

UNIVERZITET U SARAJEVU  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET SARAJEVO  
ODSJEK ZA AUTOMATIKU I ELEKTRONIKU

PROJEKAT IZ PREDMETA PROJEKTOVANJE MIKROPROCESORSKIH SISTEMA

---

# Doziranje smokija

---

*Studenti:*

Rasim KALETA  
Mehmed KADRIĆ

*Mentori:*

Doc. dr Emir SOKIĆ, dipl.ing.el.  
Muhidin HUJDUR, MoEE, dipl.ing.el.

Sarajevo, juni 2017.

# Sadržaj

<b>1</b>	<b>Zadatak</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Tehnički opis problema</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Idejno rješenje</b>	<b>7</b>
3.1	PWM . . . . .	7
3.2	Analogni I/O modul . . . . .	8
<b>4</b>	<b>Popis (specifikacija) opreme</b>	<b>9</b>
4.1	PLC TM241CE24T . . . . .	9
4.2	Transmitter Scaime CPJ2 . . . . .	9
4.3	HMI S5T . . . . .	10
4.4	Analog I/O modul TM3TM3 . . . . .	10
4.5	Osigurači . . . . .	10
4.6	Redne stezaljke . . . . .	10
4.7	Ispravljač . . . . .	10
4.8	Relej . . . . .	10
4.9	Din šina . . . . .	10
4.10	Ormar . . . . .	10
4.11	Dodatna oprema . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Troškovi</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>Lista signala</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Pregled i nacrt ormara</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Principijelna šema</b>	<b>17</b>
<b>9</b>	<b>Šeme djelovanja i priključni plan</b>	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>Softversko rješenje</b>	<b>21</b>
<b>11</b>	<b>Uputstvo za rukovanje</b>	<b>25</b>

# Popis slika

2.1	Blokovski dijagram . . . . .	5
2.2	Odziv sistema . . . . .	6
3.1	Kolo prilagođenja . . . . .	7
4.1	Korištena oprema . . . . .	11
4.2	Korištena oprema: ispravljač, relej i šina . . . . .	12
7.1	Unutrašnji izgled ormara uz dimenzije . . . . .	15
7.2	Vanjski izgled ormara uz vanjske dimenzije . . . . .	16
8.1	Principijelna šema . . . . .	17
9.1	Distribucija napajanja . . . . .	18
9.2	Analogni ulaz . . . . .	19
9.3	Analogni izlaz . . . . .	19
9.4	Dispozicija HMI-a i PLC-a . . . . .	20
10.1	Forme . . . . .	24

# Popis tabela

4.1	Popis opreme . . . . .	9
5.1	Troškovnik . . . . .	13
6.1	Lista signala . . . . .	14

# **Poglavlje 1**

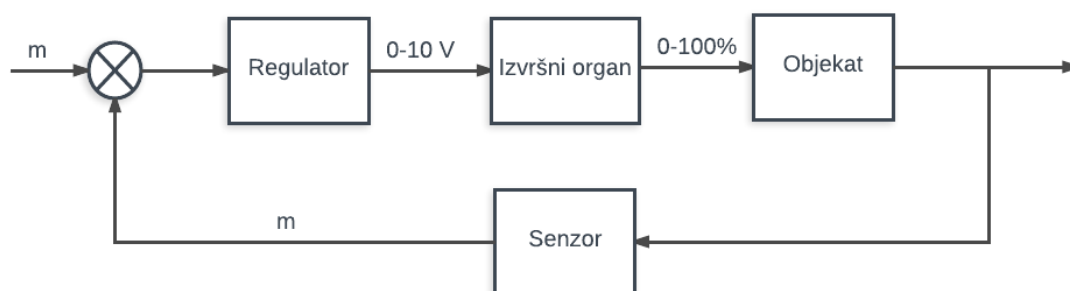
## **Zadatak**

Za doziranje smokija pri pakovanju koristi se transponder za vaganje tipa Scaime CPJ2 i driver za vibrator koji upravlja amplitudom vibracija (0-100%) na osnovu analognog signala (0-10V). Potrebno je realizovati sistem regulacije amplitudom vibracija za doziranje u ovisnosti o zadanoj težini.

## Poglavlje 2

# Tehnički opis problema

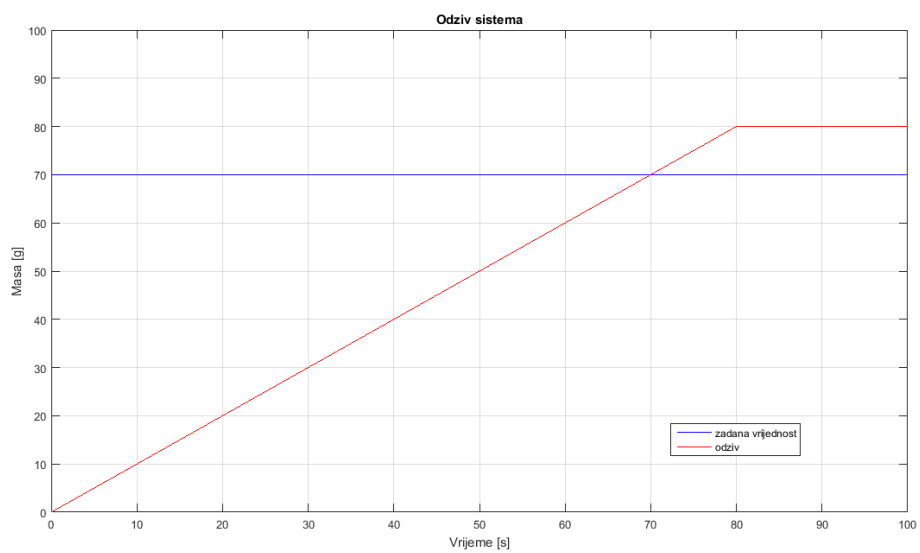
Problem koji je naveden je realan problem koji se često javlja u prehrambenoj industriji. Hardversko rješenje ovog problema nije zahtjevno. Naime, na slici 2.1 vidimo da na osnovu zadate mase (unos se preko HMI-a) definiše upravljački signal prema vibratoru koji vrši doziranje smokija. Transmitter za vaganje nam daje informaciju o trenutnoj vrijednosti mase u vrećici, te na osnovu toga se zatvara kontura i uspostavlja ponovno signal greške i upravljački signal. Izvršni organ je dakle vibrator, odnosno mi koristimo driver za njega čime upravljamo amplitudom vibracije od 0% do 100% na osnovu analognog signala od 0 V do 10 V.



