

Dosiahnuté parametre: Výstupné napätie pri 0°C 100°C

Komplexný projekt v oblasti elektroniky

V tejto časti je Vašou úlohou analyzovať elektronický obvod, ktorý budete tento rok na celoštátnom kole ZENIT v elektronike v rámci praktickej časti stavať. Cieľom je otestovať schopnosť porozumieť zadaniu, schopnosť spojiť teoretické a praktické znalosti a kreativitu súťažiacich.

Všetky náčrty a výpočty robte priamo v texte zadania. Výsledky bez výpočtu, zdôvodnenia a bez správnych fyzikálnych jednotiek nebudú uznané.

Použitie akejkoľvek externej pomoci je na súťaži zakázané. Porušenie nariadenia bude penalizované diskvalifikáciou.

Úloha 1: Platinový odporový snímač teploty (5 bodov)

Rezistívne senzory teploty (RTD) na báze platinových rezistorov nachádzajú široké využitie od merania v priemyselných procesoch až po najpresnejšie metrologické aplikácie. Ide o rezistor vyrobený z ultra-čistej platiny, alebo zliatiny platiny, ktorý má presne známu teplotnú charakteristiku odporu. V priemysle najčastejšie používaný model je typ PT100, s nominálnou hodnotou $R(0^{\circ}\text{C}) = 100\ \Omega$ pri teplote $0\ ^{\circ}\text{C}$. Platinové senzory sú použiteľné v rozsahu teplôt -200 až $+850\ ^{\circ}\text{C}$, najčastejšie aplikácie bežných senzorov sú v rozsahu od -50 do $+250\ ^{\circ}\text{C}$.

Pre potreby tejto úlohy uvažujme zjednodušený prípad, odpor senzora bude lineárna funkcia (priamo úmerný) teploty

$$R(t) = R(0^{\circ}\text{C}) [1 + A t] \quad (1)$$

Kde $A = 3,850 \times 10^{-3}\ 1/^{\circ}\text{C}$ je citlivosť senzora, t je teplota vyjadrená v $^{\circ}\text{C}$.

Vypočítajte hodnotu odporu snímača PT100 pre nasledujúce teploty

| Teplota ($^{\circ}\text{C}$) | Odpor | Hodnota (Ω) |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------|
| -50 | $R_{-50^{\circ}\text{C}}$ | |
| 0 | $R_{0^{\circ}\text{C}}$ | |
| 22 | $R_{22^{\circ}\text{C}}$ | |
| 100 | $R_{100^{\circ}\text{C}}$ | |
| 250 | $R_{250^{\circ}\text{C}}$ | |

Úloha 2: Samoohrev senzora (2 body)

Rezistívny senzor teploty elektricky nie je nič iné ako súčiastka rezistor. Pri správnom návrhu meracieho obvodu a s kvalitným senzorom dokážeme merať teplotu s presnosťou $0,01\ ^{\circ}\text{C}$. Pri nesprávnom používaní ale môže návrhár jeho presnosť úplne zničiť. Pre účely tejto úlohy uvažujme senzor PT100, vo vyhotovení pre povrchovú montáž, veľkosť čipu 1206. Senzor je umiestnený v prostredí s teplotou $0\ ^{\circ}\text{C}$.



Neskúsený návrhár používa budiaci prúd s veľkosťou $I = 5,0 \text{ mA}$.

Vypočítajte veľkosť stratového výkonu, ktorý sa bude uvoľňovať na senzore

$P_{\text{STRATOVÝ}} =$

Vypočítajte nárast teploty čipu, spôsobený samoohrevom tohoto rezistora, ak [dátový list](#) udáva tepelný odpor 1206 púzdra $R_{\text{th}1206} = 700 \text{ K/W}$. Samoohrev spôsobí chybu merania teploty a musíme ho minimalizovať.

$\Delta t =$

Úloha 3: Budenie senzora PT100 (10 bodov)

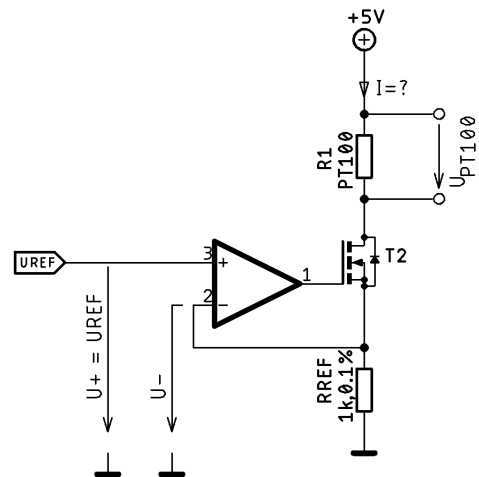
Jeden zo spôsobov ako merať senzorom PT100 je budiť ho konštantným prúdom známej hodnoty a merať úbytok napätia. Na výpočet odporu senzora sa následne využije Ohmov zákon.

