



*Miroslav S. Milićević, Tatjana M. Stojanović, Vladimir Stanković, Valentina M. Nejković

COMPUTERS REGULATION HF INDUCTIVE WELDING

RAČUNARSKO VOĐENJE VISOKOFREKVENTNOG INDUKTIVNOG ZAVARIVANJA

Originalni naučni rad / Original scientific paper

UDK / UDC: 621.791.77:004

Adresa autora / Author's address:

*Elektronski fakultet u Nišu Email:lavmiro@eunet.rs

Rad primljen / Paper received:

Jul 2015.

Ključne reči: generator, zavarivanje, tiristor, regulacija, mikroročunar, program, temperatura

Key words: generator, welding, thyristor, regulation, microcomputer, program, temperature

Izvod: U radu se projektuje sistem za automatsku regulaciju temperature generatora za induktivno zavarivanje profila. Predlaže se merenje temperatura šava bezkontaktnim putem koristeći osobinu zagrejanih tela da zrače u infracrvenom spektru. Za automatsko upravljanje generatorom projektuje se mikroročunar za rad u realnom vremenu. Rad predstavlja prilog povećanju produktivnosti tehnoloških linija i uvođenju većeg nivoa automatizacije.

Abstract: In the paper the design of a system for automatic regulation of generator temperature for tube inductive welding. Non contact measurement of weld temperature using the characteristics of heated bodies which radiate in the infrared spectrum is suggested. For automatic generator driving a microcomputer for real time application is designed. The paper contributes to the better production of technological lines as well as the introduction of higher level of automation.

1. UVOD

Tehnološke linije za proizvodnju profila su sastavljene od nekoliko sekcija. Izrada počinje pripremnim uvođenjem kotura čelične trake. Radi obezbeđenja kontinuiteta rada, trake se zavaruju na mašini za poprečno zavarivanje. Postoji i akumulator čiji je zadatak da akumulira traku kako bi se proces proizvodnje nesmetano obavljao za vreme dok ulazna sekcija miruje. Na sekciji formiranja, čelične trake se valjcima oblikuju u cev određenog prečnika. Ovako formirana cev se induktivnim putem zavaruje generatorom koji radi na radiofrekvencijama. Posle sekcije za normalizaciju profil se oblikuje na sekciji za kalibrisanje. Leteća testera se nalazi na kraju tehnološke linije i njen zadatak je da odseče profil na unapred izabranu dužinu.

Predmet ovog rada, a na bazi literature [1-26], je obrada i modernizacija generatora za zavarivanje. Generator za zavarivanje se sastoji od tiristorskog mosta snage, transformatora visokog napona, ispravljača, oscilatora, RF transformatora i induktora. Oscilator radi na frekvenciji 450 kHz u klasi C. Snaga se reguliše promenom anodnog

napona kontinualno. Induktor obuhvata cev u čijoj unutrašnjosti su locirani feriti tako da se energija usmerava na liniju šava koju sačinjava elektroprovodna traka. Gustina struje je najveća na površini trake. Snaga generatora za induktivno zavarivanje je nekoliko stotina kW. Kod postojećeg sistema, koji je prvobitno bio instaliran, operator bira brzinu proizvodne linije i snagu generatora za zavarivanje. Kada je fiksirana brzina linije vizuelnim ocenjivanjem zavarenog spoja bira se snaga zavarivanja, što predstavlja nedostatak.

Ispitivanjem profila na pritisak i savijanje otkriva se da je šav lošeg kvaliteta, što je sa zakašnjenjem ustanovljeno te se ne može povratno uticati na kvalitet. Ovim se nameće potreba da se projektuje sistem za automatsku regulaciju temperature šava. Za svaku vrstu čelične trake može se definisati neka optimalna temperatura. Hlađenje ferita se obavlja emulzijom koja odnosi neku količinu toplote. Stoga se mora regulisati temperatura i protok emulzije a za određenu vrstu proizvodnje moraju se fiksirati. Merenjem temperature i njenim regulisanjem, imajući u obzir bilans toplote u zoni zavarivanja, može se upravljati kvalitetom



zavarenog spoja profila. Kvalitetan šav znači da može da izdrži pritisak od 50 bara i u isto vreme da pri savijanju ne popusti. Znajući količinu ulazne i izlazne toplote može se definisati neka optimalna temperatura.

2. REGULACIJA TEMPERATURE GENERATORA ZA ZAVARIVANJE

Da bi se mogla izvršiti regulacija temperature potrebno je izabrati odgovarajući merač. Zbog brzine odziva i brzine proizvodne linije koja je maksimalno moguća u iznosu od 100 m/min primenjeno merenje mora biti bezkontaktno. Pošto je temperatura materijala u zoni zavarivanja veća od ambijentalne dolazi do razmene toplote. Ta razmena se obavlja kondukcijom i elektromagnetnom radijacijom. Elektromagnetna radijacija se nalazi u određenom spektralnom opsegu a zavisi od vrste materijala i temperature na njemu. Jedan deo radijacije obuhvata i infracrveni spektar. Samo infracrveno zračenje se kvalitativno ne razlikuje od elektromagnetskog. Tela na visokoj temperaturi zrače u vidljivom, ultraljubičastom i infracrvenom spektru. Svako telo koje emituje toplotnu energiju zračiće i toplotne zrake čija je talasna dužina zavisna od temperature tela. Veza zračenja crnog tela i temperature dali su Štefan i Bolcman zakonom čiji je oblik dat sa

$$E_u = \sigma T^4 \quad (1)$$

gde je $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-12} \text{ Wcm}^{-2} \text{ st}^{-4}$

Bilo koje drugo telo imaće manju emisiju sposobnost od crnog tela, te se ima

$$E = k \sigma T^4 \quad (2)$$

gde k predstavlja faktor emisivnosti površine.

Dokazano je da se postiže maksimum zračenja određene temperature i talasne dužine i da isti

zavisi od same temperature. Ovde važi Vinov zakon pomeranja

$$T \lambda_m = C \quad (3)$$

gde su: T - temperatura u [K], λ_m - talasna dužina a C je konstanta čija vrednost iznosi 2890 [K]. Veza specifične radijacije crnog tela date talasne dužine i temperature definiše se Plankovim zakonom

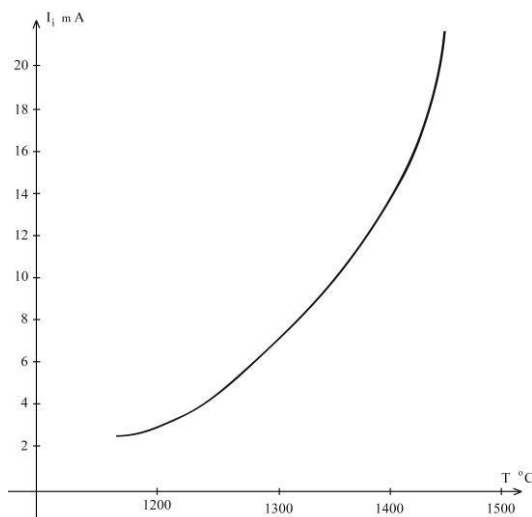
$$E_o = \frac{8\pi \delta^2}{c^3} \frac{h \delta}{e^{kT} - 1} \quad (4)$$

koji je detaljno obrađen u [16].

Možemo zaključiti, ako se zna detektovati energija zračenja znaće se i temperatura zagrejanog tela. Merenje se u paksi zasniva na detekciji zračenja jedne male tačke šav cevi u infracrvenom spektru. Podrobnom analizom i proučavanjem obilne literature, dolazimo do zaključka da izabrani merač temperature koji meri radijaciju spektralnog opsega mora da se nalazi blizu talasne dužine $\lambda = 850 \text{ nm}$.

Na osnovu napred navedenih zapažanja i podataka u [17-25], izabraćemo za merač temperature TMRS-34-M-R čija je brzina odziva 5 ms što zadovoljava naš slučaj. Izlaz ovog pirometra je strujni, u funkciji temperature on je nelinearan kao što to prikazuje slika 1. Strujni izlaz se jednostavno pretvara u naponski, što se kasnije pojačava i vodi na A/D konvertor radi sprežanja sa mikroracunarem. Merna glava poseduje i priključak za vazduh pod pritiskom koji oduvava prašinu, opiljke i isparenja čisteći merno mesto.

