

# REGULACIJA RAZINE POMOĆU MIKROKONTROLERA

## LEVEL REGULATION USING MICROCONTROLLER

*Josip Srpak*

Stručni članak

**Sažetak:** Ovaj rad daje primjer praktične primjene mikrokontrolera upotrijebljenog kod izrade sklopa za regulaciju razine u rashladnom uređaju namijenjenom ugostiteljstvu. Tako će biti ukazano na prednosti samostalnog razvoja upravljačkih sklopova za komercijalne aplikacije pred gotovim industrijskim rješenjima.

**Ključne riječi:** mikrokontroler, regulacija razine, upravljački sklop

Professional paper

**Abstract:** This paper gives an example of practical appliance of microcontroller used to build the control circuit for level regulation in cooling device for catering industry. There is pointed on specific advantages of the independent development of control circuits for commercial applications over ready industrial solutions.

**Key words:** Microcontroller, level regulation, control circuit

### 1. UVOD – MIKROKONTROLER

Mikrokontroler je elektronička komponenta koja objedinjuje, u formi integriranog kruga, procesor i periferne sklopove poput memorije, digitalnih i analognih ulaza i izlaza, sklop za kontrolu napona i ispravnost rada, oscilator, brojače, mjerače vremena itd. Od pojave mikroprocesora daleke 1971. (4-bitni Intel 4004) počela je upotreba istih i u upravljačke svrhe. Kako je i najjednostavniji upravljački sustav zahtijevao veliku količinu dodatnih komponenti, prve izvedbe je karakterizirala povećana nepouzdanost u radu i viša ukupna cijena. Integracijom procesora, RAM-a i ROM-a u jednu komponentu, pojavio se 1977. godine Intel 8048 koji je našao svoju primjenu u više od milijun aplikacija (napr. u PC tipkovnicama). Od tada razvoj mikrokontrolera stalno raste, uz sve veću brzinu rada i sve veću integraciju perifernih komponenti.

### 2. NAMJENA UPRAVLJAČKOG SKLOPA

Komercijalni rashladni uređaj za pripremu gazirane vode i za hlađenje negazirane vode, sokova i piva zapravo se sastoji od rashladnog agregata kojim se hladi rashladna kupka (spremnik vode) na zadanu temperaturu. Protjecanjem napitka kroz cijevi postavljene u rashladnoj kupki isti se hladi na željenu temperaturu. Gaziranje se provodi raspršivanjem vode pri sniženoj temperaturi, a pod povišenim tlakom u atmosferi CO<sub>2</sub> u spremniku zvanom karbonator, koji je uronjen u rashladnu kupku te se na taj način hladi. Dodatna pumpa cirkulira vodu iz rashladne kupke cjevovodom do mjesta istakanja kako bi se očuvala

