



Univerzitet u Sarajevu
Elektrotehnički fakultet
Odsjek za automatiku i elektroniku



Predmet: Projektovanje mikroprocesorskih sistema

Sistem za upravljanje semaforom

Studenti:

Isam Vrce (18447)
Armin Žunić (18301)

Nastavni ansambl:

Vanr.prof.dr Senad Huseinbegović
dr.sc Nedim Osmić
MoEE Muhidin Hujdur

Akadska godina: 2020/2021.

Sažetak

Rad sadrži postavku i rješenje problema regulacije saobraćaja na raskrsnici između saobraćajnica Zmaja od Bosne i Hamdije Ćemerlića. Zadatak je riješen korištenjem TM241-CE24T PLC-a, te XBTGT7340 (HMIST6700) HMI-a. Programski kod napisan je u SoMachine Central programskom paketu, korištenem SFC načina programiranja PLC-a. Rad sadrži objašnjenja i ilustracije svih komponenti sistema, sheme povezivanja, raspored komponenti u električnom ormaru, te uputstva za upotrebu. Razvijen je intuitivni korisnički interfejs koji omogućava lahko podešavanje i rukovanjem konačnim proizvodom. Uz rad je također napravljen video klip koji prikazuje rad sistema.

Abstract

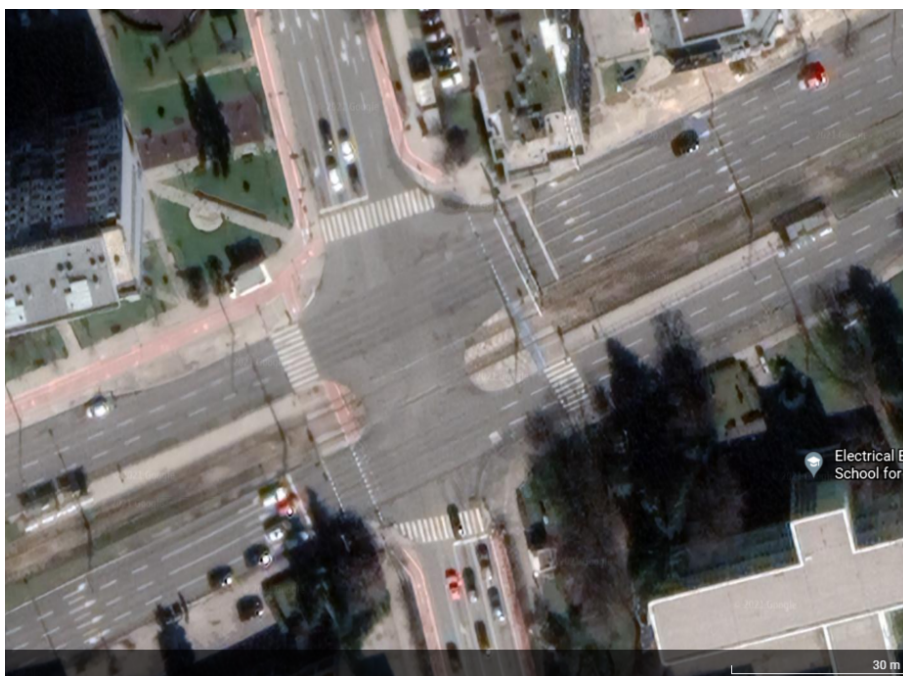
The work contains the description and solution to the problem of traffic regulation on the Zmaja od Bosne and Hamdije Ćemerlića intersection in Sarajevo. The proposed solution is based on the TM241CE24T PLC with the XBTGT7340 (HMIST6700) HMI. The solution was developed with the SoMachine Central programming package using an SFC based programming approach. The work contains descriptions and illustrations of all relevant system components, wiring diagrams, component layout in the electrical cabinet as well as instructions for use. An intuitive user interface has also been developed that allows for easy adjustment and control of the final product. Additionally, a video clip demonstrates the system in use.