Temperatura za zavarivanje će varirati i u funkciji kvaliteta materijala. Zavisno od procentualnog učešća ugljenika u čeličnoj traci, koja se zavaruje induktivnim putem, imaće se različite temperature koje su potrebne.



Slika 1. Zavisnost izlaza pirometra u funkciji temperature



3. PRIMENA MIKORARAČUNARA

Blok dijagram sistema upravljanja je prikazan na slici 2. Uvođenjem glavne povratne sprege postojećem sistemu, koji je radio u otvorenoj povratnoj sprezi, dodaju se pirometar za merenje temperature, mikrorračunar, upravljački pult i regulator za fazno upravljanje tiristorima. Tiristorski most snage je vezan u primaru transformatora visokog napona kao što to ilustruje slika 3. Upravljanje tiristorima je fazno. Ispravljač ispravlja visoki napon i kao anodni napon napaja elektronsku cev oscilatora. Oscilator osciluje na frekvenciji 500 kHz a zbog prilagođavanja izlaza oscilatora i induktora upotrebljen je RF transformator čiji je zadatak da izvrši maksimalno prilagođavanje.

Regulisanjem anodnog napona oscilatora induktor se napaja većom ili manjom energijom. Brzina profila se nezavisno od ovog sistema može postaviti između 0 i 100 m/min. Ograničavajući faktor je dimenzija i kvalitet čelične trake odnosno snage generatora za induktivno zavarivanje

Na upravljačkom pultu se nalazi birač temperature i displej za pokazivanje trenutne temperature u procesu zavarivanja. Postoje testeri za uključivanje pumpe rashladnog sistema, napona grejanja elektronske cevi i uključjenja glavnog kontaktora. Pult će biti snabdeven i nizom svetiljki koje će signalizirati pojavu neke od neispravnosti u sistemu, čime se povećava sigurnost i pouzdanost sistema.

Optički pirometar meri temperaturu i šalje podatak koji se preko A/D konvertora prosleđuje mikrorračunaru. Na osnovu zadate i stvarne veličine generiše se upravljanje faznom regulatoru. Novoprojektovani fazni regulator ima izgled kao što prikazuje slika 4. Ovom regulacijom je moguće paliti tiristore u opsegu od 0-180 električnih stepeni, a razvijen je korišćenjem iskustva u [12] i [13]. U funkciji poluperioda neizmeničnog napona na izvodu 10 integrisanog kola IC1 generiše se testerast napon po zakonu

$$U_{io} = 6.9196 \square 10^7 \square \frac{t}{R} \quad (5)$$

Radna tačka se podešava na osnovu upravljanja sa računara i doterivanjem potenciometra od 100 kΩ. Fazni regulator je galvanski totalno odvojen od mreže. Impulsi za paljenje se pojačavaju a onda vode na pobudne elektrode. Za svaku fazu postoji po jedan ovakav regulator. Faznim upravljanjem tiristora podešava se snaga zavarivanja.

Zbog automatskog vođenja procesa, na bazi [1-11] primeniće se mikrorračunar. Osnovna konfiguracija sistema je data na slici 2. Mikrorračunar prima informaciju sa pirometra o stvarnoj temperaturi a sa upravljačkog pulta o željenoj, te na osnovu njih generiše upravljanje vodeći proces induktivnog zavarivanja čeličnih profila.

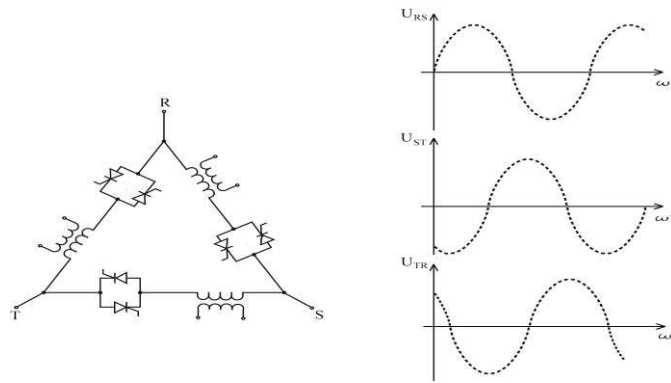
Na osnovu potrebe za očitavanjem ulaznih veličina i generisanjem određenih izlaza može se dati blok šema rada sistema data na slici 5, čiji redosled operacija mora poštovati i obavljati mikrorračunar. Na početku treba izvršiti inicijalizaciju sistema. Zatim se postavlja izlazno upravljanje takvo da regulator ne dovodi tiristore u provodno stanje. Onda se tasterima uključuju redom pumpa rashlađenog sistema, napon grejanja elektronske cevi i glavni kontaktor snage. Tu se obavljaju ispitivanja da li je aktiviran taster i ako jeste, ide se dalje, inače program će se odvijati u petlji. Kada je izvršena priprema očitava se sa pulta izabrana temperatura zavarivanja i ista se pamti. Zatim se ispituje stanje A/D konvertora, i ako je konverzija započela, ispituje se kada je podatak spreman za očitavanje. Konverzija A/D konvertora se inicira od strane jednog oscilatora. Kada se očita podatak o temperaturi isti se pamti a na osnovu njega se obavlja linearizacija tj. očitavanje iz EPROM-a prave vrednosti temperature. Ovakav podatak o temperaturi se iz binarnog pretvara u BCD kod i šalje na izlazni displej upravljačkog pulta. Radi formiranja upravljanja obavlja se ispitivanje da li je zadata temperatura veća od stvarne, i ako jeste, izlazno upravljanje se povećava za jedan kvant, inače se smanjuje. Mikrorračunar koji treba da izvrši zadatke specificirane blok šeme rada sa slike 5. ima izgled kao što prikazuje slika 6. On se bazira na Intelovom osmobitnom mikroprocesoru 8080. Pored mikroprocesora se upotrebljava clock generator 8224 za vremensko vođenje i kontrolor 8228. Usvojicemo RAM memoriju od 256 byte-a i EPROM od 4 kbyte-a. RAM memorija se organizuje od dve memorije tipa 2111 a EPROM od 4 tipa 2708.

Dekoder 8205 se koristi za odabiranje jedinice a za njegov ulaz se uzima adresna magistrala A_{10} , A_{11} i A_{12} . Mikrorračunarski sistem ima tri programabilne ulazno-izlazne jedinice tipa 8255 i iste služe za sprezanje sa procesom. Preko njih se dovode potrebni ulazi, i posle programske obrade, generišu komande procesu. Izlazi dekodera 8205 se preko logičkih »i« kola sprežu sa komandnim signalima MEMR i MEMW tako da se na taj način odabira