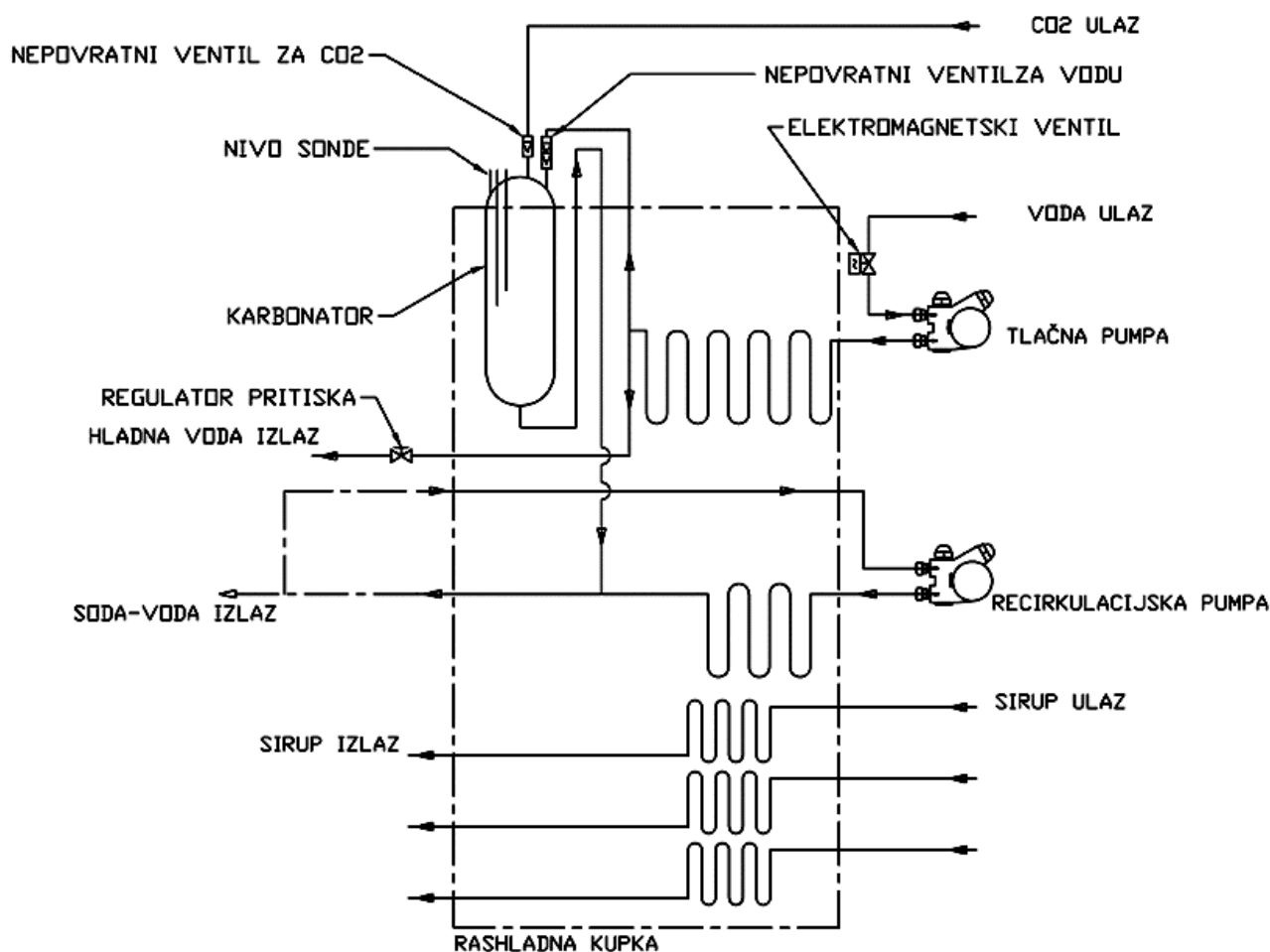
zadana niska temperatura, čime bi konzument dobio hladan i dobar napitak. Za ispravan rad karbonatora potrebno je u njemu osiguravati razinu tekućine unutar uskih zadanih granica, pa je upravo to osnovna namjena razmatranih sklopova. U osnovnoj varijanti i za primjenu na jednostavnim uređajima razvijena je varijanta sklopa za upravljanje jednom tlačnom pumpom. Elektromotor pumpe je u pravilu jednofazni s kondenzatorom za trajni rad u pomoćnoj fazi, snage u prosjeku 350W. U radu pumpa mora osigurati tlak na izlazu najmanje 10 bara, kako bi svladao tlak CO<sub>2</sub> u karbonatoru od približno 6 bara. Zadana razina vode definirana je završecima dviju metalnih sondi, izoliranih od tijela posude karbonatora. Upravljački sklop spaja se na te dvije sonde te na kućište karbonatora koje predstavlja zajedničku sondu. Ako je razina tekućine ispod sondi, uključuje se pumpa koja će ostati raditi dok razina vode ne dostigne razinu gornje sonde. Kako rad pumpe na suho znači njeno uništenje, kao zaštitni element spojen na ulazu vode koristi se mehanički presostat, čiji kontakti u slučaju pada tlaka prekidaju napajanje tlačne pumpe. Na slici 1. prikazana je shema protoka produkata kroz rashladni uređaj za pripremu soda-vode te hlađenje sirupa i mirne vode. Finalni napitak se priprema miješanjem na mjestu istakanja.

### 3. OPIS RADA SKLOPA

Osnovna verzija sklopa zasnovana je na mikrokontroleru PIC 12F509 proizvođača Microchip. Električna shema sklopa nalazi se na slici 4. Iako je PIC 12F509 skromnih mogućnosti, resursi su sasvim dovoljni da ga se iskoristi u ovoj primjeni. Pin Osc generira signal

frekvencije 2kHz koji se, ovisno o prisutnosti vode na sondama, pretvara u istosmjerni napon i vodi na ulaz mikrokontrolera. Ovisno o naponu na ulazima koji prezentiraju razinu vode na sondama uključuje se izlazni relej. LED dioda signalizira uključenost releja. Sklop je razvijen za pločicu dimenzija 50x80mm, a slika gotovog