Sadržaj

1	Tehnički opis	4
2	Odabir komponenti	8
3	Popis opreme	9
4	Predračun	10
5	Lista signala	11
6	Uputstvo za rukovanje	12
7	Principijelna shema	17
8	Shema djelovanja	18
9	Priključni plan	28
10	Pregledni nacrt	30
11	Softversko rješenje	32

Tehnički opis

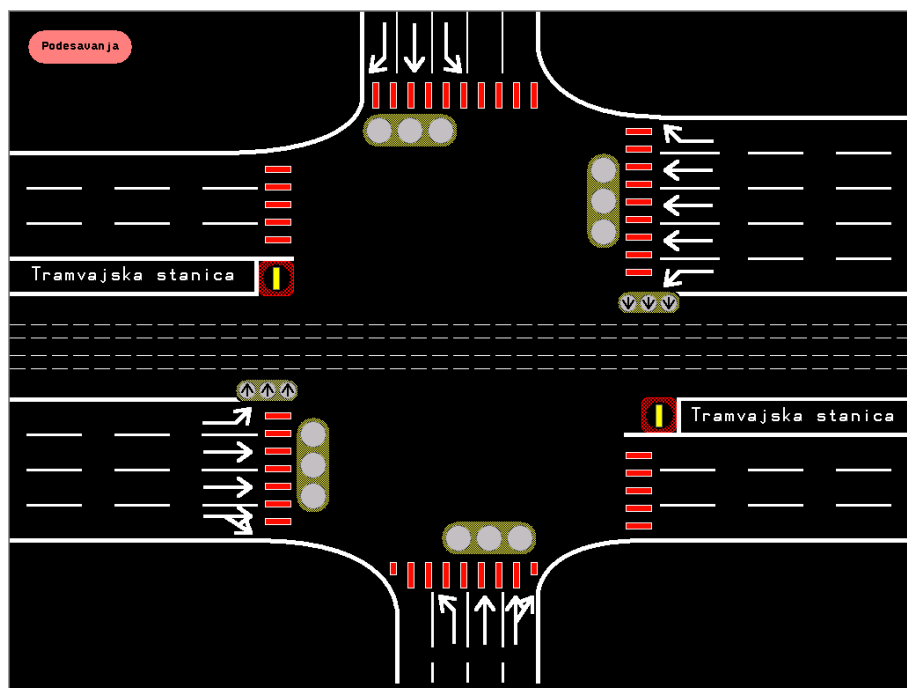
Raskrsnica između ulica Zmaja od Bosne i Hamdije Ćemerlića, spada u grupu najvećih raskrsnica u glavnom gradu Bosne i Hercegovine, te regulacija saobraćaja na ovoj raskrsnici ne predstavlja lagan zadatak. U prilog tome ide i činjenica da u raskrsnicu se priključuje 15 traka. Radi bolje vizualizacije na slici (slika 1.1) je dat izgled raskrsnice iz "ptičje perspektive".



Slika 1.1: Stvarni izgled raskrsnice

Da bi bilo jasnije koji su semafori uključeni napravljena je replika raskrsnice, koja je nacrtana u Vijeću okruženju. Prikaz raskrsnice je dat na slici (slika 1.2). Uz nekoliko napomena: isprekidane linije predstavljaju tramvajske šine i semafor za tramvaje je prikazan kao svjetleća strelica. Najveća razlika stvarnog sistema i onog prikazanog na HMI-u, jesu semafori za pješake. Razlog tome je što nismo željeli opterećivati interfejs sa većim brojem semafora za pješake, nego su ti semafori predstavljeni osvjetljenjem cijelog pješačkog prijelaza adekvatnom bojom.

Raskrsnica radi u "beskonačnoj petlji" i prvi korak u projektiranju jeste odrediti vremenski interval između uključanja crvenog svjetla na jednom mjestu u raskrsnici, pa do ponovnog uključanja istog crvenog svjetla. Ono što je bitno naglasiti da ovaj ciklus mora biti unaprijed definiran, inače će doći do nekontroliranog haosa u raskrsnici. Određivanje