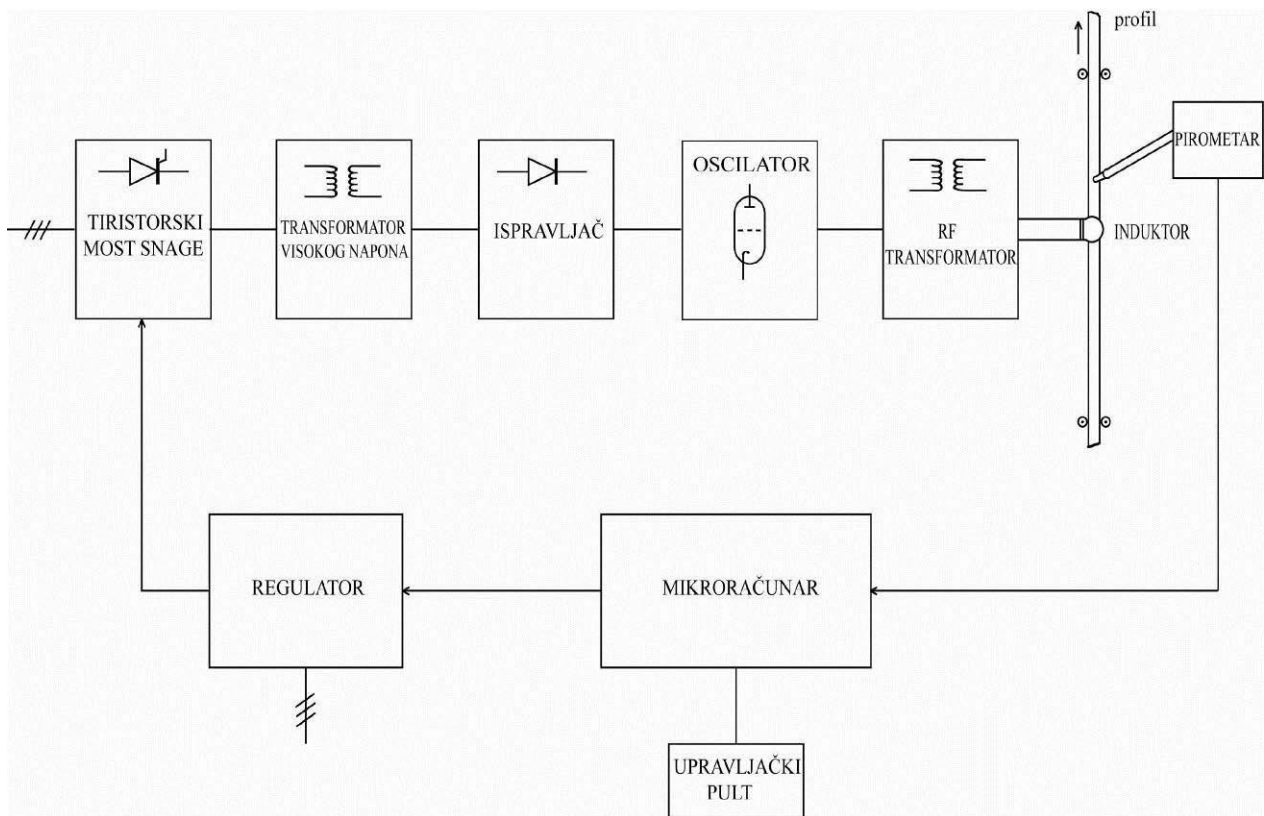


jedinica sa kojom će komunicirati procesor. To može biti RAM, EPROM ili pak ulazno-izlazna jedinica. Detalji organizacije RAM i EPROM memorije je prikazan na slici 7. Na slici 8. je detaljnije prikazan način sprežavanja I/O jedinice sa procesom. On se koristi kao ulaz za podatak o

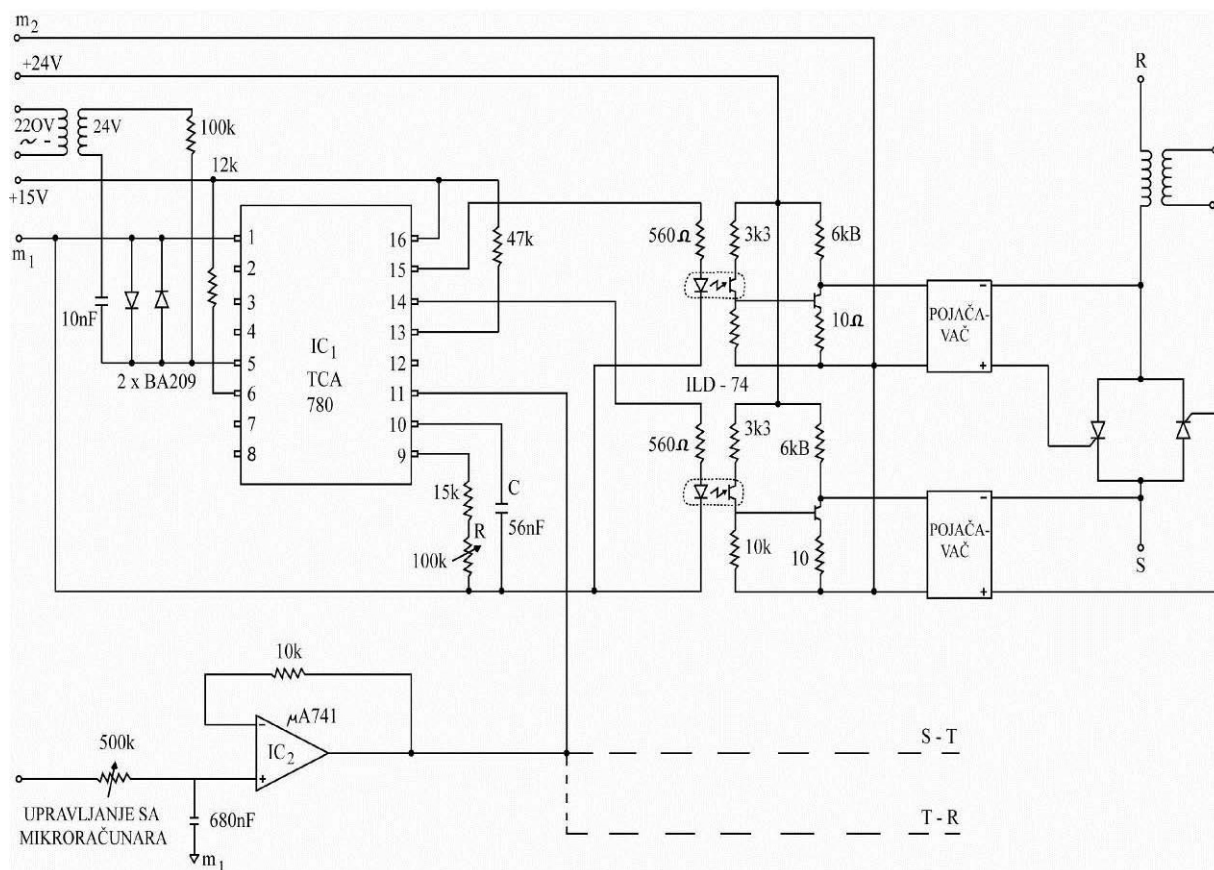
merenoj temperaturi sa pirometra i A/D konvertora. Nadalje se uzimaju podaci o uključenju pumpe, grejanja i snage kao i signali o stanju u kome se nalazi A/D konvertor.



Slika 2. Blok dijagram sistema za regulaciju snage



Slika 3. Veza tiristora u primaru transformatora sa talasnim oblicima napona napajanja



Slika 4. Elektronsko kolo za faznu regulaciju tiristorima

Izlaz se koristi za upravljanje uključanjem pumpe, grejanja i snage kao i za signalizaciju neispravnosti celokupnog sistema za induktivno zavarivanje. To su greške o nesimetričnom radu regulatora napona, previsokoj temperaturi oscilatora, neispravnom naponu grejanja cevi, povišenoj temperaturi trafoa visokog napona, nedovoljnom protoku za hlađenje i smanjenom nivou rashladne tečnosti.

Memorijska mapa je prikazana na slici 9. Od adrese 0000H do 003FH organizuje se sistem prekida. Potprogrami za obradu prekida su smešteni u EPROM-u od 0040H do 008FH. Tablica sa potrebnim podacima za linearizaciju krive temperature je smešten od 0090H do 0DFFH. Glavni program se nalazi počev od adrese 0E00H i za njega je rezervisano 512 byte-a EPROM memorije. Da se zaključiti da EPROM memorija ima adresu od 0000H do 0FFFH. RAM memorija zauzima adrese od 1000H do 10FFH, s tim da je STACK smešten počev od najviše adrese.