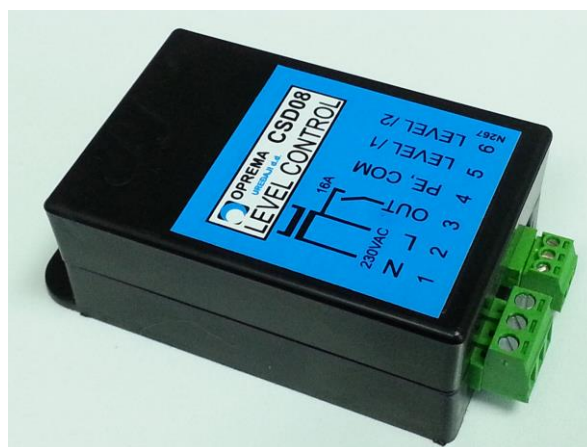
sklopa sa zalemljenim elementima prikazana je na slici 2. Gotov sklop u kutiji prikazan je na slici 3. Postoje ekvivalentna industrijska rješenja za opisani sklop poput Omronovog 61F-GP-N8 (slika 5.) ili Schrackovog UR3L1011 (slika 6.). No, zbog višestruko više cijene nisu konkurentni vlastitom rješenju.



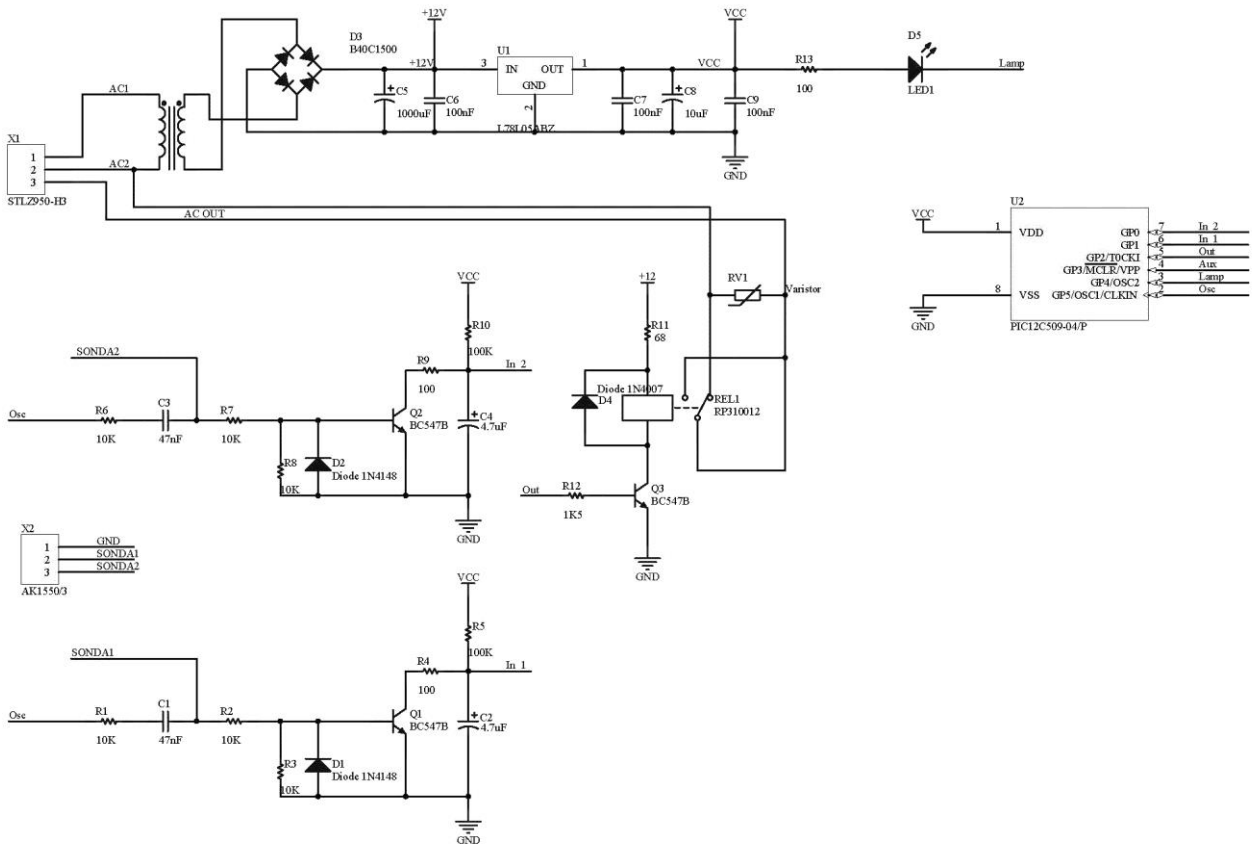
Slika 1. Shema protoka produkata kroz rashladni uređaj