Slika 2.1: Blokovski dijagram

Jasno je da ne smije biti prvog preskoka u odzivu sistema. Intuitivno je da uključimo vibrator, doziramo smoki i u trenutku kada se detektuje zadana vrijednost isključimo vibrator. U ovakvom realnom sistemu najveći problem predstavlja dinamika smokija i transportnog sistema. Neposredno nakon isključenja vibratora smoki se ponaša haotično i praktično je nemoguće izbjeći (koristeći ovaj pristup) postojanje prvog preskoka (nekoliko grama smokija će sigurno ispasti sa vibratora). Odziv sistema za ovaj slučaj prikazan je na slici 2.2.

Navedeni problem možemo ekvivalentirati sa modelom u kojem imamo čašu gdje upravljamo nivoom tečnosti. Tu imamo i ventil i transportno kašnjenje u vidu cijevi. U ovakvom sistemu nailazimo na isti problem.



Slika 2.2: Odziv sistema

## Poglavlje 3

# Idejno rješenje

Postoje (sa strane upravljanja) dva rješenja problema doziranja smokija.

Prvo rješenje jeste da ručno štimamo da ne dođe do preskoka u odzivu. Potrebno je "podijeliti" odziv na nekoliko dijelova, pa na primjer kada dođe do polovine zadane vrijednosti mase smanjimo upravljački napon na vibratoru, pa kad dođe do 75% zadane vrijednosti još smanjiti, itd.

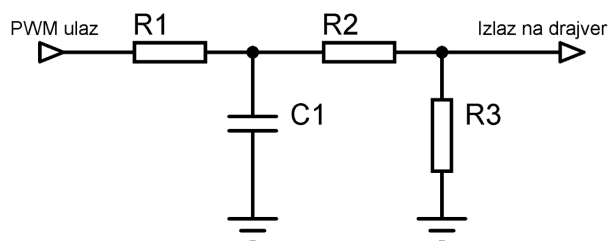
Drugo rješenje je znatno preciznije i bolje. Izvršit ćemo PID regulaciju gdje je regulisana veličina masa. Podešavanje parametara PID-a će biti dostupno na HMI-u (Human-machine Interface).

Odabrano je drugo rješenje. Potreban je najprije odgovarajući uređaj za detekciju mase sirovine. Nakon toga, potreban je kontroler koji će na osnovu greške formirati upravljački signal. Eventualno, potrebno će biti pojačalo upravljačkog signala ka drajveru za vibrator. To ovisi od toga koji ćemo uređaj prije njega koristiti. Detaljnije o pojedinim elementima opisano je u sekciji *Popis (specifikacija) opreme*. Upravljački signal je zapravo analogni signal. Kako naš PLC nema konkretno analogni izlaz, imamo dva načina za generisanje analognog signala. Prvi način jeste korištenje širinsko-impulsne modulacije (PWM), a drugi dodavanjem analognog I/O modula.

U cilju zaštite postavljeni su dvopolni osigurači na odgovarajuća mjesta te postoji hitni stop koji se nalazi na ormaru. Hitni stop je prekidač koji direktno uključuje relej koji prekida napajanje PLC-a.

### 3.1 PWM

Analognu vrijednost ćemo ostvariti na način što ćemo iskoristiti PWM izlaz PLC-a. Taj signal se dalje vodi kroz RC kolo da bi se na izlazu dobila srednja vrijednost ulaznog signala u RC kolo. Pošto je vrijednost logičke jedinice na PLC-u 24V, potrebno je skalirati tu vrijednost sa (0 – 24)V na (0 – 10)V. To se radi tako što se izlaz RC kola spoji na naponski djelitelj, a signal dalje ide na driver za vibrator. Električna šema prikazana na slici 3.1 predstavlja šemu prilagođenja između PWM izlaza PLC-a i drajvera za vibrator. PLC, RC kolo i naponski djelitelj se smatraju regulatorom (blokovski gledano).



Slika 3.1: Kolo prilagođenja

Pознаvajući prenosnu funkciju niskopropusnog filtera može se naći tzv. lomna frekvencija, a time i odrediti vrijednosti otpornika  $R_1$  i kondenzatora  $C_1$ .

$$G(s) = \frac{1}{R_1 C_1 s + 1}$$



$$f = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

PWM frekvencija našeg PLC-a je do  $20kHz$ . Ako se uzme frekvencija  $f = 15kHz$  i vrijednost kondenzatora  $C_1 = 100nF$  dobije se otpornik  $R$ :

$$R_1 = \frac{1}{2\pi 15kHz 100nF} \cong 100\Omega$$

Već je rečeno da se preko naponskog djelitelja skalira vrijednost napona sa  $(0 - 24)V$  na  $(0 - 10)V$ . Kako vrijedi:

$$U_o = \frac{R_3}{R_2 + R_3} U$$

Gdje je  $U_o$  izlazni napon prema drajveru, a  $U$  napon na izlazu RC kola. Vrijedi:

$$\frac{10}{24} = \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_2 = 1,4R_3$$

Usvaja se vrijednosti  $R_3 = 10k\Omega$  i  $R_2 = 14k\Omega$ . Sada su svi elementi proračunati. Međutim, u industriji se ovakvo rješenje rijetko susreće. Koristi se drugo navedeno rješenje objašnjeno u nastavku.