Iz razloga prenosa dvobajtnih podataka sa ulaza ka procesoru i obrnuto, ulazno-izlazne jedinice se hardware-ski povezuje i tretiraju kao i memorije kod adresiranja. Tako za njih važe memorijske naredbe za prenos podataka. Ovakvo rešenje se moralo izabrati iz razloga povećanja rezolucije i tačnosti

upravljanja koje se dobija sa D/A konvertora, prenos izabrane temperature ka procesoru i izbacivanje izlazne i stvarne temperature na displej kao dvobajtnih podataka. U sistemu za sprezanje su predviđene tri ulazno-izlazne jedinice tipa 8255. Adresa ulazno-izlaznih jedinica, a prema usvojenim oznakama, imaju oblik:

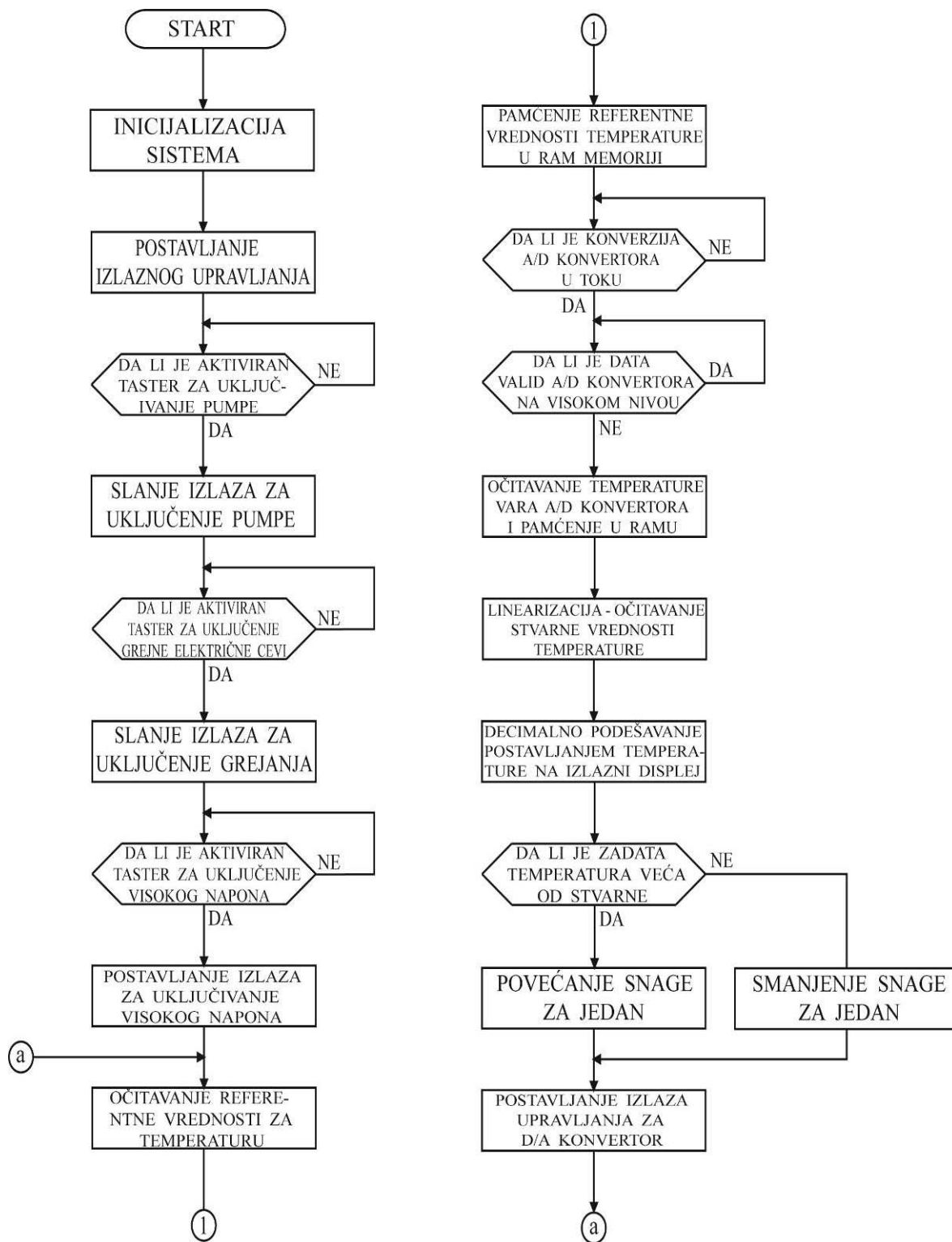
PORT1 - 1400H
 PORT2 - 1401H
 PORT3 - 1402H
 PORT4 - 1800H
 PORT5 - 1801H
 PORT6 - 1802H
 PORT7 - 1C00H
 PORT8 - 1C01H
 PORT9 - 1C02H

Za mikroračunar se projektom omogućava da radi sa sistemom prekida gde će se koristiti enkoder prioriteta 8214 sa ulazno-izlaznom jedinicom kao što je prikazano na slici 10. Počev od najvećeg prioriteta sledeći su zahtevi za prekid: nesimetrični rad regulatora napona, previsoka temperatura

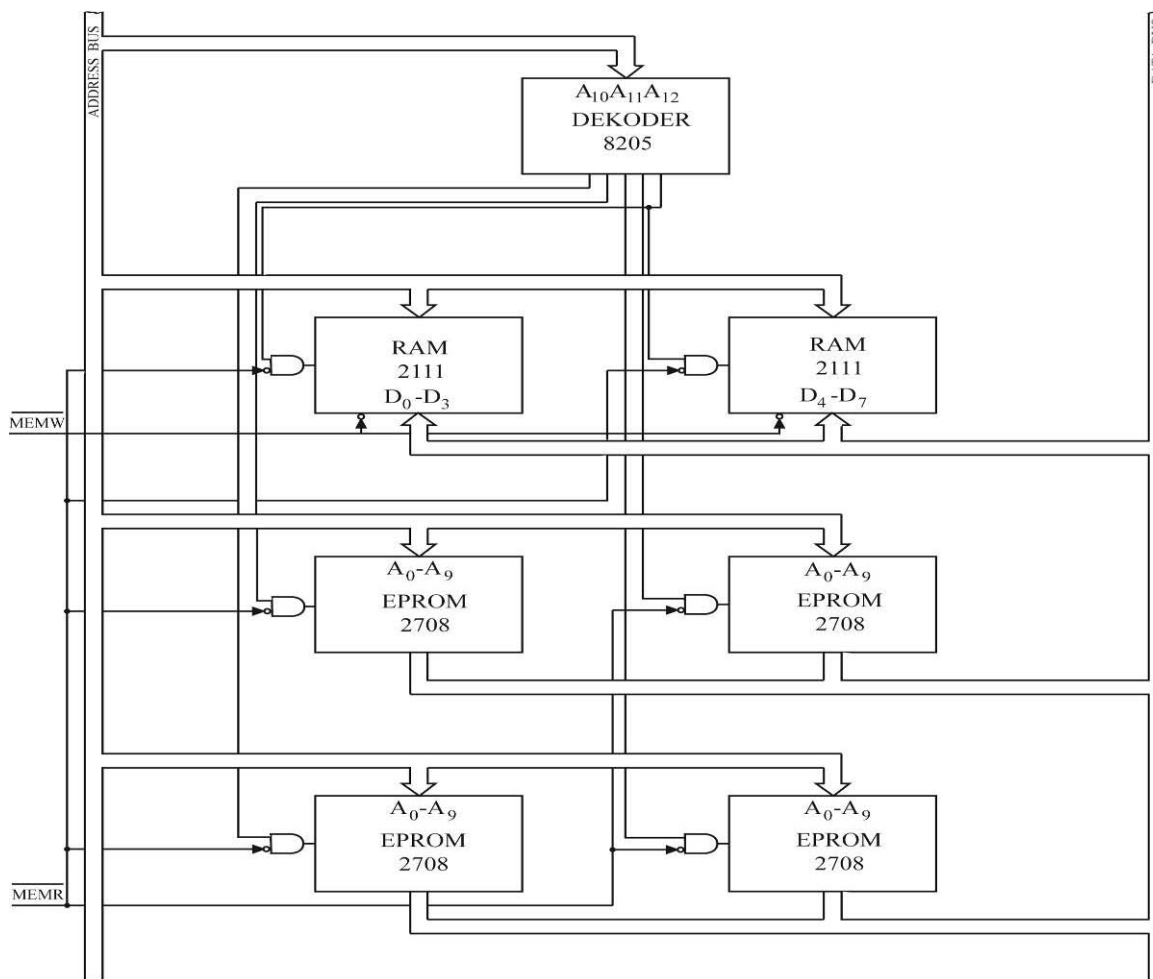


oscilatora, neispravan napon grejanja elektronske cevi, visoka temperatura trafoa visokog napona,