Realizácia zdroja konštantného prúdu pomocou operačného zosilňovača je znázornená na obrázku 1. Na neinvertujúci vstup OZ je pripojený zdroj referenčného napätia U_{REF} . OZ budí tranzistor, ktorý riadi veľkosť prúdu pretekajúceho zo zdroja, cez záťaž (R_1) a referenčný rezistor R_{REF} .

Základná vlastnosť operačného zosilňovača so zavedenou spätnou väzbou je, že zosilňovač sa vždy bude snažiť udržať nulový rozdiel napätí medzi neinvertujúcim a invertujúcim vstupom, $U_+ = U_-$. V ideálnom prípade budú obidve napätia presne rovnaké. Pri výpočte si v schéme vyznačte dôležité fakty.

Vypočítajte veľkosť prúdu I v zapojení z obrázku 1, ak veľkosť referenčného napätia je $U_{\text{REF}} = 0,5 \text{ V}$

$I =$



Obrázok 1: Realizácia zdroja konštantného prúdu pomocou operačného zosilňovača.

Úloha 4: Meranie teploty pomocou odporového snímača teploty (3 body)

Chceme skonštruovať teplomer so senzorom PT100, ktorý bude merať teplotu v rozsahu 0 až $+100 \text{ }^\circ\text{C}$ s rozlíšením $0,01 \text{ }^\circ\text{C}$. Aké budú technické požiadavky na obvod merania odporu?

Minimálna hodnota meraného odporu

$R_{\text{MIN}} =$

Maximálna hodnota meraného odporu

$R_{\text{MAX}} =$

Potrebné rozlíšenie merania odporu (v Ohmoch)

rozlíšenie =



Úloha 5: Navrhnete a zrealizujete teplomer so senzorom PT100 (20 bodov)

Navrhnete a na kontaktnom poli zrealizujete teplomer so senzorom PT100 a analógovým napäťovým výstupom. Zapojenie navrhnete, vypočítajte hodnoty prvkov, podrobne zdokumentujete a zrealizujete na kontaktnom poli. Navrhnete ako obvod nastaviť a otestovať.

Projekt odovzdáte odbornej hodnotiacej komisii, spolu overíte funkčnosť a presnosť.

Technické požiadavky na obvod sú nasledovné:

1. Použitý senzor: RTD typu PT100
2. Zaručený rozsah merania teploty 0 až +100 °C
3. Prúd senzorom 500 μ A až 1 mA

Kategória B

4. Nameraná hodnota sa číta/zobrazuje na ručičkovom voltmetri s rozsahom 1 V, alebo číslicovom multimetri nastavenom na meranie napätia na rozsahu 1 V. Výstupné napätie musí byť čo najviac priamo úmerné meranej teplote. Hodnota pre 0°C musí byť 0 V, pre +100 °C 1,00 V.
5. Napájacie napätie +/-2,5 V (je definované použitým operačným zosilňovačom)
6. **Bonus:** Obvod, bude mať schopnosť nastaviť a vynulovať offset merania teploty (a operačných zosilňovačov), tak aby pri pripojení testovacieho rezistora 100,000 Ω (0°C) bolo výstupné napätie čo najbližšie 0 V.

Kategória A

4. Nameraná hodnota sa číta/zobrazuje na ručičkovom voltmetri s rozsahom 10 V, alebo číslicovom multimetri nastavenom na meranie napätia na rozsahu 10 V. Výstupné napätie musí byť čo najviac priamo úmerné meranej teplote. Hodnota pre 0°C musí byť 0 V, pre +100 °C 10,00 V.
5. Napájacie napätie +/-15 V (je definované použitým operačným zosilňovačom).
6. Obvod musí mať schopnosť nastaviť a vynulovať offset merania teploty (a operačných zosilňovačov), tak aby pri pripojení testovacieho rezistora 100,000 Ω (0°C) bolo výstupné napätie čo najbližšie 0 V.

