



27. državno tekmovanje dijakov srednjih elektro šol in
9. državno tekmovanje dijakov srednjih računalniških šol

REGULACIJA TEMPERATURE Z MIKROKRMILNIKOM ELEKTROTEHNIK – REŠITVE

Novo mesto, 19. marec 2019



Čas reševanja: **120 minut**

Izpolnita **tekmovalca**:

Št. delovnega mesta:	
Nalepka s šifro:	

Izpolni **ocenjevalna komisija**:

Doseženo število točk:	
------------------------	--

1 Splošen opis naloge

Tekmovalna naloga zahteva izdelavo regulacije temperature prostora z mikrokrmilnikom.

Prostor predstavlja model/komora s steklenim kozarcem, v katerem se nahaja:

- merilno vezje z NTC-uporom,
- žarnica, ki predstavlja grelec,
- ventilator, ki je namenjen kroženju zraka in je ves čas neposredno priključen na napajalno napetost (ni predmet krmiljenja),
- temperaturna sonda s prikazovalnikom za dodaten nadzor temperature (ni predmet krmiljenja).

V nalogi je treba narediti naslednje korake:

1. izračunati in izbrati neznan element krmilnega vezja (slika1);
2. na tiskani plošči krmilnega vmesnika (slika2) izdelati krmilno vezje (slika1), ki zajema spajkanje in ožičenje elementov;
3. na tiskani plošči krmilnega vmesnika (slika2) prispajkati letvice za namestitev Nucleo razvojne plošče z mikrokrmilnikom;
4. na osnovi merilnega vezja (slika3) izpeljati enačbi za izračun upornosti NTC-upora in pretvorbo številске vrednosti ADC v napetost, izraženo v voltih;
5. povezati priključke modela s krmilnim vmesnikom in Nucleo razvojno ploščo;
6. izdelati krmilni oz. regulacijski program za mikrokrmilnik.

V nadaljevanju so podana **podrobnejša navodila** in priporočljiv potek izdelave naloge. Nalogo lahko rešujete tudi po lastnem vrstnem redu. Priporočeno je, da si tekmovalca **delo razdelita**.

Za izvedbo naloge imate na voljo 120 minut časa.

Opozorilo: Pri ocenjevanju naloge se točkuje tudi estetski videz.

Opozorilo: V primeru, da tekmovalca zahtevata nov element, to nadzorna komisija evidentira in se upošteva pri ocenjevanju.

Opozorilo: Čas izvedbe se upošteva samo v primeru, če imajo ekipe enako število točk.

V prilogi tega dokumenta se nahajajo:

1. seznam elementov in materiala, ki ga tekmovalca pred začetkom naloge preverita;
2. električna shema krmilnega vmesnika;
3. shema povezav priložene tiskane plošče krmilnega vmesnika;
4. električna shema in tiskano vezje merilnega modula.

Tehnični podatki in karakteristike (podatkovni listi) za elemente so priloženi v tiskani obliki in nekoliko skrajšani verziji. Polne verzije se nahajajo na namizju računalnika v PDF-obliki. Ime datoteke je tudi ime elementa. Elementi so:

- optični spojnik – TLP504A,
- MOSFET tranzistor – IRFZ44N,
- NTC-upori/termistorji – NTCLE100E3,
- Nucleo razvojna plošča.

2 Podrobnejša navodila za izvedbo naloge

2.1 Izdelava krmilnega vmesnika

2.1.1 Izračun vrednosti elementov

Na električni shemi krmilnega vezja (slika 1) se nahaja upor R_1 , ki služi kot predupor za optični spojnik.

Naloga: Iz priloženega podatkovnega lista poiščite in zapišite ustrezne podatke, ki so potrebni za izračun upornosti R_1 . Optični spojnik naj obremeni izhod mikrokrmilnika s tokom $I = 10 \text{ mA}$.

Izračunajte upornost R_1 in nato iz priloženih uporov izberite ustreznega.