## 3.2 Analogni I/O modul

Najjednostavnije rješenje za problem analognog izlaza jeste samo dodavanje ovakvog modula na PLC. Koristit će se modul proizvođača Schneider Electric *TM3TM3* (slika 4.1(d)). Posjeduje dva analogna ulaza i jedan naponski/strujni izlaz ( $0 - 10V$ ,  $4 - 20mA$ ), 12-bitni. Analogni ulazi su 16-bitni (15 bita + 1 znak).

Što se tiče ugradnje sistema u industrijski proces, neophodno je da proces dostavi sirovinu do vibratora, te je potrebno pravilno spojiti transponder za vaganje kako ne bi došlo do pogrešnog očitavanja.

## Poglavlje 4

# Popis (specifikacija) opreme

Popis opreme dat je u tabeli 1.

Tabela 4.1: Popis opreme

R. br.	Naziv opreme	Količina	Jed. cijena (KM)	Iznos (KM)	Oznaka
1	PLC M241	1	670	670	TM241CE24T
2	HMI S5T	1	545	545	
3	Transmitter Scaime	1	950	950	CPJ2
4	Driver za vibrator	1	/	/	
5	Vibrator	1	/	/	
6	Analogni I/O modul	1	575	575	TM3TM3
7	Osigurači	2	170	340	A9N18344
8	Redna stezaljka	5	3,5	17,5	NSYTRV22
9	Ispravljač	1	500	500	ABL8REM24050
10	Relej	1	50	50	CA3KN40BD
11	DIN šina	2	3	6	
12	Ormar	1	500	500	
13	Dodatna oprema	1	246,5	246,5	

### 4.1 PLC TM241CE24T

Napon napajanja je 24 V DC (ili 230 V AC). PLC (prikazan na slici 4.1(a)) posjeduje:

- 14 digitalnih ulaza
- 10 digitalnih izlaza
- 2 serijska porta
- 1 ethernet port
- 1 USB mini-B port za programiranje

### 4.2 Transmitter Scaime CPJ2

Osnovne karakteristike ovog transmitera (prikazan na slici 4.1(b)) su:

- Ne njega je moguće povezati do četiri mjerne trake ( $350\Omega$ )

- izlazni napon je  $\pm 10V_{dc}$  ili  $0 - 10V_{dc}$
- struja  $4 - 20mA$

### 4.3 HMI S5T

HMI S5T predstavlja interfejs između korisnika i PLC-a. Prikazan je na slici 4.1(c).

### 4.4 Analog I/O modul TM3TM3

Analogni ulazno/izlazni modul (slika 4.1(d)) za PLC tipa *M241* sa dva analogna ulaza i jednim analognim izlazom. Karakteristike su:

- napon napajanja kao kod PLC-a; 24 V DC
- rezolucija ulaznog signala: 15 bita + 1 znak, 16 bita
- rezolucija izlaznog signala: 12 bita
- ulaz i izlaz podržavaju standardne nivoe napona i struje:  $0 - 10V$  i  $4 - 20mA$

### 4.5 Osigurači

Korišteni su dvopolni osigurači proizvođača Schneider Electric tipa *C120N A9N18344* (slika 4.1(e)). Ugrađuju se na mrežu  $220V/50Hz$ .

### 4.6 Redne stezaljke

Korištene su redne stezaljke proizvođača Schneider Electric tipa *NSYTRV22*. Stezaljka je prikazana na slici 4.1(f).

### 4.7 Ispravljač

Ispravljač koji je korišten da bi snizio mrežni na radni napon prikazan je na slici 4.2(a). Ovaj ispravljač je tipa *ABL8REM24050* proizvođača Schneider Electric.

### 4.8 Releji

Releji koji radi na  $24V$  prikazan je na slici 4.2(b). Proizvođač je Schneider Electric.

### 4.9 Din šina

Korištene DIN šine prikazane su na slici 4.2(c).

### 4.10 Ormar

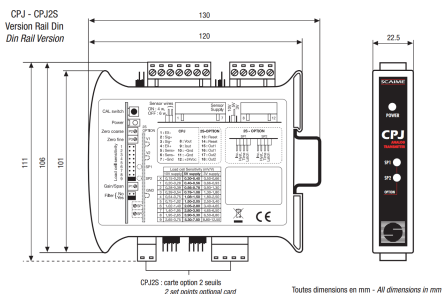
Pregled i nacrt korištenog ormara prikazan je na slikama 7.1 i 7.2. Dimenzije ormara su:  $120 \times 30 \times 100$  cm (dužina  $\times$  širina  $\times$  visina).

### 4.11 Dodatna oprema

U dodatnu opremu spadaju kablovi za spajanje, komunikaciju i prekidač za hitan stop.



(a) PLC TM241CE24T



(b) Scaime CPJ



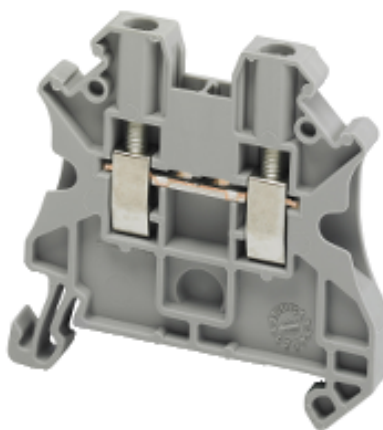
(c) HMISST



(d) Analogni I/O modul za PLC



(e) Dvopolni osigurač



(f) Redna stezaljka

Slika 4.1: Korištena oprema



(a) Ispravljač 220V AC/24V DC



(b) Relej



(c) Din šina

Slika 4.2: Korištena oprema: ispravljač, relej i šina

## Poglavlje 5

### Troškovi

Tabela 5.1: Troškovnik

R. br.	Naziv	Cijena	Napomena
1	Oprema	4400,0 KM	
2	Projektovanje i razvoj sistema	3000 KM	
3	Ugradnja	100 KM	
<b>Ukupno</b>	-	<b>7500,00 KM</b>	