Slika 2. Izgled elektroničkog sklopa CSD08



Slika 3. Izgled gotovog sklopa CSD08 u kutiji



Slika 4. Električna shema upravljačkog sklopa CSD08

Dok se za ovakvu primjenu još i može pronaći industrijsko rješenje, kod uređaja većeg kapaciteta zahtjevi postaju kompliciraniji. Da bi se ostvarila željena kvaliteta upravljanja trebalo bi koristiti dodatne pomoćne i vremenske releje, ili čak manji PLC, što bi bilo neprihvatljivo cijenom i dimenzijama. U uređajima većeg kapaciteta tako se ugrađuju i po dvije tlačne pumpe te recirkulacijska pumpa, a na ulazu vode za zaštitu od previsokog tlaka ugrađuje se elektromagnetski ventil koji se uključuje pri radu tlačnih pumpi. Zaštitni element je presostat koji prekida napajanje pumpi u slučaju pada ulaznog tlaka vode. Problem koji prati ovakva konstrukcija je sinkronizacija rada pumpi i elektromagnetskog ventila, jer ventil prilikom prestanka rada puno brže zaklopi nego se pumpa stigne zaustaviti. S druge strane, prilikom pokretanja pumpe nedovoljno brzo otvaranje ventila rezultiralo bi potrebom za dodatnom snagom nužnom za otvaranje, uz rizik nepovoljnog režima rada pumpe sa zatvorenim dovodom vode. Presostat reagira na pad tlaka do dopuštene granice, što ispravno radi samo kod stvarnog nestanka vode. U praksi je česta situacija da je dotok vode smanjen zbog kapaciteta mreže ili rada ostalih potrošača. U tom slučaju uređaj počinje raditi u iznimno nepovoljnom režimu kada isključenje presostata prekida rad pumpi, prestaje potrošnja, tlak raste i presostat ponovno uključuje. Pumpe se ponovo pokreću i tlak ponovo pada. Isto se ponavlja više puta u sekundi te djeluje destruktivno na sve električne komponente koje rade u tom režimu.



