

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko

Tomaž Pelicon

Termostat

Seminarska naloga

pri predmetu
Elektronska vezja

V Vrtojbi, november 2012

1	UVOD.....	3
1.1	Motiv in ideja	3
1.2	Funkcionalni opis vezja.....	3
2	GLAVNI DEL	4
2.1	Opis delovanja posameznih delov vezja	4
2.1.1	Temperaturni senzor	4
2.1.2	Referenčna napetost	4
2.1.3	Komparator s histerezo	5
2.1.4	Izhodno vezje – krmiljenje releja.....	5
2.2	Analiza delovanja	6
2.3	Izmerjene karakteristike	7
3	ZAKLJUČEK.....	7
3.1	Težave	7
3.2	Sklepne ugotovitve	7
3.3	Možnosti nadgradnje	8

1 UVOD

1.1 Motiv in ideja

Pred nekaj meseci se nam je doma pokvarila mikrovalovna pečica. Ker bi bilo popravilo dražje od nakupa nove, sem se odločil, da pečico razstavim. Ko sem jo razstavil, sem dobil kar nekaj uporabnih delov. Med njimi je bil tudi ventilator, ki potrebuje napajanje iz električnega omrežja (~ 230 V). Ob tem se mi je porodila ideja, da bi s pomočjo primerne termostata lahko z vklapljanjem in izklapljanjem krmilil ventilator, tako da bi ta služil za ohranjanje približno konstante temperature v prostoru. Termostat je mogoče kupiti skoraj v vsaki tehnični trgovini, izbira je velika. Toda želel sem narediti preprost nastavljiv termostat, uporaben za naprave priključene na omrežno napetost.

1.2 Funkcionalni opis vezja

Vezje opravlja funkcijo temperaturno odvisnega stikala za naprave, ki so priključene na omrežno napetost ~ 230 V. S preklopnim stikalom pa je uporabniku omogočena izbira, da lahko uporabi termostat za vklapljanje naprave za gretje ali hlajenje (do moči 1 kW). Dva spremenljiva upora omogočata nastavljanje referenčne napetosti in širine histereze. LED diodi pa služita kot indikatorja. Rdeča LED signalizira, da ima rele sklenjena delovna kontakta – naprava aktivno deluje. Zelena LED pa signalizira, da je vezje priključeno na napajanje.

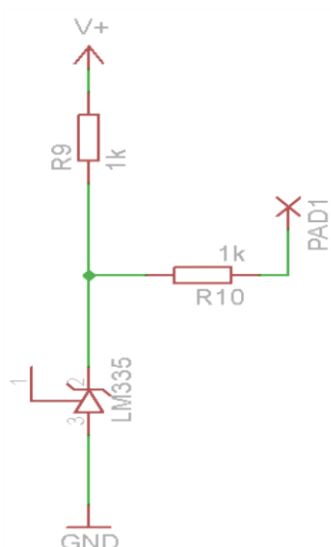
S preciznim senzorjem LM335 merimo temperaturo zraka v prostoru. Z integriranim vezjem TL431 pa lahko določamo referenčno napetost. S komparatorjem primerjamo napetost na senzorju in referenčno napetost. Histereza pa poskrbi, da ima termostat dve različni točki preklopa. Smer preklopa je odvisna od tega, ali temperatura narašča ali upada.

2 GLAVNI DEL

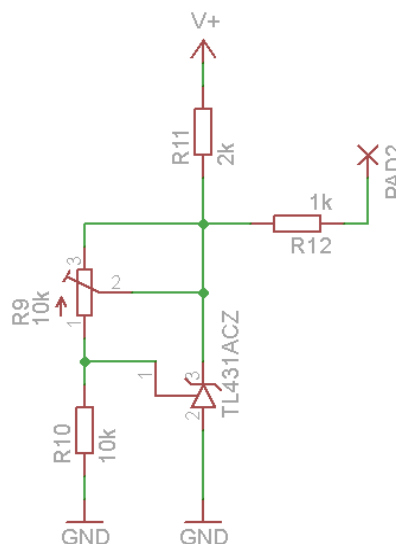
2.1 Opis delovanja posameznih delov vezja