Izračun z enačbami in končnim rezultatom vpišite v dani prostor. Končni rezultat dvojno podčrtajte.

Zapis ustreznih podatkov:

$$I_F = 10 \text{ mA}$$

$$V_F = 1,15 \text{ V (min } 1,0 \text{ V – max: } 1,3 \text{ V)}$$

Izračun upornosti R_1 :

$$R_1 = \frac{3,3 - 1,15}{10 \cdot 10^{-3}} = 215 \Omega \text{ (min } 200 \Omega \text{ – max: } 230 \Omega)$$

Izbrani upor:

$$R_1 = 220 \Omega \text{ ali } 200 \Omega$$

Zapis barvne kode izbranega upora:

(rdeča, rdeča, črna, črna) ali (rdeča, črna, črna, črna)

2.1.2 Označba priključkov

Naloga: Na električni shemi krmilnega vezja (slika 1) ustrezno označite priključke MOSFET-tranzistorja in številke uporabljenih priključkov optičnega spojnika (podatki se nahajajo v ustreznih podatkovnih listih). Podatke vpišite v za to predvidene kvadratke.

2.1.3 Spajkanje in ožičenje elementov

Naloga: Na priloženo tiskano ploščo krmilnega vmesnika (slika 2) sestavite vezje, opisano s priloženo električno shemo (slika 1).

Naloga: Prispajkajte priključke (letvice), namenjene za namestitev Nucleo razvojne plošče oz. povezave s krmilnim vmesnikom.

Naloga: Izdelano tiskano vezje krmilnega vmesnika priključite na podnožje, ki se nahaja na zgornji strani Nucleo razvojne plošče, in preizkusite povezave.

Naloga: Prispajkajte vrstne sponke in tripolna priključka, s katerimi boste povezali zunanje elemente (laboratorijski usmernik, žarnica, ventilator in merilni modul).

2.2 Ožičenje krmilnega vmesnika z zunanji elementi

Vrstne sponke so namenjene priključitvi zunanjih komponent, kot sta žarnica in laboratorijski usmernik.

Žarnica ima dve priključni žici, **črno** in **belo**.

Tripolna priključka sta namenjena priključitvi ventilatorja in merilnega modula.

Priključni tripolni konektor ventilatorja ima tri žice:

- **rdeča** – napajalna žica +12 V,
- **rumena** – tahograf oz. merjenje hitrosti vrtenja (**ni v uporabi**),
- **črna** – masa.

Priključni tripolni konektor merilnega modula ima naslednje tri žice:

- **oranžna** – napajalna žica +3,3 V,
- **zelena** – izhod merilnega modula,
- **modra** – masa.

Naloga: Ustrezno povežite krmilni vmesnik z zunanji enotami. Za napajanje krmilnega vezja uporabite napajalno napetost 12 V iz laboratorijskega usmernika, za napajanje merilnega modula pa izhod 3,3 V iz Nucleo razvojne plošče.

2.3 Merjenje temperature z NTC-uporom

Za merjenje temperature v komori je uporabljen merilni modul, ki je že nameščen. Električna shema modula se nahaja v prilogi (slika 3). Za izračun temperature, pri kateri ima NTC-upor določeno upornost R_T , uporabite naslednjo enačbo, pridobljeno iz tehničnih podatkov za izbrani NTC-upor:

$$T = \frac{B}{\ln\left(\frac{R_T}{R_{25} \cdot e^{-\frac{B}{T_{25}}}}\right)}$$

kjer je:

- B – konstanta, ki je v tehničnih podatkih NTC-upora označena z $B_{25/85}$ in je podana v **stopinjah kelvina**,
- T_{25} – referenčna vrednost temperature 25 °C, podana v stopinjah kelvina in znaša **298 K**,
- R_{25} – referenčna upornost NTC-upora pri referenčni temperaturi (v Ω),
- R_T – upornost NTC-upora pri določeni temperaturi (v Ω).

Opozorilo: Rezultat dane enačbe je v kelvinih. 0 K ustreza 273 °C.

