Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo
Tržaška 25
61000 Ljubljana

Senzorji in pretvorniki – laboratorijske vaje

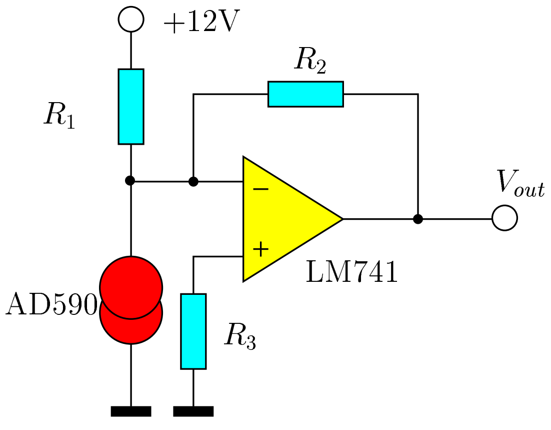
Leon Kos, 4. letnik, Avtomatika – Robotika

22. februar 1996

1 Naloga

Realizirajte in umerite termometer v območju od 0°C do 100°C s temperaturnim odjemnikom AD590. Izberite tak odjemnik in vezje, da bo napaka v zahtevanem temperaturnem območju manjša od 0.5°C. Podajte zahteve za uporabljene elektronske komponente.

2 Analiza vezja



Slika 1: Vezje temeraturnega senzorja

Slika 1 prikazuje tokovni temperaturni senzor skupaj z operacijskim ojačevalnikom. Delovanje idealnega senzorja je dokaj enostavno. Temperaturno/tokovni senzor spreminja vhodni tok in s tem izhodno napetost operacijskega ojačevalnika.

Upor R_1 določa izhodiščno napetost; R_2 pa ojačanje oz. izhodno napetost pri maksimalni temperaturi.

3 Izbor elementov

Osnovni element za merjenje temperature je potrebno izbrati tako, da je v mejah predpisane nelinearnosti. Tabela 1 prikazuje maksimalno nelinearnost pri nastavljenih dveh potenciometrih. Z enim samim trimer potenciometrom ni mogoče doseči predpisane nelinearnosti $0.5°C$.

tip	max. nelin	nelin. za $0°C..100°C$
AD590IH	$\pm 3°C$	$\pm 1°C$
AD590JH	$\pm 1.5°C$	$\pm 0.3°C$
AD590KH	$\pm 0.8°C$	$\pm 0.2°C$
AD590LH	$\pm 0.4°C$	$\pm 0.1°C$
AD590MH	$\pm 0.3°C$	$\pm 0.05°C$

Tabela 1: Nelinearnost tipov AD590 v ohišju TO52 v maksimalnem območju delovanja in nelinearnost za območje $0°C..100°C$

Ker je zahtevana absolutna nelinearnost v temperaturnem področju $0°C..100°C$ je najprimernejši tip senzorja AD590KH z $\pm 0.2°C$ nelinearnostjo.

Senzor ima temperaturno konstanto $1\mu A/K$ in tok pri $25°C$ velikosti $I_{25} = 298.2\mu A$. Kalibracijska napaka pa je $\pm 2.5°C$, ki jo moramo zajeti v kalibracijskem trimerju R_1.

Pri izboru ustreznih elementov moramo upoštevati še temperaturne vplive, na katere so najbolj občutljivi upori. Lastnosti nekaterih uporov in trimer potenciometrov so naslednje:

- Standard film upori SFR25 s temperaturnim koeficientom $\pm 100ppm/K$ in $\pm 250ppm/K$. Obstajajo $\pm 5\%$ in $\pm 2\%$ točnostni razred
- Metalfilm upori MRS16T točnostni razred $\pm 1\%$ in temperaturni koeficient:

  $\pm 50ppm/K$ rdeča
  $\pm 15ppm/K$ oranžna
  $\pm 25ppm/K$ zlata

- Metalfilm precision upori: $\pm 0.1\%$ in $\pm 25ppm/K$

- Very high precision upori: $\pm 0.01\%$ in $\pm 10ppm/K$
- Trimerji *Bourns* SMT 4mm tip 3314 in 3325 single turn.
  Točnost $\pm 20\% R$ in $\pm 100ppm/K$. Variacija kontakta $\pm 1\%$ ali 3Ω
- Multiturn trimerji *Contelec*: $\pm 10\%$, $\pm 100ppm/K$ in rotacijski šum $\pm 3\% R_{max}$
- Trimerji *Sfernice* model T6: $\pm 10\%$, $\pm 50ppm/K$ in variacija kontakta 2% ali 2Ω

1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.13	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27
1.30	1.33	1.37	1.40	1.43	1.47	1.50	1.54	1.58	1.62	1.65
1.69	1.74	1.78	1.82	1.87	1.91	1.96	2.00	2.05	2.10	2.15
2.21	2.26	2.32	2.37	2.43	2.49	2.55	2.61	2.67	2.74	2.80
2.87	2.94	3.01	3.09	3.16	3.24	3.32	3.40	3.48	3.57	3.65
3.74	3.83	3.92	4.02	4.12	4.22	4.32	4.42	4.53	4.64	4.75
4.87	4.99	5.11	5.23	5.36	5.49	5.62	5.76	5.90	6.04	6.19
6.34	6.49	6.65	6.81	6.98	7.15	7.32	7.50	7.68	7.87	8.06
8.25	8.45	8.66	8.87	9.09	9.31	9.53	9.76			

