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

Senzorji in pretvorniki – laboratorijske vaje

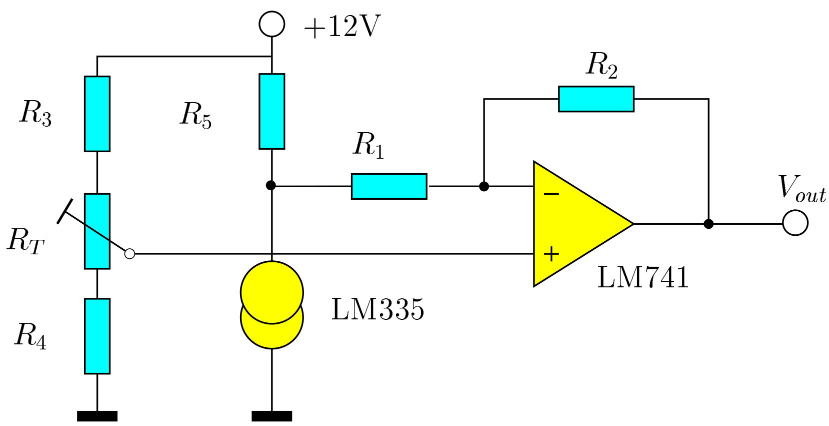
Leon Kos, 4. letnik, Avtomatika – Robotika

16. januar 1996

1 Naloga

Realizirajmo in umerimo termometer v območju od $0°C$ do $100°C$ s temperaturnim odnemnikom LM 335 firme National.

2 Analiza vezja



Slika 1: Vezje termometra

Slika 1 prikazuje temperaturni senzor skupaj z operacijskim ojačevalnikom.

Lastnosti senzorja:

	pogoji	min	tipično	max
delovna izhodna napetost	2.92 V	2.98 V	3.04 V	
občutljivost			$10mV/°C$	
nelinearnost	$I_R = 1mA$		0.3	1.5

Tabela 1: Lastnosti senzorja LM335

3 Izbor elementov

Osnovni element za merjenje temperature je potrebno izbrati tako, da je v mejah predpisane nelinearnosti.

Pri $0°C$:

$$U_1 = 2.98C - 10mV/°C \cdot 25°C = 2.73V$$
$$U_{out} = 0V,\ I_R = 1mA$$
$$R_5 = \frac{U - U_1}{I_R} = 9.2870k\Omega$$

Pri $100°C$:

$$U_1 = 2.98V + 10mV°C \cdot 75°C = 3.73V$$
$$U = 12V,\ U_{out} = 10V, I_R = 1mA$$
$$\Delta I_{R_5} = \frac{U - U_1}{R_5} = 0.89215213mA$$

$$\frac{U_{out} - u_-}{R_2} + \frac{U_1 - u_-}{R_1} = 0$$
$$u_- = u_+$$
$$U_{out} = (1 + R_2/R_1)u_+ - \frac{R_2}{R_1}U_1$$
$$\frac{R_2}{R1} = \frac{U_{out} - u_+}{u_+ - U_1} = \frac{10V - 2.73V}{2.73V - 3.73V} = -7.27(inverter)$$

$$R_1 = \frac{U_1 - u_-}{\Delta I_{R_5}} = \frac{3.73C - 2.73V}{0.8922mA} = 8,1489k\Omega$$

Če naj bo tok, ki teče v + vhod zanemarljiv, mora biti tok skozi R_3, R_T in R_4 veliko večji, ter seveda večjo od bias in vhodnega mirovnefa toka (>>

$1.5\mu A + 500nA$).
Zaradi kompenzacije preostalega toka (offset), mora veljati

$$\frac{R_t}{2} + R_4 = R1||R_2$$

$$\frac{R_t}{2} + R_4 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 985.361k\Omega$$

$$\left(\frac{R_t}{2} + R_4\right) I = U_1 = 2.73V$$

$$I + \frac{2.73V}{985.3613\Omega} = 2.77056mA$$

$$R_T = \frac{2 \cdot 0.06V}{I} = 43.313\Omega$$

$$R_4 = 963.704\Omega$$

$$R_3 = \frac{12V - 3.04V}{2.77056mA} 3.2340k\Omega$$

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 $\pm 3\% R_{max}$

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

- Trimerji *Sfernice* model T6: $\pm 10\%$, $\pm 50 ppm/K$ in variacija kontakta 2% ali 2Ω

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

Predvidene so naslednje vrednosti uporov:

upor	upornost/$k\Omega$	toleranca	moč $/mW$	temp. koef
R_1	1.1208	2%	0.892	50 ppm/K
R_2	8.1489	2%	6.59	50 ppm/K
R_3	3.2340	1%	24.82	30 ppm/K
R_4	0.9637	5%	7.40	100 ppm/K
R_5	9.2708	5%	9.27	100 ppm/K
R_T	0.0433	20%	0.003	100 ppm/K

Tabela 3: Lastnosti uporov v vezju

Občutljivost senzorja je $10mV/°C$. Senzor deluje v področju od 0 do 1V. Ojačanje operacijskega ojačevalnika je

$$\frac{R_2}{R1} = 100/20 = 5$$