## Poglavlje 6

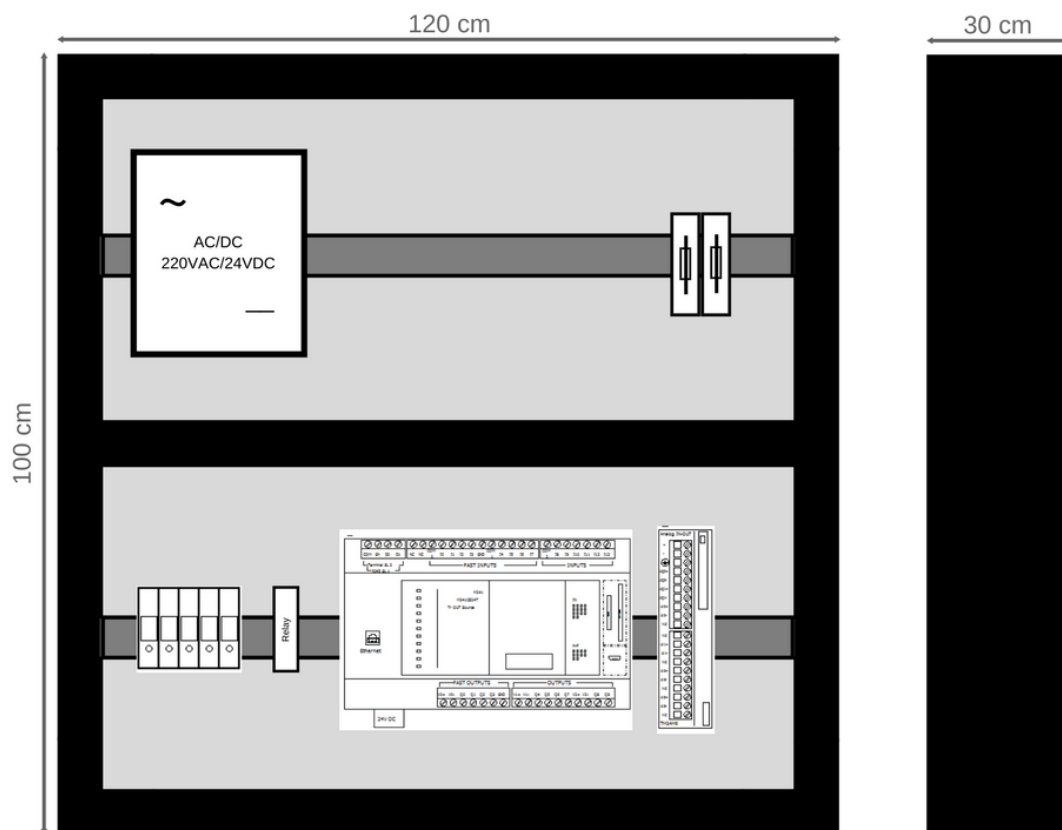
### Lista signala

Tabela 6.1: Lista signala

R. br.	Oznaka	Tip	Kanal	Napomena
1	AI0	Analogni ulaz (0 – 10)V	AI0	Signal sa transmitera
2	AO0	Analogni izlaz (0 – 10)V	AO0	Upravljački signal na drajver