Zoznam materiálu, ktorý máte k dispozícii:

Integrované obvody:

Kategória A:

MCP6002-E/P Dvojitý, rail to rail operačný zosilňovač, offset \pm 4,5 mV, napájanie 1,8 až 5,5V, GBW 1 MHz
NE5532P Dvojitý operačný zosilňovač, offset \pm 4 mV, napájanie \pm 5 až \pm 15 V, GBW 10 MHz

Kategória B:

MCP619-I/P Štvoritý, rail to rail operačný zosilňovač, offset \pm 150 μ V, napájanie 2,3 až 5,5 V, GBW 190 kHz
MCP617-I/P Dvojitý, rail to rail operačný zosilňovač, offset \pm 150 μ V, napájanie 2,3 až 5,5 V, GBW 190 kHz

Diskrétné súčiastky (kategória A, kategória B):

BC557A Tranzistor PNP bipolárny. 50V/100mA/500mW
BC547A Tranzistor NPN bipolárny. 50V/100mA/500mW
1N4148-TAP Dióda malosignálová 100V/300mA
LTL2R3KRD-EM LED 5mm červená. Pracovný prúd 2mA
LTL2R3KGD-EM LED 5mm zelená. Pracovný prúd 2mA

Pasívne súčiastky (kategória A, kategória B):

Referenčný rezistor 100 Ω , tolerancia 0,1%, veľmi nízky teplotný súčiniteľ 10 ppm/°C

Rezistory rad E12, štandardná tolerancia 1%, hodnoty 10 Ω až 10 M Ω

Kondenzátory keramické: 1n, 2n2, 4n7, 10n, 22n, 47n, 100n, tolerancia typicky \pm 10%
keramické: 220n, 470n, tolerancia typicky -80...+22%
elektrolytické: 1 μ F, 2.2 μ F, 4.7 μ F, 10 μ F, 22 μ F, 47 μ F, tolerancia typicky \pm 20%
elektrolytické: 100 μ F, 220 μ F, tolerancia typicky \pm 20%



Návod

Meranie teploty pomocou rezistívnych senzorov je úloha merania odporu nízkej až strednej hodnoty. Z elektrotechniky poznáte rôzne metódy merania odporu, napríklad Volt-Ampérová, porovnávací, pomocou mostíkov a iné.

Z hľadiska veľmi jednoduchej teoretickej analýzy a ľahkej realizovateľnosti odporúčame využiť meranie pomocou Wheatstone-ovho mostíka. Môžete ale využiť aj inú metódu. K dispozícii máte známy rezistor presnej hodnoty, s nízkym teplotným súčiniteľom, ktorý môže slúžiť ako referencia R_{ref} . Sensor teploty reprezentuje rezistor R_{rtd} .

Napätie na diagonále mostíka U_r bude nejakým spôsobom závisieť od odporu rezistívneho senzora teploty, a teda od teploty. Napíšte/odvodte si vzťahy pre prúdy I_p , I_m , napätia U_p , U_m , U_r .

Numericky vyjadrite ich hodnoty pre dve krajné teploty 0°C a 100°C . Urobíte si predstavu o veľkosti napätia, ktoré bude potrebné spracovať pre výslednú indikáciu. Je pravdepodobné, že priamo získané U_r nebude dostatočne dobré pre priamu indikáciu voltmetrom podľa zadania a budete musieť použiť zosilňovač. Niekoľko užitočných zapojení s operačnými zosilňovačmi a ich najdôležitejšie parametre nájdete v pomôckach na konci zadania.



Obrázok 2: Wheatstoneov mostík s neznámym rezistorom R_{rtd} a referenčným rezistorom R_{ref}

Výpočty (v prípade potreby pokračujte na zadnej strane):



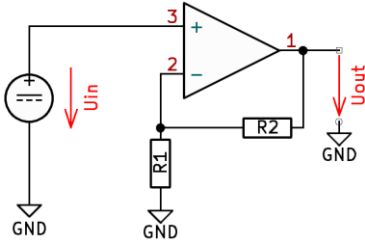
Úplná schéma zapojenia a podrobný zoznam materiálu

(očísľujte vývody integrovaných obvodov)



Pomôcky

Zosilňovač typ 1:



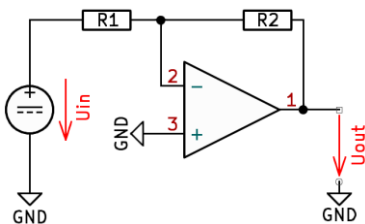
Výstupné napätie: $U_{OUT} = U_{IN} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$

Vstupný odpor: $R_{IN} \approx \infty$

Poznámky:

Maximálny výstupný prúd operačného zosilňovača sú stovky mikroampérov. Nutné zohľadniť pri výbere späťvazobných rezistorov.