Če želimo meriti temperaturo, moramo pridobiti še tri podatke, ki so v zgornji enačbi neznani. Določiti moramo torej tri neznane veličine/konstante.

Naloga: Iz tehničnih podatkov ustreznega podatkovnega lista najprej poiščite ustrezni konstanti, ki ju boste morali kasneje vnesti v programsko kodo. V merilnem modulu je uporabljen NTC-upor z oznako **NTCLE100E3102JBO**. Konstanti zapišite v okvirček.

Zapis konstant:

$$B_{25/85} = B = 3528 \text{ K}$$

$$R_{25} = 1000 \Omega$$

Potrebujemo še podatek za upornost R_T , ki je tudi neznanica. Izračunamo jo lahko posredno iz napetosti na izhodu merilnega modula (slika 3), ki jo bo meril mikrokrmilnik na svojem analognem vhodu ADC (analogno digitalni pretvornik).

Naloga: Na osnovi merilne sheme delilnika napetosti (slika 3) izpeljite in izrazite upornost R_T NTC-upora z napetostjo na izhodu U_{izh} . Oblika enačbe naj se ujema s tisto, ki jo boste kasneje vnesli v programsko kodo.

Izpeljava in zapis enačbe za izračun upornosti R_T NTC-upora:

$$\frac{R_T}{R_0} = \frac{3,3 - U_{izh}}{U_{izh}}$$

$$R_T = R_0 \cdot \left(\frac{3,3}{U_{izh}} - 1 \right)$$

V enačbi za izračun upornosti R_T nastopa napetost U_{izh} . Ker mikrokrmilnik »izmeri« napetost tako, da jo zapiše kot številčno vrednost, moramo poskrbeti, da številčno vrednost pretvorimo v napetost, izraženo v voltih.

Naloga: Najprej izberite resolucijo ADC in zapišite enačbo, ki številčno vrednost ADC pretvori v napetost, izraženo v voltih. Oblika enačbe naj se ujema s tisto, ki jo boste kasneje vnesli v programsko kodo.

Zapis resolucije ADC, s katero bo delal mikrokrmilnik: **12-bitni**

Izpeljava in zapis enačbe za pretvorbo številčne vrednosti ADC v napetost, izražene v voltih:

$$\text{za 12-bitni ADC: } U_{izh} = \frac{3,3}{4096} \cdot \text{ADC}$$

Opozorilo: Temperaturna komora ima dodano temperaturno sondo s prikazovalnikom, ki **ni predmet** krmiljenja oz. naloge. Prikaz temperature **ni referenčna vrednost** in je namenjena le dodatnemu nadzoru temperature v komori (kot pomoč oz. orientacijo). Modul se osvežuje na vsakih 10 s.

2.4 Izdelava programske kode

2.4.1 Konfiguracija mikrokrmilnika in shranjevanje programske kode

Bližnjice programov SW4STM32 in STM32CubeMX se nahajajo na namizju.

Naloga: S programsko opremo STM32CubeMX ustvarite novi projekt:

- Izberite ustrezen tip mikrokrmilnika.
- Konfigurirajte potrebne vhode in izhode oz. periferijo za dano nalogo.
- Projekt programa STM32CubeMX shranite v mapo »Tekmovanje2019«, ki se nahaja na namizju. Ime projekta naj se glasi »Regulacija_temperature«. Tega po končanem programiranju ne brišite in ne spreminjajte.

2.4.2 Programska koda

Zadnji korak v nalogi je izdelava ustrezne programske kode. Za regulacijo temperature komore lahko izberete dva načina:

- ON/OFF-regulacijo,
- zvezno regulacijo z uporabo PWM (pulzno širinska modulacija).

Naloga: Zapišite ustrezno programsko kodo za regulacije temperature tako, da bo mikrokrmilnik nastavljen in ohranjal temperaturo v komori na **30 °C z dovoljenim odstopanjem največ ±1 °C**.