Slika 5. Nivo relej Omron 61F-GP-N8



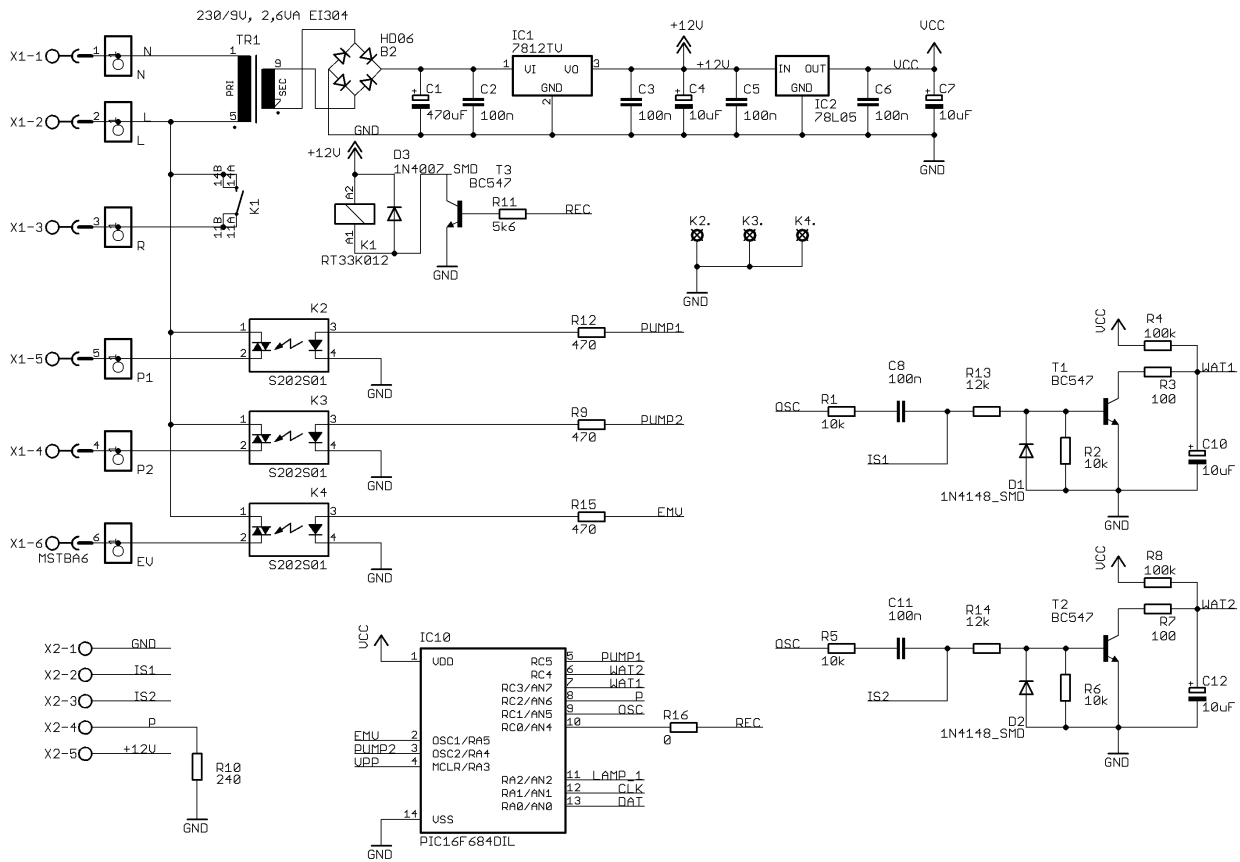
Slika 6. Nivo relej Schrack UR3L1011

Sva ova problematika riješena je projektiranjem upravljačkog sklopa koji potpuno kontrolira i sinkronizira rad svih komponenti u sistemu. Ovisno o konfiguraciji rashladnog uređaja koristi se primjerena verzija upravljačkog sklopa. Umjesto mehaničkog presostata, u sistem je spojen elektronički analogni mjerni pretvornik tlaka za područje 0,7-8 bara s izlazom 4-20mA prikazanog na slici 7.



Slika 7. Mjerni pretvornik tlaka EMERSON PT5

U ovom slučaju upravljački su sklopovi bazirani na mikrokontroleru PIC 16F684. Uz prije opisano mjerenje razine, korištenjem AD pretvornika mjeri se i iznos tlaka na ulazu. Ovisno o izmjenom tlaku i razini u karbonatoru, a prema zadanoj tehnologiji, uključuje se sekvencijalno jedna ili obje tlačne pumpe. Očekivani pad tlaka na ulazu u ovom slučaju je mjerljiv, iz čega se procjenjuje ulazni dotok. Ako je on premali i predstavlja opasnost za sigurni rad zaustavlja se rad jedne pumpe, dok druga nastavlja raditi. Ako nepovoljna situacija prestane i dotok se popravi, nakon određenog vremena zaustavljena pumpa se ponovo uključuje. Ako se pak nepovoljna situacija nastavi pumpa prestane raditi, a ponovni start limitiran je vremenom i dovoljno visokim tlakom u mreži.



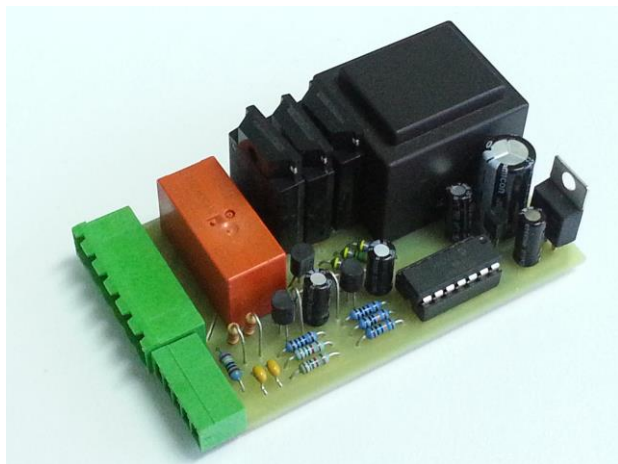
Slika 8. Električna shema upravljačkog sklopa PCPM3

Rad pumpi je povezan s radom ulaznog elektromagnetskog ventila tako da se ventil otvara sekundu prije pokretanja pumpe, a gasi nekoliko sekundi nakon gašenja pumpe. Redoslijed pokretanja pumpi se izmjenjuje sa svakim prestankom rada sa svrhom jednolikog trošenja. Rad recirkulacijske pumpe omogućen je kroz uvjete postojanja minimalnog ulaznog tlaka vode, te uz prisutnost dopuštene minimalne razine u karbonatoru. Ako razina u karbonatoru padne ispod minimuma (donje sonde) na duže od 15 sekundi recirkulacijska pumpa se isključuje. Podizanjem razine vode u karbonatoru do minimalnog recirkulacijska pumpa se ponovno pokreće. Na slici 9. prikazan je izgled štampane pločice sa zalemljenim komponentama elektroničkog sklopa PCPM3.