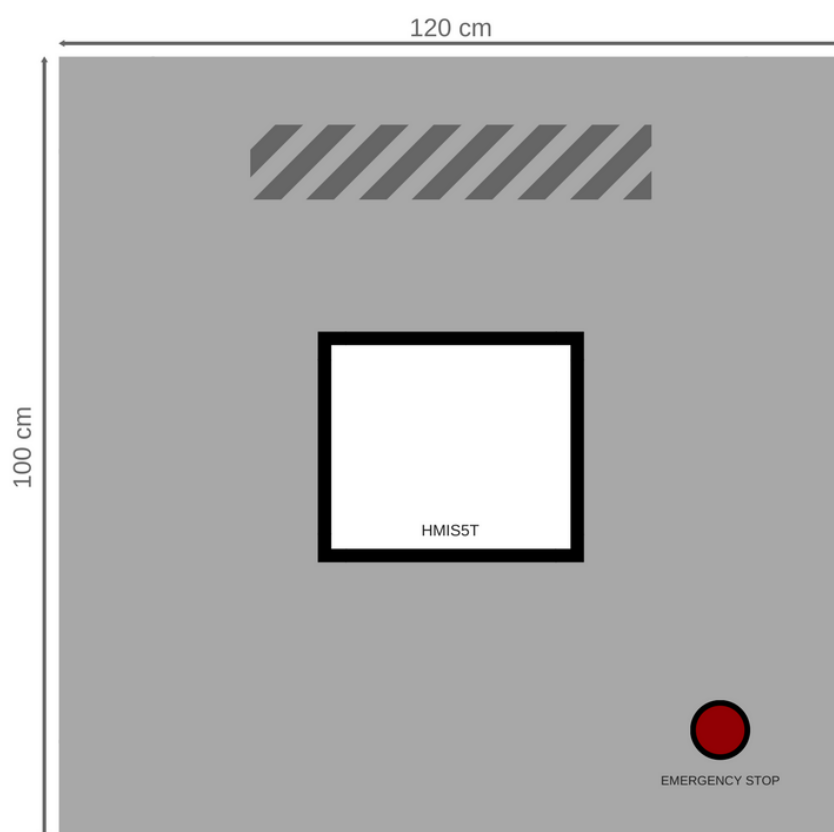
## Poglavlje 7

### Pregled i nacrt ormara



Slika 7.1: Unutrašnji izgled ormara uz dimenzije

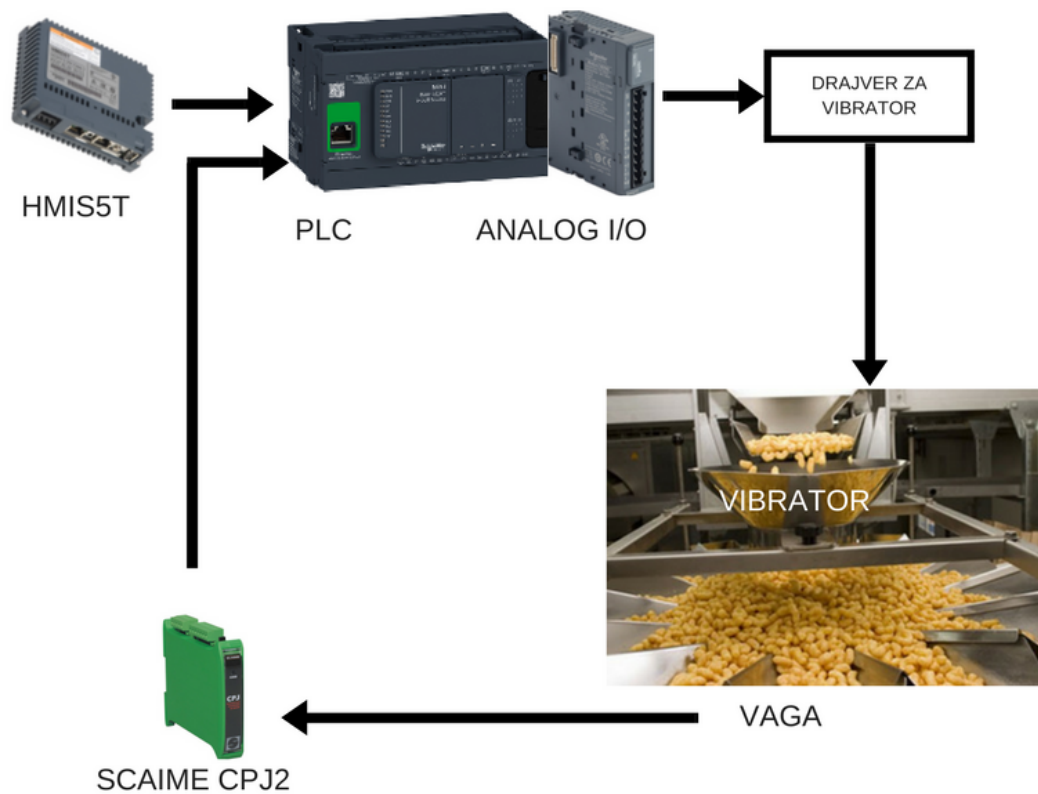




Slika 7.2: Vanjski izgled ormara uz vanjske dimenzije

## Poglavlje 8

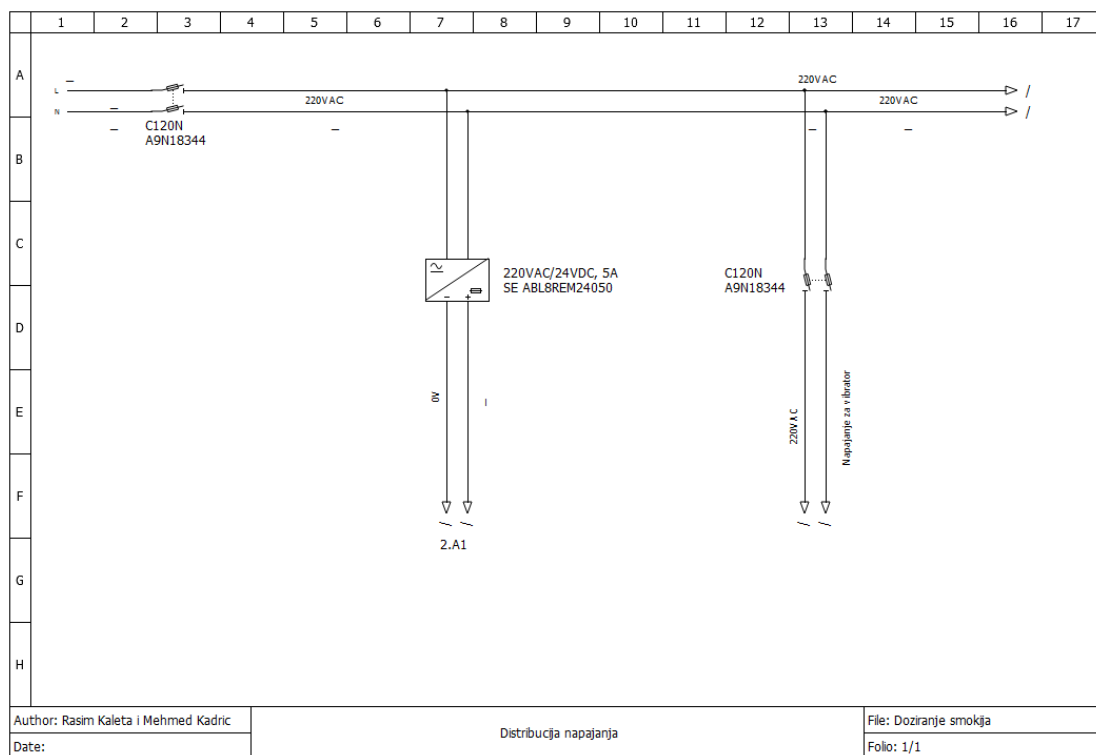
### Principijelna šema



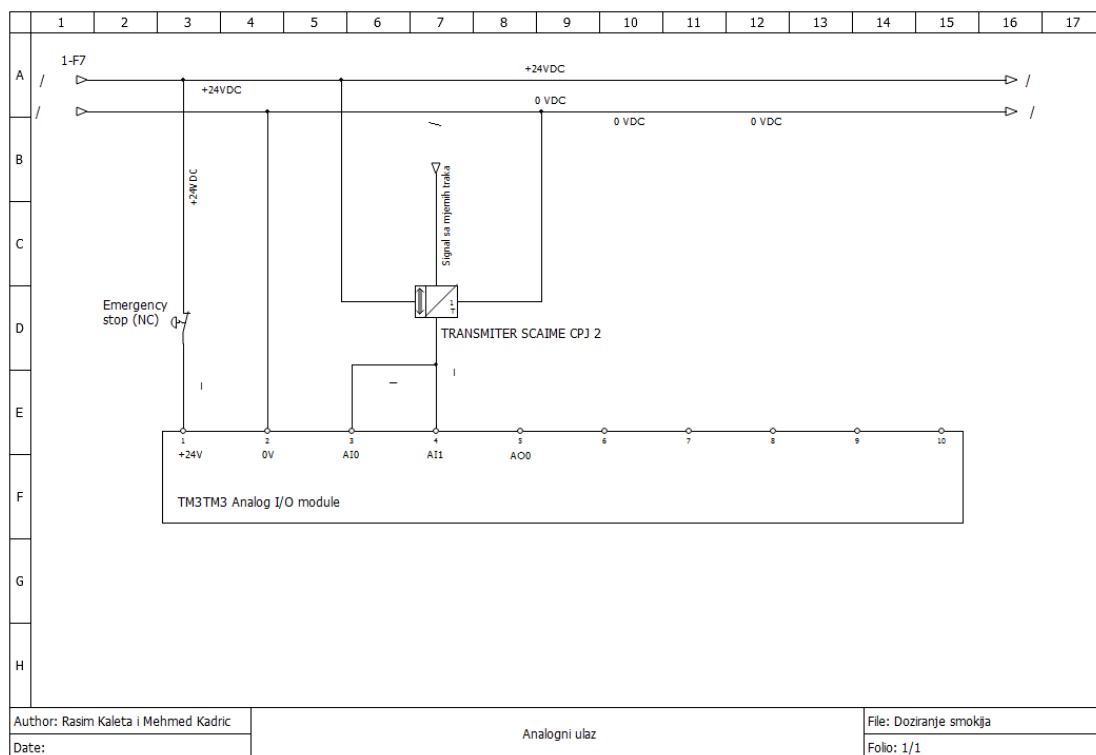
Slika 8.1: Principijelna šema

## Poglavlje 9

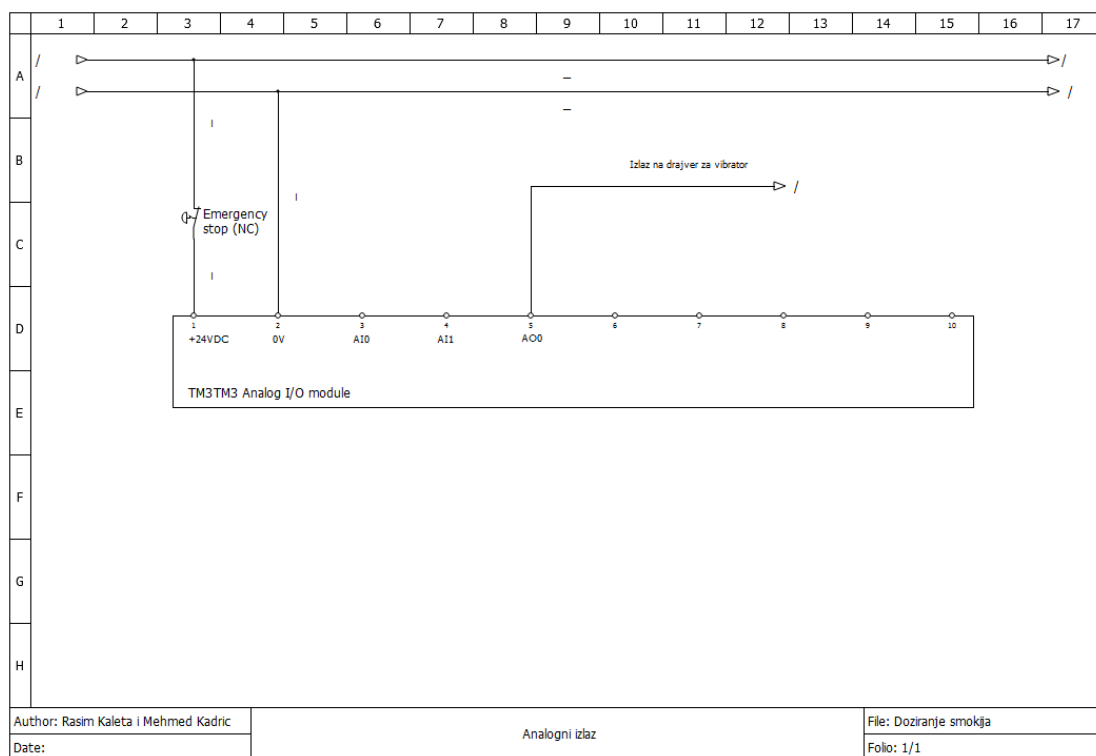
# Šeme djelovanja i priključni plan



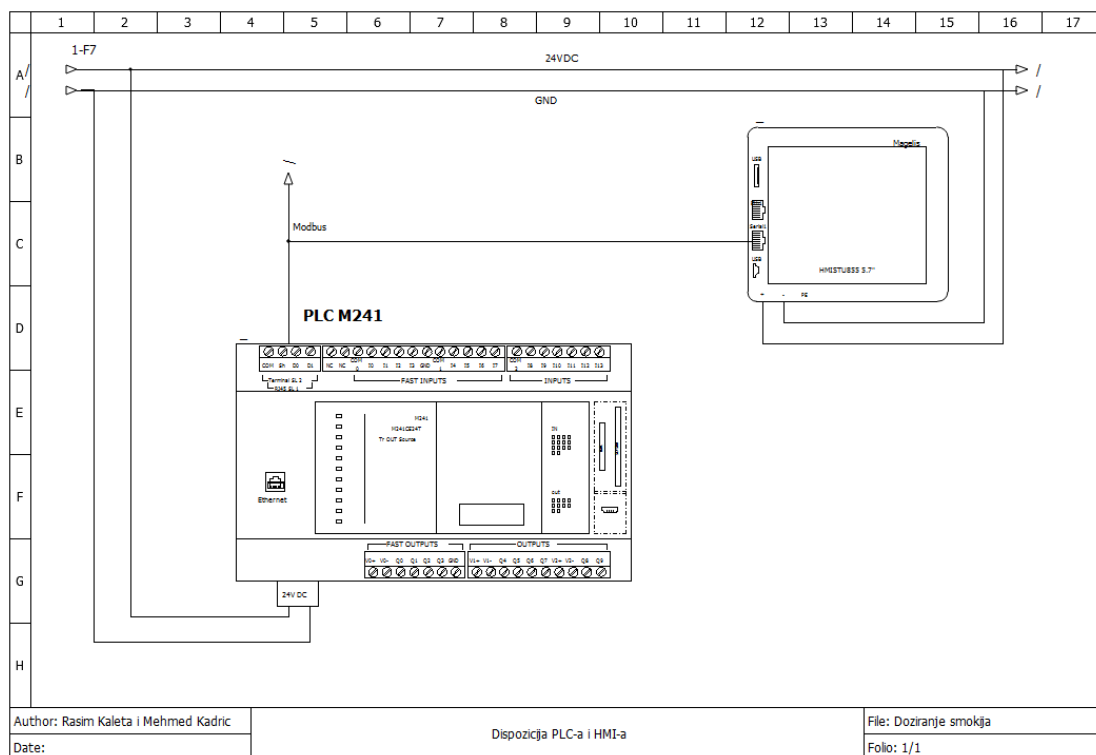
Slika 9.1: Distribucija napajanja



Slika 9.2: Analogni ulaz



Slika 9.3: Analogni izlaz



Slika 9.4: Dispozicija HMI-a i PLC-a

## Poglavlje 10

# Softversko rješenje

Kod (*Structured Text*) korišten u aplikaciji prikazan je u nastavku.

```
//POU_2

//implementacija start i stop dugmeta;
//napravljeno tako da nije potrebno
//pritiskati start i stop dvaput
rtrig0.CLK := start1a; rtrig0();
rtrig1.CLK := stop1; rtrig1();
rs0.SET := rtrig0.Q; rs0.RESET1 := rtrig1.Q;

IF( start1a = TRUE AND stop1 = FALSE) THEN
    rs0();
    start1a := FALSE;
    pause1 := FALSE;
    greska := FALSE;
    POU.tajmerGreske(IN:=FALSE, PT:=TIME#0S);