Tabela 2: Standardne vrednosti uporov 1% lestvice

Priporočen je operacijski ojačevalnik LM 741, ki je industrijski standard za večino aplikacij. Pomembne lastnosti ojačevalnika so:

- Povprečen drift vhodnega toka: $0.5nA/°C$
- Vhodna offsetna napetost za nastavitev ničle: $\pm 15mV$
- Delovno območje: $0°C$ do $+50°C$ za tip LM741C

3.1 Določitev upora R_1

Upor R_1 določa tok skozi senzor. Pri $25°C$ teče skozi senzor tok $298.2\mu A$. Pri $0°C$ pa teče tok $273.2\mu A$. Potreben upor R_1 za 12 V napajanje je tako

$$R_1 = \frac{12V}{373.2\mu A} = 32154\Omega \tag{1}$$

Zaradi kalibracijske napake $\pm 2.5°C$ je potrebno, da trimer potenciometer zajame tudi to napako, kot tudi toleranco zaporednega upora in trimerja.

Za napako kalibriranja $\pm 2.5°C$ pomeni to spremembo toka $\pm 2.5\mu A$ in s tem spremembo upornosti

$$\Delta R_2 = 12V(373.2 \pm 2.5)\mu A - R_2 = \pm 217\Omega \tag{2}$$

Izberemo najbližjo upornost iz tabele 2 $R_2 = 31.6k\Omega$, kar da razpon vrednosti 31.28 do 31.92. Trimer potenciometer mora pokrivati razpon 31.28 do 32.37, kar je $1.09k\Omega$. Najbližji timer je $R_{2T} = 2k\Omega$, $\pm 20\%$. Razmerje nastavljivosti trimerja je

$$Nastavljivost_{R1T} = \frac{2 \cdot 217\Omega}{2000\Omega} = 22\%$$

Za tako nastavljivost zadošča že eno obratni trimer, vendar je potrebno nekoliko več truda za nastavljanje. Če cena dopušča si lahko omislimo tudi večobratni trimer.

Ker je delovno območje vezja $(23 \pm 10)°C$ je potrebno z vsemi ostalimi kompomentami v vezju ostati v meji spreminjanja vhodnega toka

$$\Delta I_{max} = 0.5K - 0.4K = 0.1\mu A/K = \pm 0.05\mu A/K$$

kar je za območje $\pm 10K$ enako $0.005\mu A$

Maksimalna temperaturna sprememba upornosti je tako lahko

$$\Delta R_2 = 12V(373.2 \pm 0.005)\mu A - R_2 = \pm 0.43\Omega \tag{3}$$

kar je v primerjavi s celotno upornostjo 13.5 ppm/K. Izberemo upor s temperaturnim koeficientom 10 ppm/K. To so "very-high precision upori", ki imajo tudi boljšo toleranco. Zato bi bil lahko trimer tudi manjše vrednosti.

3.2 Določitev upora R_2

Z uporom $R - 2$ nastavljamo ojačanje operacijskega ojačevalnika. Ker ima senzor temperaturno konstano $1\mu A/K$, je za izhodno napetost $0V \ldots 10V$ potrebna sprememba toka $100\mu A$. Idealni upor bi imel vrednost

$$R_2 = \frac{10V}{100\mu A} = 100k\Omega \tag{4}$$

Napaka v naklonu je za izbran tip senzorja (K) je $\pm 0.2°C$, kar ustreza toku $\pm 0.2\mu A$ ali spremembi upornosti

$$\Delta R_2 = \frac{10V}{(100 \pm 0.2)\mu A} - R_2 = \pm 200\Omega \tag{5}$$

Torej je za nastavitev naklona dovolj 400Ω. Problem je le v tem, da je nastavitev v primerjavi s $100k\Omega$ premajhna. Če bi uporabili 1% upore bi bilo to $\pm 100\Omega$ odstopanja.

Iz tabele 2 izberemo upor $97.6k\Omega$ in točnosti 1%, kar da možen razpon $96.62k\Omega$ do $98.58k\Omega$. Ta upor vežemo v serijo z trimerjem, s katerim nastavljamo ojačanje.

Minimalni potreben razpon trimer potenciometra je $(100.2 - 96.62) = 3.78k\Omega$

Najbližji standardni trimer potenciometer, ki pokrije to področje je $4k7$ s točnostjo $\pm 20\%$.

Razmerje med polno vrednostjo in kalibrirano vrednostjo trimerja je

$$\frac{400\Omega}{4700\Omega} = 8,5\%$$

Možnosti sta dve:

1. Izberemo dva trimer potenciometra. Enega za grobo nastavitev 4k7 in drugega za fino nastavitev 470Ω

2. Izberemo večobratni trimer 4k7

Ker je delovno območje vezja $(23 \pm 10)°C$ je potrebno z vsemi ostalimi kompomentami v vezju ostati v meji spreminjanja vhodnega toka

$$\Delta I_{max} = 0.5K - 0.4K = 0.1\mu A/K = \pm 0.05\mu A/K$$

kar je za območje $\pm 10K$ enako $0.005\mu A$

Maksimalna temperaturna sprememba upornosti je tako lahko, če uporabimo postopek kot je v enačbi (5) $\pm 50ppm/K$. Izberemo raje $\pm 25ppm/K$ tako, da imamo dovolj rezerve.

3.3 Določitev upora R_3

Upor R_3 je potreben le za kompenzacijo vhodnih tokov in se ga določi kot

$$R_3 = (1/32 + 1/100)^{-1} = 24.3k\Omega \tag{6}$$

To je lahko navaden 5% upor z upornostjo $22k\Omega$