Zosilňovač typ 2:



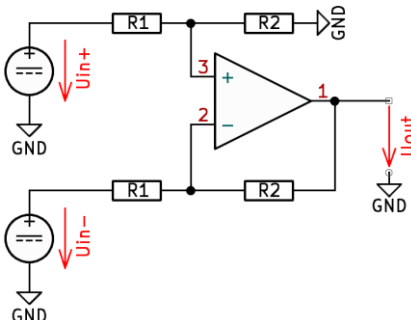
Výstupné napätie: $U_{OUT} = -U_{IN} \frac{R_2}{R_1}$

Vstupný odpor: $R_{IN} = R_1$

Poznámky:

Maximálny výstupný prúd operačného zosilňovača sú stovky mikroampérov. Nutné zohľadniť pri výbere späťvazobných rezistorov. Vstupný odpor nie je nekonečný.

Zosilňovač typ 3:



Výstupné napätie: $U_{OUT} = (U_{IN+} - U_{IN-}) \frac{R_2}{R_1}$

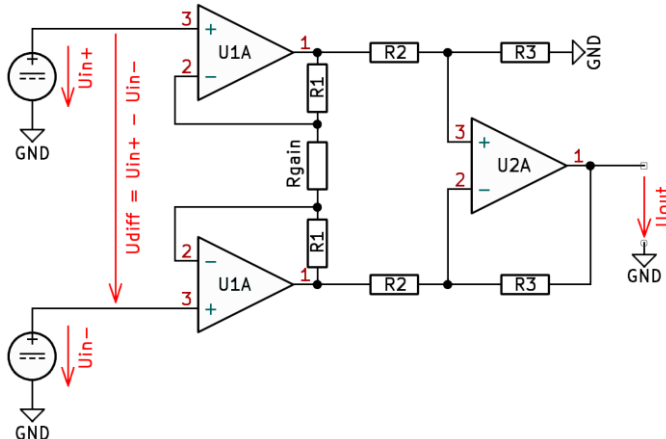
Vstupný odpor: $R_{IN+} = R_1 + R_2$ $R_{IN-} = R_1$

Poznámky:

Maximálny výstupný prúd operačného zosilňovača sú stovky mikroampérov. Nutné zohľadniť pri výbere späťvazobných rezistorov. Vstupný odpor nie je nekonečný.

Pre správnu funkciu je dôležité, aby hodnoty obidvoch rezistorov R1 boli čo najviac rovnaké. To isté platí pre rezistory R2.

Zosilňovač typ 4:



Výstupné napätie:

$$U_{OUT} = (U_{IN+} - U_{IN-}) \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right) \frac{R_3}{R_2}$$

Vstupný odpor: $R_{IN+} \approx \infty$ $R_{IN-} \approx \infty$

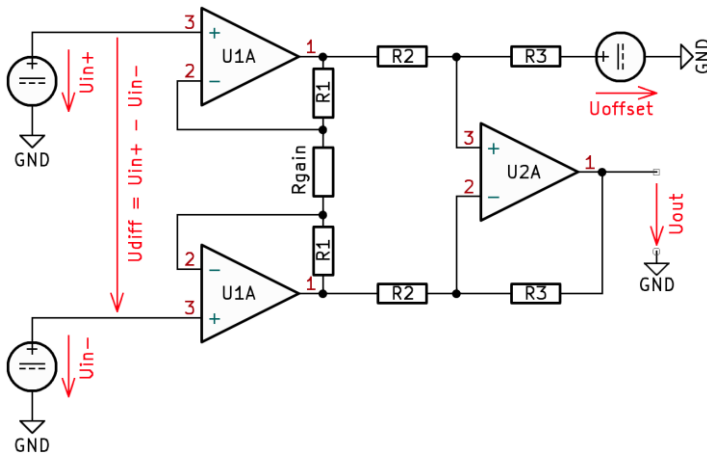
Maximálny výstupný prúd operačného zosilňovača sú stovky mikroampérov. Nutné zohľadniť pri výbere späťvazobných rezistorov. Vstupný odpor nie je nekonečný.

Pre správnu funkciu je dôležité, aby hodnoty obidvoch rezistorov v rámci páru R1, R2 aj R3 boli čo najviac rovnaké. Štandardná 1% tolerancia nemusí stačiť.

V praxi je rozumné rozdeliť požadované zosilnenie medzi obidva stupne – t.j. zosilňovače U1A/U1B, ktoré prispievajú zosilnením $\left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}}\right)$ a zosilňovač U2A, ktorý prispieva zosilnením $\frac{R_3}{R_2}$. Finálne dostavenie zosilnenia na požadovanú hodnotu sa dá dosiahnuť dostavením hodnoty jediného prvku R_{gain} .