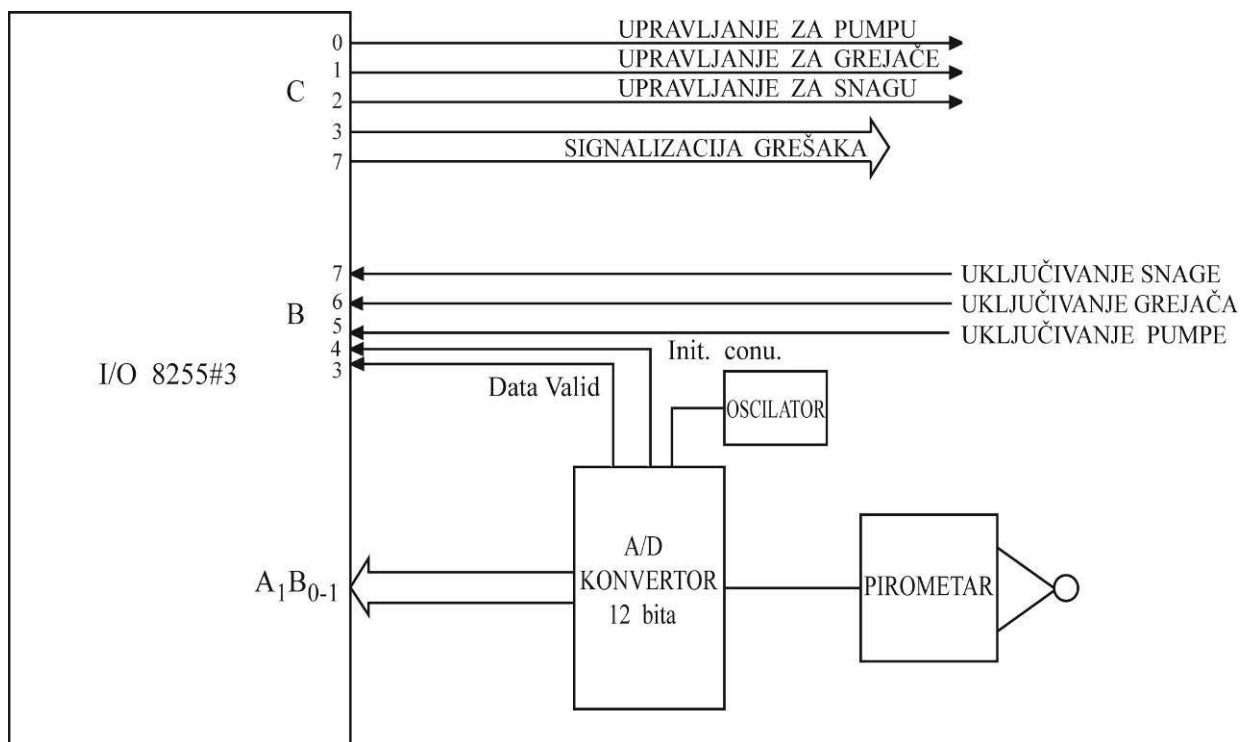
nedovoljan protok za hlađenje i nizak nivo vode u izmenjivaču.



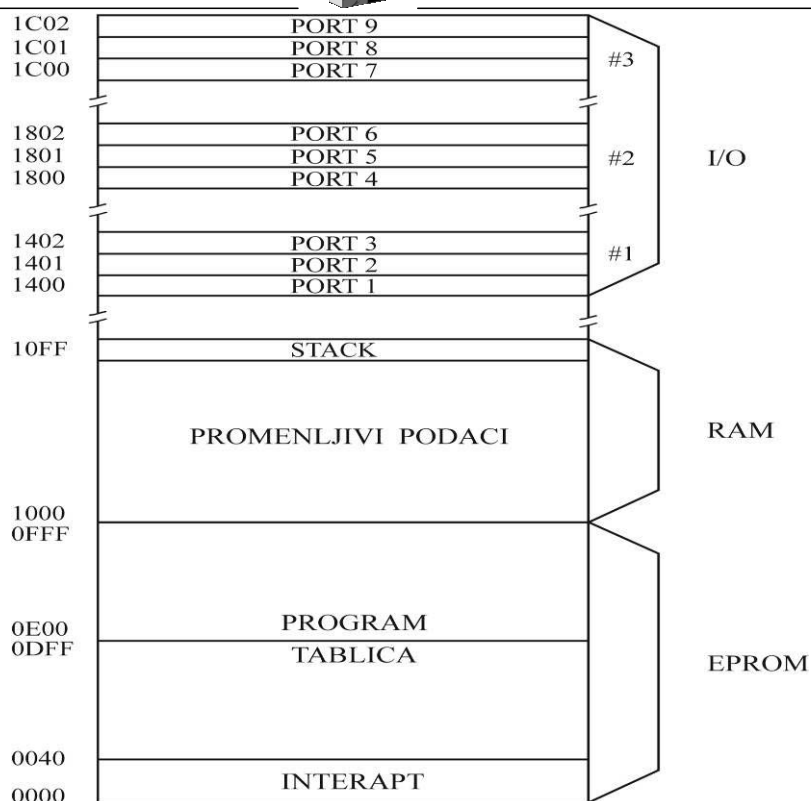
Slika 5. Blok šema rada mikroračunara



Slika 7. Organizacija memorije



Slika 8. Sprezanje jedinice I/O # 3 sa procesom



Slika 9. Raspored adresa

Pri nailasku zahteva za prekid, šalje se zahtev mikroprocesoru za prekid i tada se dešavaju sledeće opcije. Završava se započeta naredba koja je bila u toku kod nailaska zahteva a bit koji omogućuje prekid INTE se postavlja na nulu. Posle obrade po potprogramu za dotični prekid kada je isti završen, predhodno započeti posao se nastavlja na onom mestu gde je i stao pre nailaska prekida. Na osnovu zadatka koji treba da obavi mikroracunar, formiran je instrukcioni dijagram toka na slici 11.

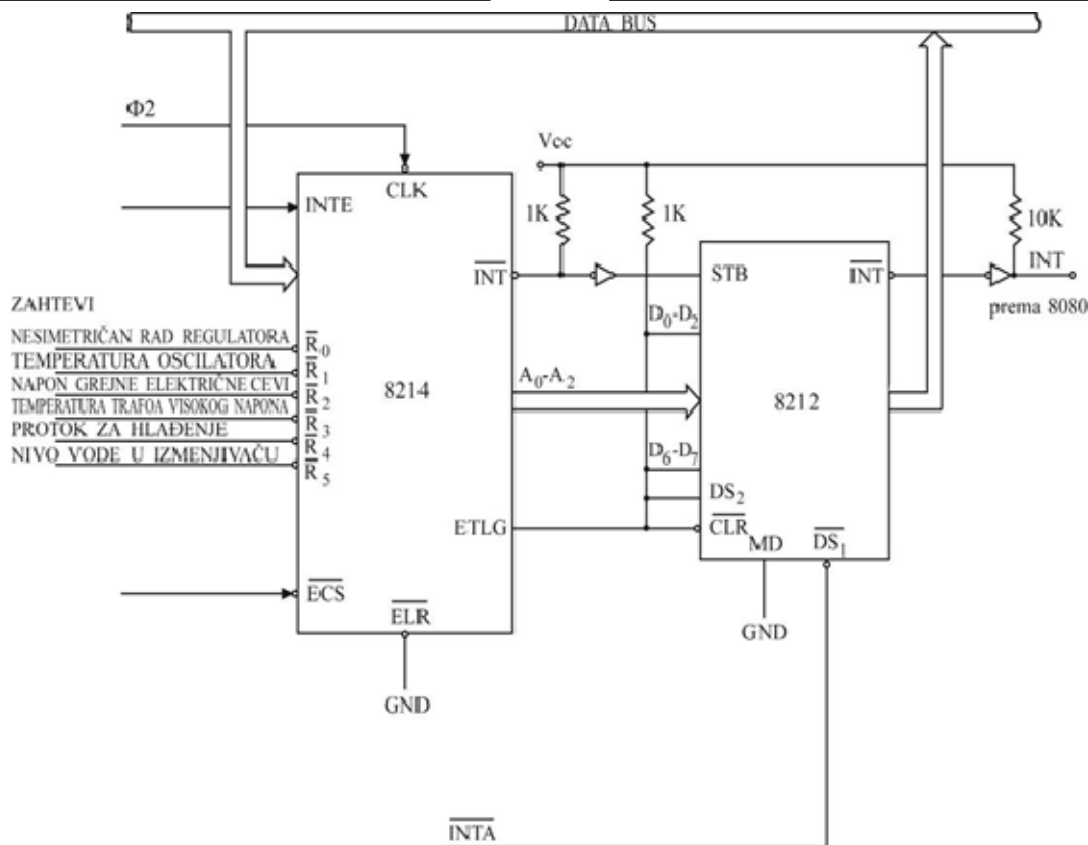
Inicijalizacija sistema je okarakterisana brisanjem RAM memorije, PORT1, PORT2 i PORT9. Na PORT5 i PORT 6 se postavlja vrednost 0FFFH, koja preko faznog regulatora blokira paljenje trofaznog tiristorskog mosta snage. Ispitivanje stanja ulaznih prekidača ako su ovi uključeni obavlja se uključanjem pumpe, grejanjem elektronske cevi i prekidača snage preko PORT9-a postavljanjem odgovarajuće izlazne reči. Očitavanjem PORT3 i PORT4 čita se postavljanjem temperature i ista pamti u registar RTEMZ

Testiranjem stanja A/D konvertora ako su ispunjeni uslovi, očitava se ulazna temperatura i pamti kao rezultat A/D konverzije u registar RTEMP. Pošto podaci o temperaturi su u po dva byte-a EPROM memorije, podatak iz RTEMP se

množe sa dva linijskim pomeranjem ulevo za 1 bit. Ovom rezultatu treba dodati iznos adrese koje zauzimaju potprogrami za obradu prekida 0090H.