    stanjeIzvršavanja:=1;
ELSIF stop1 = TRUE THEN
    rs0();
    stop1 := FALSE;
    pause1 := FALSE;
    stanjeIzvršavanja:=2;
END_IF
startPritisnut := rs0.Q1;

//POU

//pidich – naziv funkcionalnog bloka pid regulatora
//aIz1 – analogni izlaz 1
//aU11 – analogni ulaz 1
CASE stanjeIzvršavanja OF

    1:
        //ako je dugme pause na HMI–ju uključeno odmah prebacujemo
        //na stanje 3 – pauzu
        IF pause1 = TRUE THEN
            stanjeIzvršavanja:=3;
        END_IF
        //ako je apsolutna vrijednost razlike zadane i ulazne tezine
```

```

//manja od 5%, smatramo da je time napunjena kesica , te
//gasimo driver (koji ce vjerovatno jos malo
//smokija propustiti)
//stop2a je varijabla kojom testiramo da li se napunila
//kesica
IF (ABS( INT_TO_REAL(zadanaTezina)*10000.0/maxTezina - aU11)
< 5000.0/INT_TO_REAL(maxTezina)) OR (INT_TO_REAL(aU11)/10000
>= (INT_TO_REAL(zadanaTezina))/maxTezina THEN
    stop2a :=TRUE;
    stanjeIzvršavanja:=2;
ELSE stop2a:=FALSE;
END_IF

(*SIGNALIZACIJA GRESKE – kako nije bilo puno izvora greske ,
jer ne znamo ni kakav je vibrator , a ni precizno
kakav je driver , nemamo puno signala greske , te smo