Zosilňovač typ 4, rozšírenie o prídanie offsetu:



Výstupné napätie:

$$U_{OUT} = (U_{IN+} - U_{IN-}) \left(1 + \frac{2R_1}{R_{gain}} \right) \frac{R_3}{R_2} + U_{OFFSET}$$

Vstupný odpor: $R_{IN+} \approx \infty$ $R_{IN-} \approx \infty$

Zapojenie má rovnaké vlastnosti ako predchádzajúca verzia (zapojenie 4), ale k výstupu umožňuje pridať napätie U_{OFFSET} . Funkcia sa dá využiť napríklad na posun nuly, alebo kompenzáciu offsetu použitých operačných zosilňovačov. Zdroj napätia U_{OFFSET} musí mať nízku výstupnú impedanciu. Ak použijete odporový trimmer, je zaň vhodné zaradiť sledovač s operačným zosilňovačom.



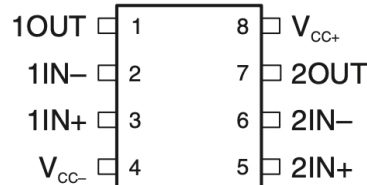
www.ti.com

NE5532, NE5532A, SA5532, SA5532A

SLOS075J – NOVEMBER 1979 – REVISED JANUARY 2015

6 Pin Configuration and Functions

**NE5532, NE5532A . . . D, P, OR PS PACKAGE
SA5532, SA5532A . . . D OR P PACKAGE
(TOP VIEW)**

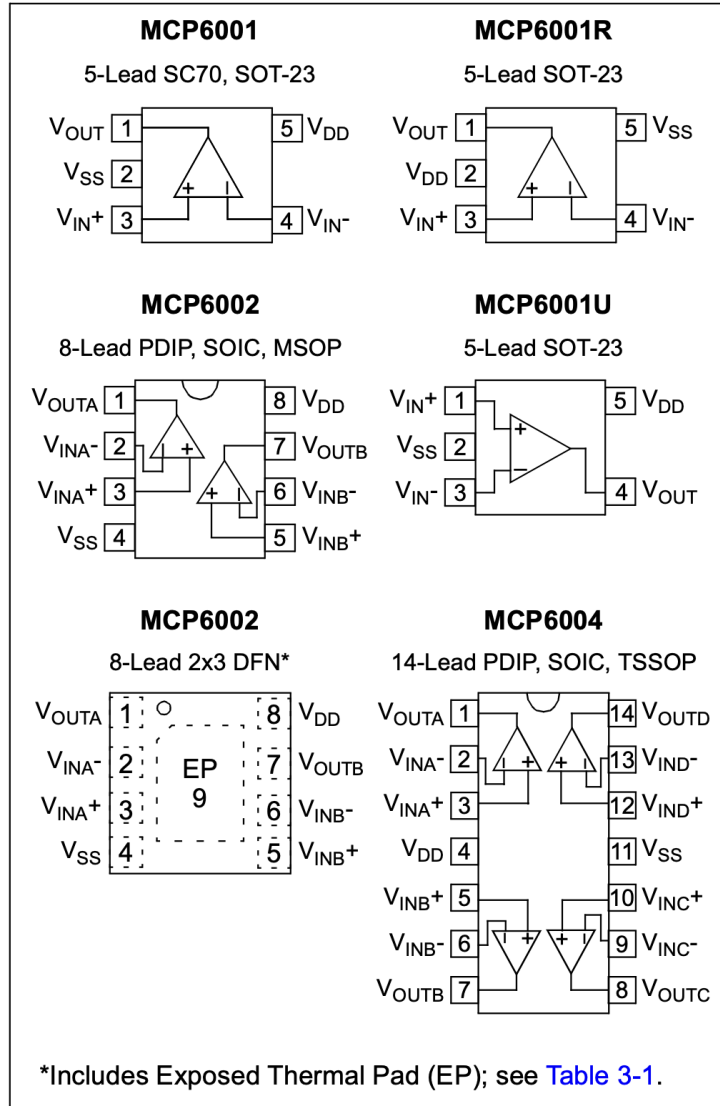


Pin Functions

| PIN | | TYPE | DESCRIPTION |
|------|-----|------|--------------------|
| NAME | NO. | | |
| 1IN+ | 3 | I | Noninverting input |
| 1IN- | 2 | I | Inverting Input |
| OUT1 | 1 | O | Output |
| 2IN+ | 5 | I | Noninverting input |
| 2IN- | 6 | I | Inverting Input |
| 2OUT | 7 | O | Output |
| VCC+ | 8 | — | Positive Supply |
| VCC- | 4 | — | Negative Supply |



Package Types



Package Types