Na osnovu ovako dobijene vrednosti adresira se sadržajem registarskog para D, E memorije, čiji se rezultat pamti u registru L. Uvećanim sadržajem D, E za jedan adresira se memorija čijim očitavanjem se rezultat pamti u registru H. Registar par H, L sadrži vrednost prave temperature u binarnom obliku a pamti se u RAM memoriji na mestu RTEMZ. Sadržaj registara H, L se pretvara u BCD kod i šalje na izlaz PORT1, PORT2 čime displej poprima stvarnu vrednost. Upoređenjem sadržaja RTEMZ kao zadate temperature RTEMP kao stvarne vrednosti uvećava se ili smanjuje sadržaj RUPR gde se nalazi vrednost upravljanja. Upravljanje se šalje na PORT5 i PORT6. Na osnovu ove vrednosti D/A konvertor daje upravljanje faznom regulatoru. Na ovaj način se povećava ili smanjuje snaga zavarivanja čime se reguliše temperatura zavarivanja. Program se odvija u petlji vodeći proces zavarivanja automatski. Oznake imaju sledeće značenje:

RTEMZ - zadata temperatura,
 RTEMP - podatak o temperaturi sa pirometra,
 RTEMZ - stvarna temperatura,
 RTEMP - temperatura u BCD kodu i
 RUPR - izlazno upravljanje.



Slika 10. Organizacija sistema prekida

Korišćenjem instrukcionog blok dijagrama napisan je program u simboličkom jeziku za izabranu konfiguraciju mikroracunara. Glavni program zauzima u EPROM memoriji 184 byte-a. Kod frekvencije takt generatora 1 MHz, maksimalno trajanje petlje za izbacivanje izlaznog upravljanja iznosi 449 μ s. Za postizanje maksimalnog referentnog upravljanja na PORT5 i PORT6 potrebno je vreme od 756 ms. Tehnološki gledano tu nema smetnji jer je na postojećem sistemu operatoru trebalo više vremena da, počev od nule do maksimuma, postavi višeobrti potencijometar. No, pored ove pogodnosti vreme se može po želji programski smanjiti. Potprogrami za obradu prekida i glavni program su dati u tablici T1.

Na osnovu potrebnog vremena trajanja programske petlje, uz ostavljanje izvesne rezerve, da se definisati perioda oscilatora koji određuje početak konverzije A/D konvertora na vrednost oko 500 ms. Za sprezanje mikroracunara sa procesom izabraćemo A/D konvertor MAS-1202 rezolucija 12 bita, tačnosti +0.12% i konverzionog vremena 2 μ s. Za D/A konvertor uzimamo MDH-1202 rezolucija 12 bita. Oba ova konvertora su proizvod firme »Analog Device«. Vreme konverzije A/D konvertora je gotovo zanemarivo u odnosu na vreme trajanja petlje između dva izbačena izlaza za upravljanje. Dinamičkom analizom utvrđujemo da izabrana konfiguracija mikroracunarskog sistema odgovara

za automatizaciju procesa induktivnog zavarivanja. Kada sistem bude praktično realizovan izvršice se identifikacija parametara sistema, sa kojim će biti saglasno i kašnjenje odziva pirometra na osnovu kojih će se analizirati stabilnost i tačnost celog sistema. Realizacijom ovog projekta povećaće se kvalitet i produktivnost tehnoloških linija kao i pouzdanost celog sistema.

4. ZAKLJUČAK

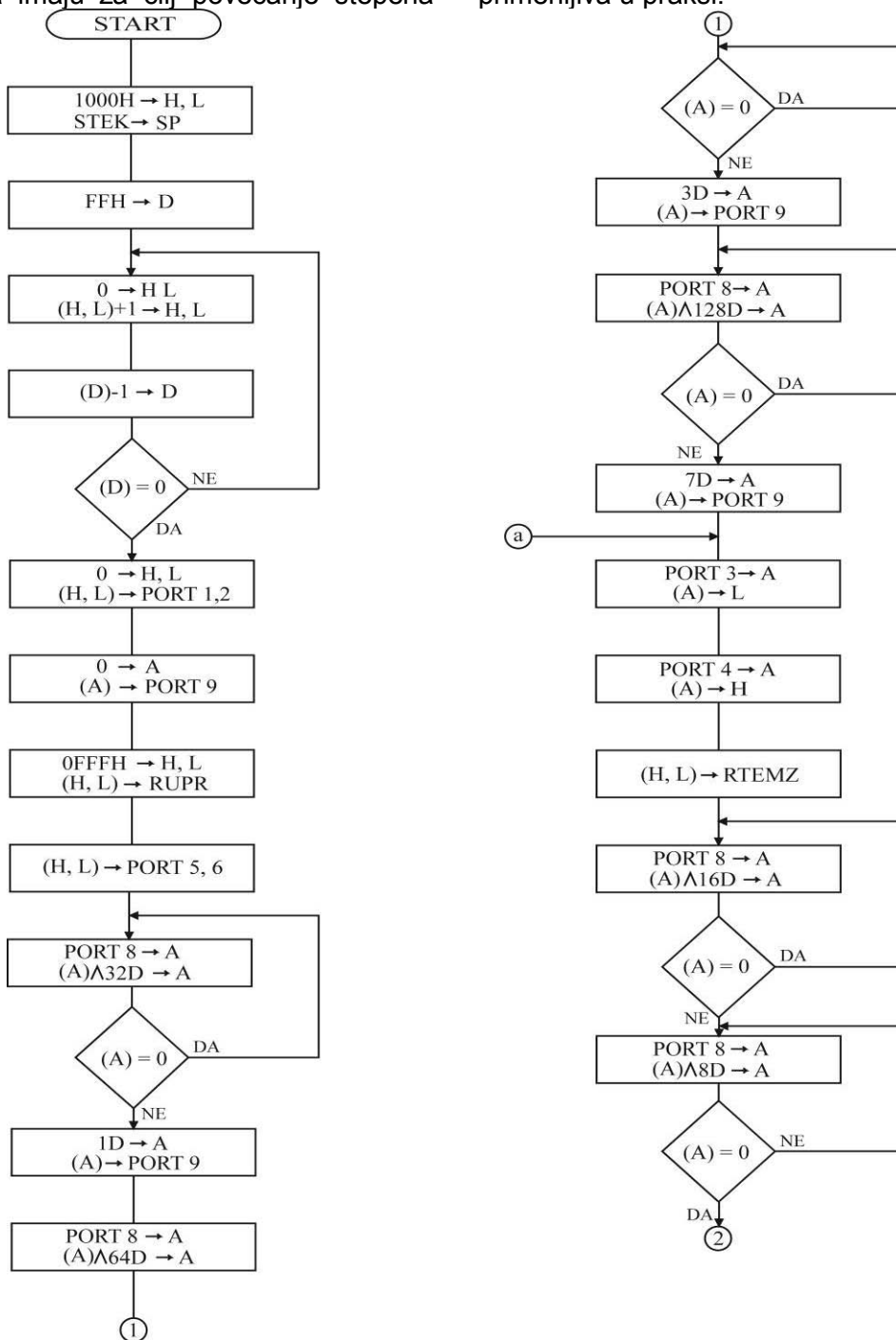
U radu je projektovan sistem za automatsku regulaciju temperature šava cevi koja se zavaruje radiofrekventnim generatorom. Izvršen je izbor senzornog elementa, za bezkontaktno merenje temperature, koji detektuje emisionu energiju šava u infracrvenom spektru. Projektovan je trofazni tiristorski regulator napona koji reguliše snagu zavarivanja, odnosno uzimajući u obzir raspodelu količine toplote u zoni zavarivanja, i temperaturu. Za automatsko vođenje procesa zavarivanja projektovan je mikroracunar sa Intelovim osmobitnim mikroprocesorom 8080. Razvijen je kompletan hardware i odgovarajuća software-ska podrška. Parametri se zadaju preko upravljačkog pulta. Na osnovu zadate veličine i stvarne, programski se generiše upravljanje.