Opozorilo: Uporaba zvezne regulacije se zaradi večje težavnosti ocenjuje z višjim številom točk!

Če želimo spremljati delovanje programa, moramo trenutne vrednosti spremenljivk izpisovati na zaslonu/terminalu. Na namizju računalnika se nahajajo štiri programi za prikaz podatkov prek serijske komunikacije. Med štirimi programi lahko izberete kateregakoli.

Naloga: S pomočjo serijske komunikacije UART na serijski terminal izpišite naslednje vrednosti:

- izhodno napetost U_{izh} iz merilnega modula,
- upornost R_T NTC-upora,
- temperaturo komore v °C.

2.5 Preizkus delovanja sistema

Preverite nastavitve napajalnika. Ta mora biti nastavljen na napetost +12 V, omejitev toka pa na 3,5 A. Nastavljeno napetost dodatno preverite s pomočjo multimetra. Sistem priključite na napajalno napetost in preizkusite delovanje.

Opozorilo: Pri neupoštevanju navodil lahko pride do okvare, zato sistem morda ne bo deloval!

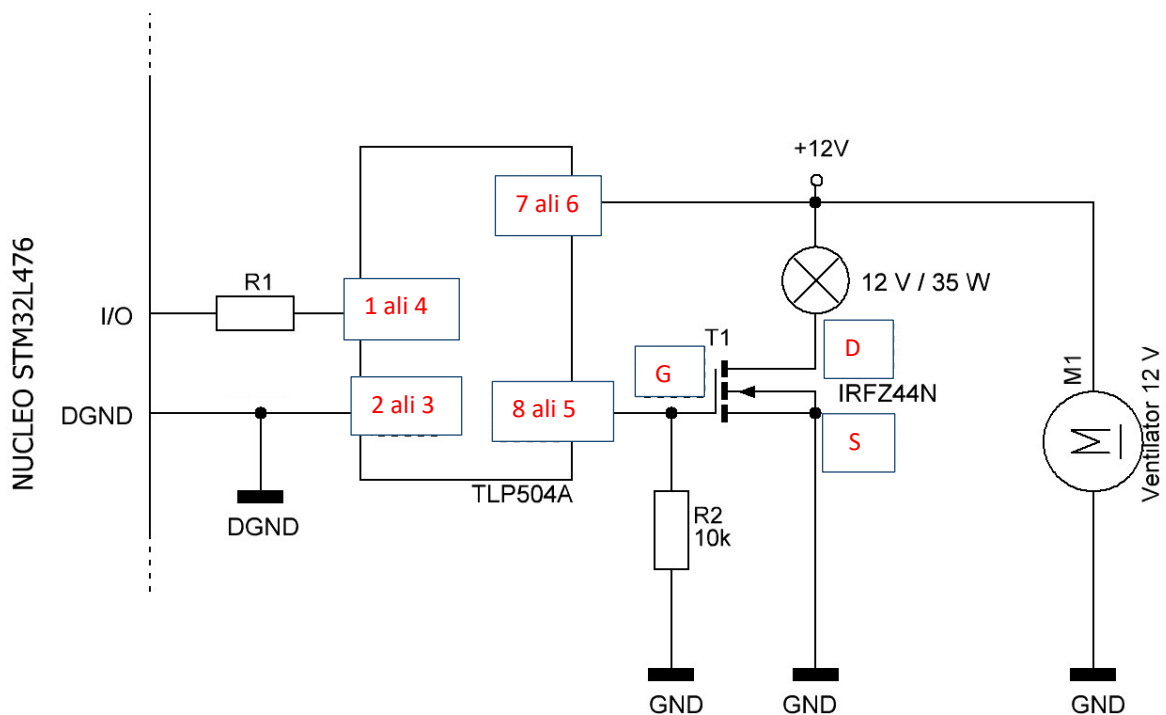
Opozorilo: Po zaključku naj ostane sistem priključen in vklopljen. V primeru, da z delom zaključite predčasno, na to opozorite nadzorno komisijo!