2.1.1 Temperaturni senzor

Integrirano vezje LM335 je precizni temperaturni senzor. Njegova karakteristika napetosti v odvisnosti od temperature ima koeficient 10 mV/K . To pomeni, da senzor pri sobni temperaturi 22°C (295 K) kaže napetost 2.95 V . Senzor je preko upora R10 povezan na preklopno stikalo (slika 1). Shematski prikaz integriranega vezja LM335 je prikazan na sliki 3. Ker gre za preprosto izvedbo temperaturnega senzorja, sponka ADJ pri senzorju ni uporabljena.



Slika 1

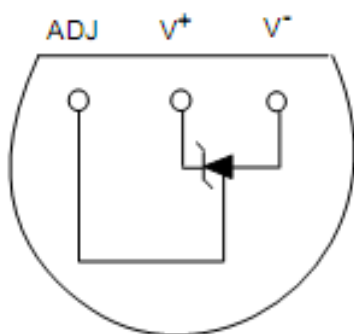


Slika 2

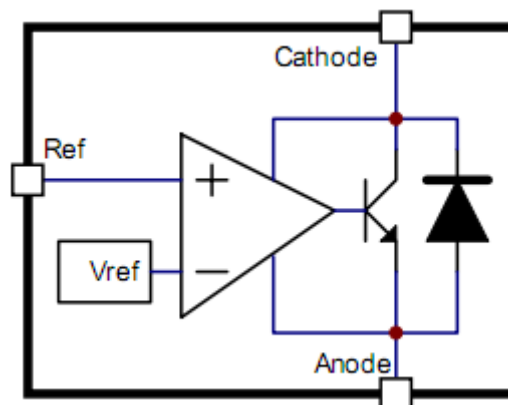
2.1.2 Referenčna napetost

Integrirano vezje TL431 nam omogoča zelo natančno in temperaturno stabilno referenco napetosti, ki jo lahko poljubno reguliramo s trimmerjem ali potenciometrom. Najmanjša napetost, ki jo lahko uporabimo kot referenco je 2.495 V . Z nastavljivim uporom pa napetost višamo od 2.495 V , pa skoraj do napajalne napetosti vezja $V+$, kar nam več kot zadostuje za delovanje vezja pri temperaturah v rangi od 10°C do 30°C , kjer se tudi gibljejo realne sobne temperature (Slika 2).

Integrirano vezje TL431 ima podobne lastnosti kot zenerjeva dioda, ki jo prav tako lahko uporabimo kot referenco. Če je napetost na priključni sponki Ref višja od nespremenljive napetosti Vref, potem izhodni tok iz operacijskega ojačevalnika, ki je del TL431, odpre tranzistor in ta skozi sponko Cathode odžira tok, ter tako skrbi za konstantno in stabilno referenčno napetost. Nadomestno vezje TL431 je prikazano na sliki 4.