odlucili da napravimo nas svoj izvor greske:
ako je ulazna vrijednost – tj. tezina ista 15s
(vrijeme postavljeno zbog rucnog postavljanja
vrijednosti u simulaciji),
poprilicno je sigurno da je nastupio
neki problem ili sa senzorima , ili sa
driverom – te gasimo driver –
prelazak u stanje 2 – i palimo lampicu na HMI*)
IF aU11 <> prosliUlaz THEN
    tajmerGreske (IN:=FALSE, PT:=TIME#0S);
END_IF
    tajmerGreske (IN:= TRUE, PT:=TIME#15S);
IF tajmerGreske.Q= FALSE THEN
    greska:= TRUE;
    automatskoIzvršavanje:=FALSE;
    stanjeIzvršavanja:=2;
END_IF

//postavljane vrijednosti na blok PID-a,
//skalirali smo na vrijednosti od 0 do 1
pidich.RESET:= FALSE;
pidich.MANUAL:= FALSE;
pidich.SET_POINT := (INT_TO_REAL(zadanaTezina))/maxTezina;
pidich.ACTUAL := (INT_TO_REAL(aU11))/10000;
pidich.KP := Kp;
pidich.TN := Ki;
pidich.TV := Kd;
pidich.Y_MAX:=1;
pidich.Y_MIN:=0;
pidich();
//mnozimo izlaz iz PID-a sa 10000 jer je na modulu
//TM3TM3 namjesteno , da 10V odgovara 10000
aIzl:= REAL_TO_INT( pidich.Y*10000);
prosliUlaz:= aU11;

(*prRegOut:= regOut; // – prosla implementacija
prErr1 := err;*)
//ELSIF ((pause1 = FALSE AND test1 = FALSE) OR stop2a =
TRUE OR greska = TRUE) THEN
    2:

```

```

// stanje 2 – masina stoji , ako je pritisnuto dugme stop ,
// ili je masina napunila vrecicu , precu ce ovdje
// automatski , ako je greska na HMI–ju ce
// biti upaljena lampica
pidich(RESET:= TRUE);
(*err := 0; // – prosla implementacija
prErr2 := 0;
regOut := 0;
prRegOut:= 0;
prErr1 := 0;*)
alzl:= 0;
// implementacija automatskog rada:
// ako je aktivno dugme na HMI–ju , nije primjecena greska ,
// i start dugme je pritisnuto (a stop nije) ,
// masina ce se vratiti u stanje 1
IF automatskoIzvršavanje AND NOT greska AND startPritisnut
THEN
    tajmerAutomatsko(In:= TRUE, PT:= TIME#5S);
    IF tajmerAutomatsko.Q THEN
        tajmerAutomatsko(IN:= FALSE, PT:= TIME#0S);
        stanjeIzvršavanja:=1;
    END_IF
END_IF
3:
//implementacija pauziranog stanja:
//cuvamo vrijednosti na PID–u, a driver gasimo;
//kada pritisnemo RESUME na HMI, nastavlja
//dokle je doslo u stanju 1
alzl:=0;
pidich.Y_MANUAL:=pidich.Y;
pidich(MANUAL:= TRUE);
tajmerGreske(IN:=FALSE, PT:=TIME#0S);
IF pause1 = FALSE THEN
    stanjeIzvršavanja:=1;
END_IF
//END_IF
END_CASE

```

Izgled aplikacije napravljene u Vijeo dizajneru prikazan je na slici 10.1(a) i 10.1(b).



Automatski rezim rada sistema: AUTO  
OFF

Trenutna tezina: 0g

Ciljana tezina: 20g

OUT NA DRIVER: 0.000V

Stanje sistema: CEKA

START
PAUSE
STOP
Napredne  
postavke  
sistema

(a) Forma 1

Podesi Kp  
komponentu

Podesi Ki  
komponentu

Podesi Kd  
komponentu

Podesi maksimalnu  
tezinu:  
(mjernih traka)

3.96
0.97
0.00
1000

Home

(b) Forma 2

Slika 10.1: Forme

## Poglavlje 11

# Uputstvo za rukovanje

Na ekranu HMI-ja može se vidjeti dugme START, PAUSE, STOP, Napredne postavke sistema, te u gornjem desnom uglu dugme za automatski režim rada.

**VAŽNO!** Tokom prvog pokretanja sistema bitno je pritisnuti plavo dugme "Napredne postavke sistema", zatim pritisnuti na panel pored "Podesi maksimalnu težinu (mjernih traka)", te postaviti težinu za koju će Scaime CPJ 2 dati 10 V. Način spajanja pogledati u datasheet-u koji se nalazi u prilogu. U naprednim postavkama mogu se podesiti parametri PID regulatora. Za vraćanje na glavni HMI panel potrebno je pritisnuti veliko plavo dugme Home.

**GENERALNI RAD SISTEMA** - Pokretanje sistema vrši se pritiskom na zeleno START dugme. Za postavljanje mašine (sistema) u režim automatskog punjenja vrećica sa pauzama od 5s između, prvo je potrebno pritisnuti na dugme koje pokazuje AUTO OFF, sačekati da se promijeni na AUTO ON, te pritisnuti START. Ako se želi pauzirati sistem (da bi se očistile neke manje nečistoće i slično), potrebno je pritisnuti PAUSE. Poslije pritisnuti RESUME (ili START) i mašina će nastaviti raditi istim tempom kao prije. Mašina se u potpunosti zaustavlja pritiskom na crveno STOP dugme.

**INDIKACIJE I GREŠKE** - U donjem desnom uglu, iznad dugmeta "Napredne postavke sistema", nalazi se indikator koji pokazuje trenutno stanje sistema; tj. da li sistem čeka komandu da započne, da li je pauziran rad, ili mašina puni vrećice. Ako transmitter SCAIME CPJ 2 zadrži isti napon 15 sekundi (ili zbog greške senzora, ili zbog toga što je driver prestao da radi i stvarno je ostala ista masa), ulazi se u stanje greške, u kojem će crveni indikator ERROR da blinka. Iz stanja greške se izlazi tako što se otkloni nastala greška (na senzoru ili driver-u), te pritisne START.

Prekidač za hitan stop koji se nalazi na vanjskoj strani ormara funkcioniše na način da ukoliko dođe do neželjene pojave u sistemu, pritiskom na njega isključuje se napajanje PLC-a, a samim time upravljački signal postaje ravan nuli. Za reset hitnog stopa potrebno je samo vratiti prekidač u prvobitnu poziciju i ponovo pokrenuti sistem.

Nadzor nad radovima moraju obavljati stručna lica, odgovarajuće kvalifikacije, specijalizirana za ovu vrstu posla. Prije početka izvođenja radova izvođač je dužan da se detaljno upozna sa projektom.