Primenom ovakvog sistema povećava se kvalitet zavarenih profila uz znatno povećanje produktivnosti tehnoloških linija. Operator će biti oslobođen stalne pažnje oko podešavanja brzine

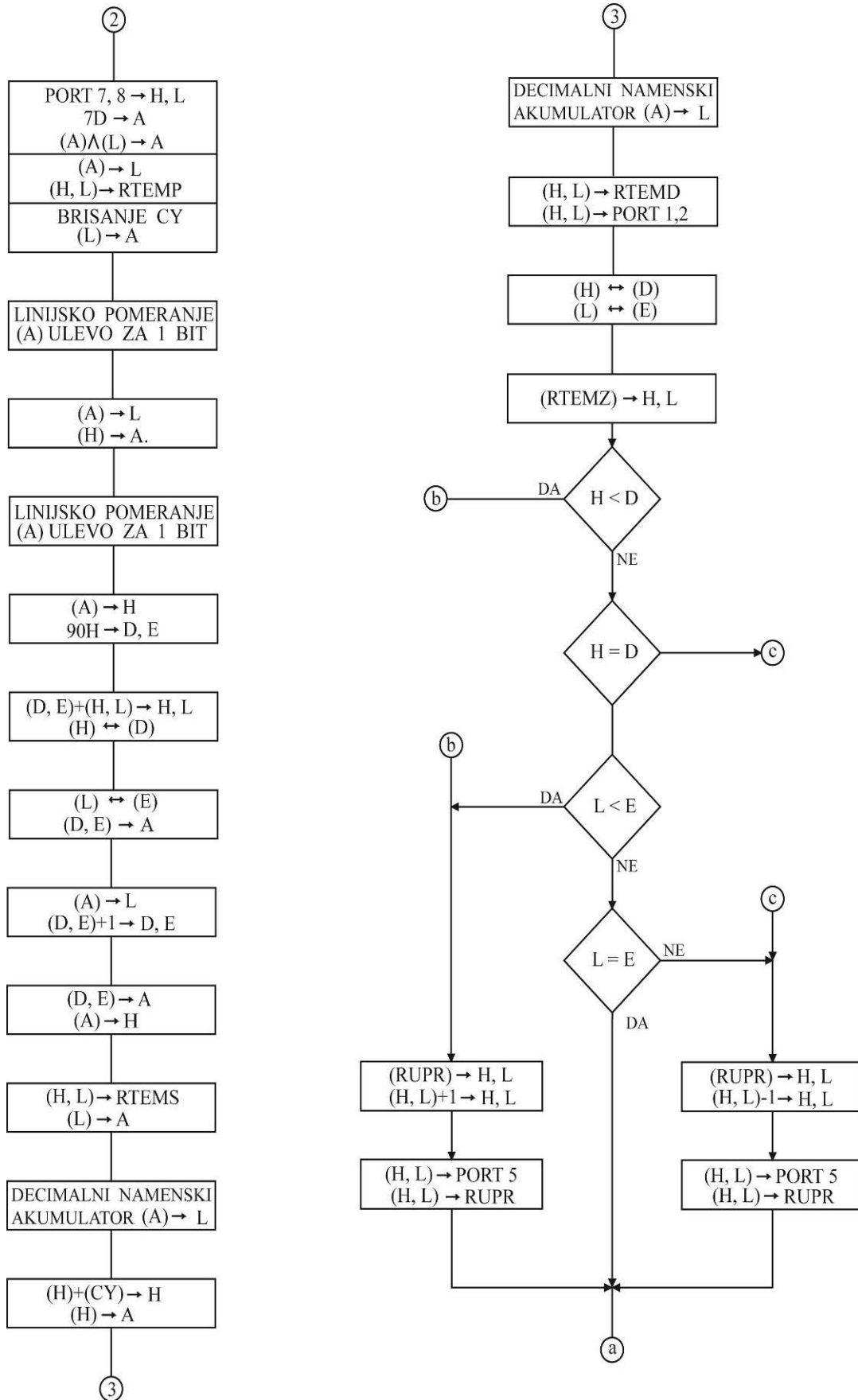


proizvodne linije i snage zavarivanja uz monotono vizuelno ocenjivanje boje i kvaliteta zavarenog spoja. U izvesnom smislu, ovo radno mesto se više humanizuje. Ovakvi sistemi se mogu primenjivati na svim proizvodnim linijama gde se koristi uzdužno induktivno zavarivanje cevi za regulaciju temperature. Oblast primenjivosti se može proširiti i na ostala metalurška postrojenja kao što su visoke peći i tome slično, zatim za žarenje, termičku obradu itd. Instaliranje sistema upravljanja sa mikroracunarima imaju za cilj povećanje stepena

automatizacije. Ovde je prikazan jedan složen sistem upravljanja koji je praktično realizovan, počev od analize procesa, izbora senzora i upravljačkog algoritma, pa sve do konačne realizacije. Prikaz je pedagoško elementaran budući da naše školstvo često nije blisko praksi. Zato, ovako prikazan rad može poslužiti tehničarima, studentima, inženjerima i na kraju nastavnicima što će im proširiti vidike kod izrade programa za izvođenje nastave koja će biti primenljiva u praksi.



Slika 11. Instrukcioni dijagram toka



Slika 11. Nastavak algoritma



Tablica T1 Program u simboličkom jeziku za mikroračunar

| | | | | | |
|-------|------|-------|--------|------|--------|
| PORT1 | EQU | 1400H | | HLT | |
| PORT2 | EQU | 1401H | | | |
| PORT3 | EQU | 1402H | | ORG | 18H |
| PORT4 | EQU | 1800H | | PUSH | PSW |
| PORT5 | EQU | 1801H | | PUSH | B |
| PORT6 | EQU | 1802H | | PUSH | D |
| PORT7 | EQU | 1C00H | | PUSH | H |
| PORT8 | EQU | 1C01H | | JMP | PREK4 |
| PORT9 | EQU | 1C02H | | HLT | |
| RTEMZ | EQU | 1000H | | | |
| RTEMP | EQU | 1002H | | OGR | 20H |
| RTEMS | EQU | 1004H | | PUSH | PSW |
| RTEMD | EQU | 1006H | | PUSH | B |
| RUPR | EQU | 1007H | | PUSH | D |
| STEK | EQU | 100FH | | PUSH | H |
| | | | | JMP | PREK5 |
| | ORG | 0H | | HLT | |
| | PUSH | PSW | | | |
| | PUSH | B | | ORG | 28H |
| | PUSH | D | | PUSH | PSW |
| | PUSH | H | | PUSH | B |
| | JMP | PREK1 | | PUSH | D |
| | HLT | | | PUSH | H |
| | | | | JUMP | PREK6 |
| | ORG | 8H | | HLT | |
| | PUSH | PSW | | | |
| | PUSH | B | | ORG | 40H |
| | PUSH | D | PREK1: | MVI | A, 0AH |
| | PUSH | H | | STA | PORT9 |
| | JMP | PREK2 | | POP | H |
| | HLT | | | POP | D |
| | | | | POP | B |
| | ORG | 10H | | POP | PSW |
| | PUSH | PSW | | EI | |
| | PUSH | B | | RET | |
| | PUSH | D | | | |
| | PUSH | H | | ORG | 50H |
| | JUMP | PREK3 | PREK2: | MVI | A, 11H |
| | STA | PORT9 | | ORG | 70H |
| | POP | H | PREK4: | MVI | A, 43 |
| | POP | D | | STA | PORT9 |
| | POP | B | | POP | H |
| | POP | PSW | | POP | D |
| | EI | | | POP | B |