Slika 3



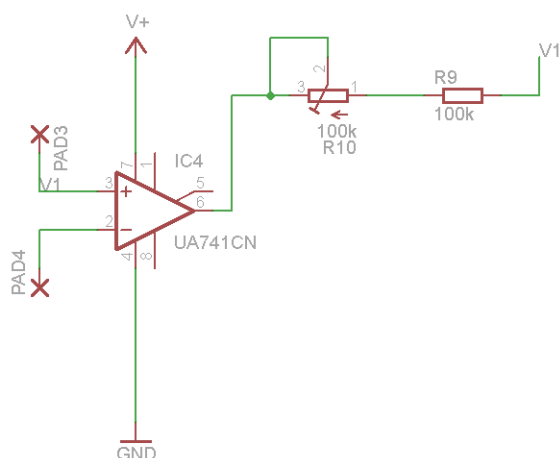
Slika 4

2.1.3 Komparator s histerezo

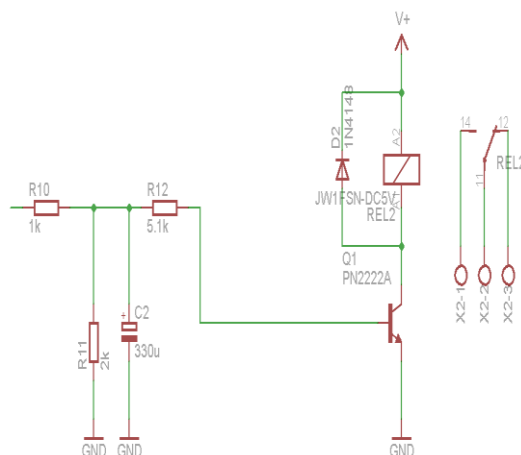
Komparator s histerezo je izveden z operacijskim ojačevalnikom UA741 s pozitivno povratno vezavo (slika 5). Trimmer v povratni vezavi skrbi za to, da lahko s spreminjanjem upornosti povratne vezave spreminjamo širino histereze. Maksimalna in minimalna upornost povratne vezave določa maksimalno in minimalno širino histereze. Višja kot je upornost povratne vezave, ožja je histereza, in obratno. Na širino in pozicijo histereze vpliva tudi izhodna napetost operacijskega ojačevalnika. Če ta nima možnosti dosega izhodnih napetosti v območju od V+ (napajanje) do GND (masa), ali t.i. »rail-to-rail« izhod, potem sredina histereze ni tam, kjer je referenčna napetost.

2.1.4 Izhodno vezje – krmiljenje releja

Vezje, ki skrbi za odpiranje in zapiranje releja, je sestavljeno iz uporovnega vezja, ki skrbi, da je bazni tok v tranzistor dovolj velik, da se tranzistor odpre dovolj, da omogoča ravno dovolj velik kolektorski tok, da se v tuljavici vzpostavi dovolj veliko magnetno polje, ki premakne kovinski kontakt tako, da ta povzroči sklenitev stikala. Ko se na izhodu iz operacijskega ojačevalnika pojavi nizek nivo pa vezje skrbi, da stikalo razklene. Zaščitna dioda vezana vzporedno z relejem pa varuje tranzistor, ko se tuljavica releja razmagnet. Vse skupaj je prikazano na sliki 6.



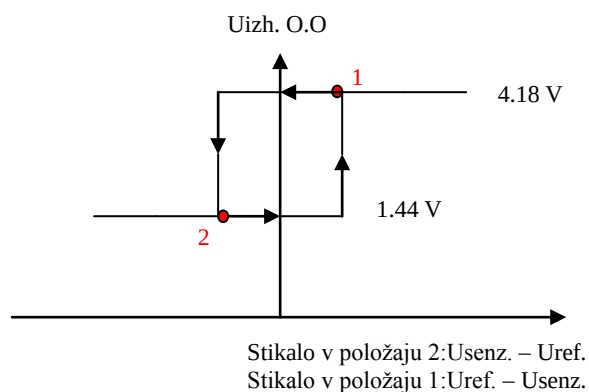
Slika 5



Slika 6

2.2 Analiza delovanja

Pri analizi delovanja je najzanimivejši in najzahtevnejši del postavljanje histereze (slika 7). V vezju je tudi stikalo, ki omogoča prekllop med hlajenjem in ogrevanjem. Če je stikalo v položaju 2, potem vezje deluje kot termostat za hlajenje. Če je stikalo v položaju 1, potem vezje deluje kot termostat za ogrevanje.



Slika 7

Ko smo v točki 1 na grafu, rele sklne kontakte in naprava za hlajenje okolico ohlaja. Točka se pomika v smeri puščice, napetostna razlika med Usenz. in Uref. pa se manjša. Ko napetostna razlika Usenz. – Uref. pade pod določeno vrednost, rele razklene kontakte in hlajenje preneha (točka 2 na grafu).

Ko stikalo preklpimo iz položaja 2 v položaj 1, se zgodba ponovi, le da v tem primeru okolico grejemo.