Uz nekoliko izmjena na softveru postoje varijante za:

- dvije tlačne pumpe i ventil (PCPM)
- tlačnu, recirkulacijsku i ventil (PCPM2)
- dvije tlačne, recirkulacijsku i ventil (PCPM3)

Usporedba natpisnih naljepnica prikazana je na slici 10. Dok je shema sklopa PCPM3 prikazana na slici 8., na slici 11. prikazan je detalj rashladnog uređaja za ilustraciju razmještaja komponenti spomenutih u prethodnom izlaganju. Ističu se elektromagnetski ventil i mjerac tlaka na ulazu (gore desno), vodena kupka s karbonatorom i rashladnim zavojnicama, te tlačna i recirkulacijska pumpa (dolje).



Slika 9. Izgled elektroničkog sklopa PCPMR3



Slika 10. Natpisne naljepnice PCPM sklopova



Slika 11. Razmještaj komponenti u rashladnom uređaju

Korištenjem programskog jezika PIC-C u MPLAB okruženju osigurana je fleksibilnost prilikom razvoja projekta te tijekom funkcionalnog ispitivanja sa svrhom optimiziranja rada rashladnog uređaja. Softverski je osigurano sekvencijalno uključivanje potrošača s ciljem smanjenja smetnji i strujnih udara. Gazirana voda iz karbonatora troši se prilikom svake konzumacije i ciklus dopunjavanja pokretanjem pumpi ponavlja se već nakon nekoliko decilitara istočenog napitka, dakle jako često. Posebna je pozornost pridana radu u vršnim režimima kada se može dogoditi da potrošnja premaši dobavu tako da pumpe nemaju dovoljni kapacitet ili je dotok premali.

Mjerenjem ulaznog tlaka i povremenom detekcijom razine na samo jednoj razinskoj sondi moguće je zaključiti da je sistem preopterećen, ali i dovoljno operativan da izdrži nastalo vršno opterećenje. Regulacija razine će raditi ispravno bez obzira na to kako će gornja i donja sonda biti spojene. Punjenje karbonatora počinje kada je razina vode ispod sonde, a završava kad su obje u vodi. Kako voda u prostor karbonatora ulazi pod velikim pritiskom, to je i voda u njemu uzburkana. Kroz ulazni sklop za sonde i kroz programski kod uvedena su kašnjenja da bi se smanjio utjecaj uzburkane površine na detekciju razine.

## 4. ZAKLJUČAK

Korištenjem mikrokontrolera pruža se mogućnost izrade dobrih regulacijskih sklopova s malim brojem vanjskih komponenti, ali s primijenjenim brojnim i kompleksnim zahtjevima za što kvalitetnije upravljanje procesom. Uz ovdje opisana svojstva konačnog proizvoda jasno je da ekvivalentno rješenje na tržištu ne postoji u tako kompaktnom obliku. Ako se izuzme sklop za kontrolu temperature vodene kupke, PCPM sklop predstavlja kompletno i kompaktno rješenje za upravljanjem rashladnim uređajem. Komponente korištene u PCPM projektu su uobičajene, povoljne i lako dobavljive, a sam sklop je jednostavan za proizvodnju.

## 5. LITERATURA

- [1] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41236E.pdf>, 31. 8. 2009.
- [2] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41202f-print.pdf>, 19. 3. 2007.
- [3] [http://www.r744.com/web/assets/companybrochure/file/443\\_pt5%20tb\\_en\\_2013-07-19.pdf](http://www.r744.com/web/assets/companybrochure/file/443_pt5%20tb_en_2013-07-19.pdf), 19.7.2013.
- [4] [http://www.ia.omron.com/data\\_pdf/data\\_sheet/61f-gp-n\\_dsheets\\_csm6.pdf](http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/61f-gp-n_dsheets_csm6.pdf), 2007.

### Kontakt autora:

**Josip Srpak, dipl. ing.**  
 Veleučilište u Varaždinu  
 Križanićeva 33, 42000 Varaždin  
 Tel: 091/8998868  
 e-mail: jsrpak@gmail.com