| | RET | | POP | PSW |
|--------|------|----------|-----------------------|--------|
| | | | EI | |
| | ORG | 60H A, | RET | |
| PREK3: | MVI | 21H | | |
| | STA | PORT9 | ORG | 80H |
| | POP | H | PREK5: MVI | A, 81H |
| | POP | D | STA | PORT9 |
| | POP | B | POP | H |
| | POP | PSW | POP | D |
| | EI | | POP | B |
| | RET | | POP | PSW |
| | | | EI | |
| | | | RET | |
| | ORG | 0E00H | | |
| | LXI | H, 1000H | | |
| | LXI | SP, STEK | | |
| | MVI | D, FFH | | |
| SKOK1: | MVI | M, 0H | ; BRISANJE RAMA | |
| | INX | H D | | |
| | DCR | SKOK1 | | |
| | JNZ | H, 000H | | |
| | LXI | PORT1 | | |
| | SHLD | A, 0H | ; BRISANJE PORT1-A | |
| | MVI | PORT9 | | |
| | STA | H, 0FFFH | ; BRISANJE PORT9-A | |
| | LXI | PORT5 | | |
| | SHLD | 32D | ; POST. REFER. UPRAV. | |
| SKOK2: | LDA | SKOK2 | | |
| | JZ | A, 1H | | |
| | MVI | PORT9 | | |
| | STA | PORT8 | ; UKLJUČENJE PUMPE | |
| SKOK3: | LDA | 64D | | |
| | ANI | SKOK3 | | |
| | JZ | A, 3D | | |
| | MVI | PORT9 | | |
| | STA | PORT8 | ; UKLJUČ. GREJ. CEVI | |
| SKOK4: | LDA | 128D | | |
| | ANI | SKOK4 | | |
| | JZ | A, 7D | | |
| | MVI | PORT9 | | |
| | STA | | ; UKLJ. KONT. SNAGE | |
| LOOP: | LDA | PORT3 | ; OČITAV. TEMPER. | |
| | MOV | L, A | | |
| | LDA | PORT4 | ; OČITAV. TEMPER. | |
| | MOV | H, A | | |



| | | | |
|--------|------|----------|-------------------------|
| | SHLD | RTEMZ | ; PAMĆ. IZABR. TEMP. |
| SKOK5: | LDA | PORT8 | ; ISP. POČ. KONVER. |
| | ANI | 16D | |
| | JZ | SKOK5 | |
| SKOK6: | LDA | PORT8 | ; OČITAV. KONV. POD. |
| | ANI | 8D | |
| | JNZ | SKOK6 | |
| | LHLD | PORT7 | |
| | MVI | A, 7D | |
| | ANA | L | |
| | MOV | L, A | |
| | SHLD | RTEMP | ; PAMĆ. TEMP. PIROM. |
| | STC | | |
| | CMC | | |
| | MOV | A, L | |
| | RAL | | |
| | MOV | L, A | |
| | MOV | A, H | |
| | RAL | | |
| | MOV | H, A | |
| | LXI | D, 0090H | |
| | DAD | D | |
| | XCHG | | |
| | LDAX | D | ; LINEAR. TEMP. I BYTE |
| | MOV | L, A | |
| | INX | D | |
| | LDAX | D | ; LINEAR. TEMP. II BYTE |
| | MOV | H, A | |
| | SHLD | RTEMS | ; PAMĆ. PRAV. VR. TEMP. |
| | MOV | A, L | |
| | DAA | | ; DECIM. PRET. TEMP. |
| | MOV | L, A | |
| | MOV | A, H | |
| | ACI | 0H | |
| | DAA | | |
| | MOV | H, A | |
| | SHLD | RTEMD | ; PAMĆ. TEMP. U RTEMD |
| | SHLD | PORT1 | ; POST. TEMP. NA DISP. |
| | XCHG | | |
| | LHLD | RTEMZ | |
| | MOV | A, H | |
| | CMP | D | |
| | JC | SKOK7 | |
| | JZ | SKOK8 | |
| | MOV | A, L | |
| | CMP | E | |



| | | | |
|--------|------|-------|---------------------|
| | JC | SKOK7 | |
| | JZ | SKOK9 | |
| SKOK7: | LHLD | RUPR | |
| | INX | H | |
| | SHLD | PORT5 | ; POST. IZL. UPR. |
| | SHLD | RUPR | ; PAMĆ. IZL. UPR. |
| | JMP | SKOK9 | |
| SKOK8: | LHLD | RUPR | |
| | DCX | H | |
| | SHLD | PORT5 | ; POST. IZL. UPRAV. |
| SKOK9: | JMP | LOOP | |
| | END | | |

LITERATURA

- [1] Wester J. G., Software Design For Microprocessors, Texas Instruments, London.
- [2] Intel 8080 Microcomputer System, User's Manual, 1957.
- [3] Lilen H., Du microprocesseur au micro-ordinateur, Editions Radio, Paris, 1979.
- [4] Lilen H., Programation des microprocesseurs, Editions Radio, Paris, 1979.
- [5] Lilen H., 36 programmes pour vote micro-ordinateur, Editions, Paris, 1979.
- [6] Souček B., Mikroprocesori i mikroracunala, Tehnička knjiga, Zagreb, 1978.
- [7] Besekerski V. A., Teorija system avtomatičeskogo regulirovanija, Nauka, Moskva, 1975
- [8] Miličević M., Adaptivno upravljanje odsecanjem metalnih profila u pokretu primenom mikroracunara, III Savetovanje o automatizaciji u crnoj metalurgiji, Sarajevo, 1981.
- [9] Seminarirs 1977, Le nouveau concept de famille microprocesseur, France, 1977.
- [10] Lilen H., Guide mondial des microprocesseur, Editions Radio, Paris.
- [11] The Memory and Microprocessor Data Book, Texas Instruments, London.
- [12] Analog ICs, Data Book, Siemens, München, 1981.
- [13] Design Examples of Semiconductor Circuits, Siemens, 1981.
- [14] Microcomputer SAB 8080 Programmierung, Siemens.
- [15] Simpozijum o VF induktivnim generatorima i elektronskim cevima, BBC - IEVT, Bled, 8-10. 03.1978. godine.
- [16] Djurić B., Čulum Ž., Fizika IV deo - Optika, Naučna Knjiga, Beograd, 1966
- [17] Optoelektronik Halbleiter, Datenbuch, Siemens, 1976.
- [18] Nauman G., Primenenie infrakrasnoi v celah kontrol za rabotai matelurgičeskikh ustanovok, VI Meždunarodna konferencia SEV I SFRJ po avtomatizaciji, Budampešt, Mart 1979.
- [19] Electronic Temperature controllers, Regal House, Buncroft, Hitchin, Hertfordshire.
- [20] Temperature Recorder, Gulton, Brighton, England.
- [21] Miličević M., Merenje temperature vara primenom mikroracunara na linijama za proizvodnju šavnih cevi, Elektrotehnika br. 2, p. p. 267-276, Beograd, 1980.
- [22] Instrument TMRS-34-MR, Non-contact Temperature Measurement, Maurer infrared spectral pyrometers, Förster Engineering Trading GmbH, Reutlingen.
- [23] Dance M., MPU-s allow high precision thermometry, Electronic Industry, May 1979, p. p. 12-17, London, 1979.
- [24] Miličević M., Stoilković I., Jovanović T., Nejković V., Opis nedostataka feritnog koncentrata kod visokofrekventnog induktivnog zavarivanja, Zavarivanje i zavarene konstrukcije br.3, 2013 god., Beograd, p.p.115-120
- [25] Miličević M., Jovanović T., Nejković V., Kako smo izumeli najbolji magnetni koncentrat na svetu za visokofrekventno zavarivanje, Zavarivanje i zavarene konstrukcije br.2, 2014 god., Beograd, p.p. 71-79
- [26] Takada A., Terasaki H., Komizo Yu-ichi, Uloga uključaka kod stvaranja acikularnog ferita na deponovanom metalu šava niskougljeničnog čelika, Zavarivanje i zavarene konstrukcije br.2, 2015 god., Beograd, p.p.71-81