2.3 Izmerjene karakteristike

Operacijski ojačevalnik	[V]	Tranzistor	[mA]
Uizh.OO (on)	4.18	Ic (on)	70
Uizh.OO (off)	1.44	Ic (off)	9
Tranzistor	[V]	Ib (on)	0.334
Ube (on)	0.95	Ib (off)	0.043
Ube (off)	0.7	Senzor temperature	[V]
Uce (on)	1.79	U @ T=19.7°C	2.957
Uce (off)	4.7	U @ T=20.7°C	2.967
Napajalni tok	[mA]	Poraba moči	[mW]
Ip (on)	75	P (on)	390
Ip (off)	17	P (off)	88
Histereza	[kΩ]		[°C]
Rhist.(max)	992	Δtemp.(min)	0.3
Rhist.(min)	10	Δtemp.(max)	2.2

3 ZAKLJUČEK

3.1 Težave

Težave pri načrtovanju vezja so se pojavile, ker se rezultati pri simulaciji, narejeni v programu LTSpice, niso točno ujemali z meritvami na testni plošči.

Nepričakovana težava se je pojavila pri preklopu vezja iz stanja »off« v stanje »on«. Pri preklopu se napajalna napetost namreč zviša za nekaj desetink milivolta, komparator pa lahko večkrat preklopi med »nizkim« in »visokim« stanjem na izhodu. To pomeni, da tudi rele večkrat sklene in razklene kontakte. Da bi se temu pojavu izognili, je dodan kondenzator C2 (slika 6), ki nekoliko upočasni in zakasni preklape. Tako enostavno preprečimo hitro preklapljanje.

Težave so se pojavile tudi pri postavljanju histereze, ker operacijski ojačevalnik nima možnosti dajanja »rail-to-rail« izhodne napetosti. To pomeni, da visok in nizek nivo izhodne napetost operacijskega ojačevalnika nista simetrična okrog polovice napajalne napetosti. Posledično tudi histereza ni simetrična okrog referenčne napetosti.

3.2 Sklepne ugotovitve

Vezje je v stanju »on« ali »off« stabilno. Težave se pojavijo samo pri prehitrem preklapljanju med gretjem in hlajenjem. Takrat vezje postane nestabilno in ne preklopi vedno tako kot bi moralo. V realnem primeru uporabe termostata pa tako ali tako ne moremo zelo hitro preklapljati med gretjem in hlajenjem, saj moramo najprej eno

napravo izključiti in drugo priključiti. To pa približno traja vsaj minuto. V tem času pa se vezje že brez težav stabilizira.

Seznam uporabljenih elementov

J1	CON PJACK 0202
X1	AK100
IC1	UN741CN
IC2	LM335AZ
IC3	TL431AC
Q1	PN2222A
D1	1N4148
REL1	JW1FSN-DC5V
C1	100 μ F
C2	330 μ F
R1,R2,R3,R7,R10,R13	1 k Ω
R4,R11	2 k Ω
R12	5.1 k Ω
R5, spremenljiv	10 k Ω
R6	10 k Ω
R8, spremenljiv	1 M Ω
R9	100 k Ω
LED1	5mm,rdeča
LED2	5mm,zelena
Stikalo	DPDT on-on switch

3.3 Možnosti nadgradnje

Termostat je precej enostavno zgrajen, tako da možnosti nadgradnje gotovo obstajajo. Ena izmed možnosti bi bila nadgradnja z mikrokontrolerjem in regulatorjem napajalne napetosti. Mikrokontroler bi poskrbel za enostavnejše nastavljanje histereze in referenčne napetosti. Regulator napajalne napetosti pa bi razširil območje uporabe napajalnikov, ki je sedaj omejeno na napajalnik za 5V.

Rele:

http://www.ic-elect.si/pub/files/product_files/374000005100.pdf

Tranzistor:

http://www.ic-elect.si/pub/files/product_files/073022220200.pdf

Dvopolno stikalo:

<http://www.farnell.com/datasheets/621876.pdf>

Temperaturni senzor:

http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000459.pdf

Referenca:

http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000986.pdf

Operacijski ojačevalnik:

<http://datasheet.octopart.com/UA741CN-STMicroelectronics-datasheet-7085010.pdf>