3 Priloge

3.1 Seznam elementov in materiala

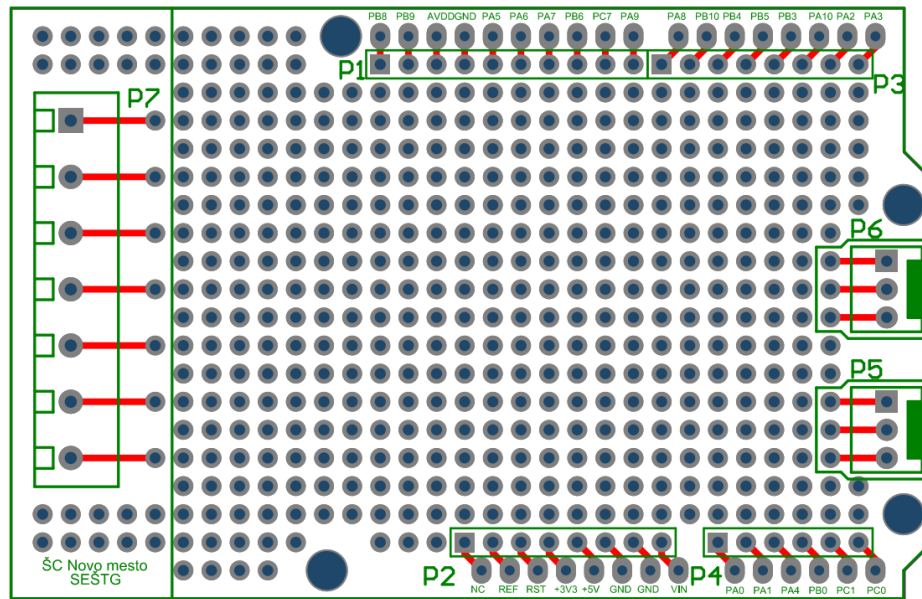
- merilna komora,
- razvojna plošča Nucleo STM32L476,
- tiskano vezje krmilnega vmesnika,
- optični spojnik TLP504A,
- MOSFET IRFZ44N,
- lestvica uporov,
- vrstična sponka,
- letvica 40 pin moška,
- 2x tripolni priključek,
- povezovalne žice,
- USB-kabel.

3.2 Električna shema krmilnega vezja



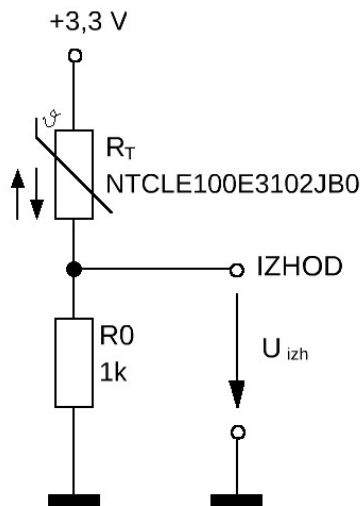
Slika 1: Električna shema krmilnega vezja

3.3 Shema tiskane plošče (krmilnega vmesnika)

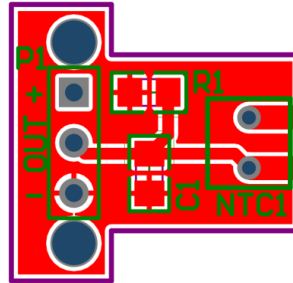


Slika 2: Tiskano vezje krmilnega vmesnika

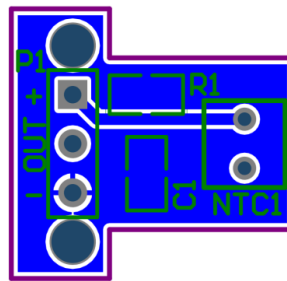
3.4 Električna shema in tiskano vezje merilnega modula



Slika 3: Električna shema merilnega modula



Slika 4: Tiskano vezje merilnega modula – zgornja stran



Slika 5: Tiskano vezje merilnega modula – spodnja stran