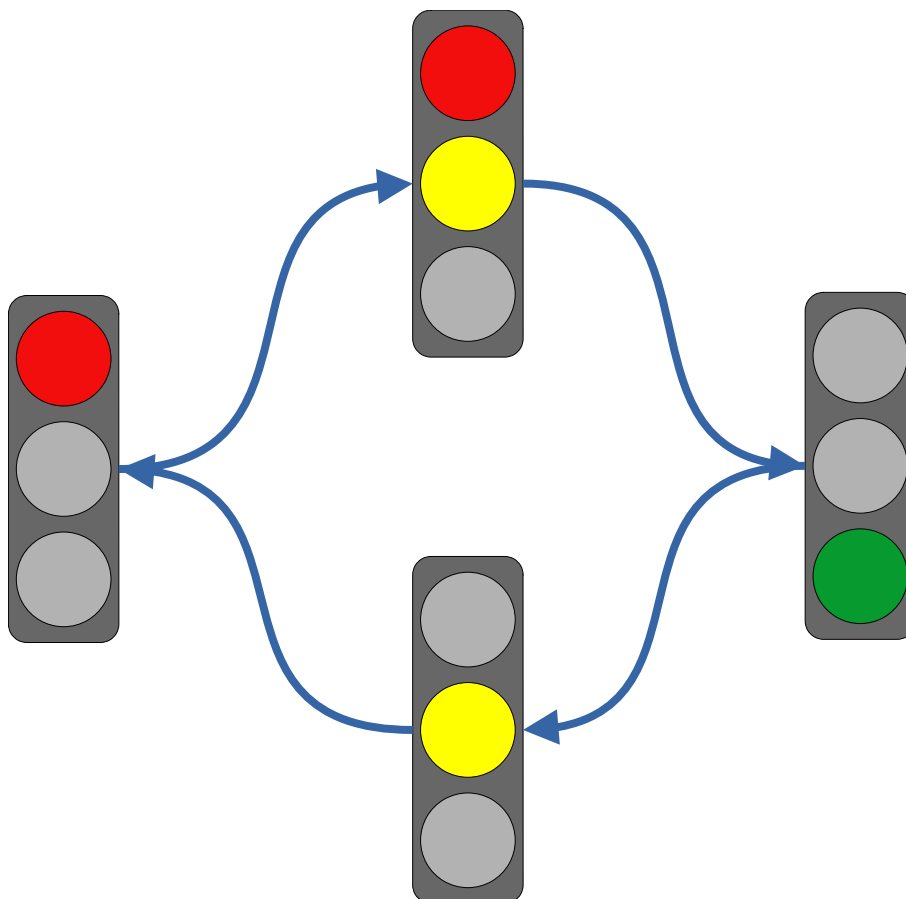
Slika 1.2: Prikaz raskrsnice na HMI-u

ovog vremena, je praktično nemoguće bez prethodnog iskustva, kojeg mi nismo imali, te smo se koristili već postojećom raskrsnicom. Opservacijom je ustanovljeno da puni ciklus traje 80 sekundi.

Prije svega će biti objašnjen rad jednog semafora. Preciznije rečeno, kako izgleda jedan ciklus uključenja i isključenja semafora. Ovaj ciklus je takav kakav jeste i autori rada nisu imali uticaj na to (osim trajanja crvenog i zelenog svjetla). Ciklus kreće od crvenog svjetla i tada je uključeno samo crveno svjetlo određeni broj sekundi (imamo uticaj na to vrijeme). Zatim se uključuje žuto svjetlo, zajedno sa crvenim semafor ostaje u tom stanju 2 sekunde. Nakon toga se uključuje zeleno svjetlo i traje određeni broj sekundi (imamo uticaj na to vrijeme). Četiri sekunde prije nego što će se isključiti, zeleno svjetlo počinje treptati (u svrhu upozorenja vozačima da prolaz uskoro neće biti dozvoljen). Nakon toga se uključuje samo žuto svjetlo 3 sekunde, te konačno, uključuje se crveno svjetlo i postupak se ponavlja. Vizualizacija svega prije navedenog data je na slici ispod (slika 1.3)

Minimalno trajanje jednog ciklusa je oko 10 sekundi. Inspekcijom raskrsnice je uočeno nekoliko nepravilnosti u radu semafora. Neki semafori su radili duže nego što je potrebno, neki manje. Jedan semafor za pješake je imao crveno svjetlo uključeno 5 sekundi duže nego što je potrebno. Zbog toga će u nastavku biti izložen način određivanja vremena uključenja semafora, ali tako da su ispravljene sve nepravilnosti koje se trenutno nalaze na raskrsnici.

Kriterij na osnovu kojeg se određuje vrijeme trajanja crvenog i zelenog svjetla je broj automobila koji prođu kroz raskrsnicu iz nekog smjera za vremenski period od 30 sekundi. Pa je tako opservacijom procijenjeno da za 30 sekundi kroz jednu glavnu (longitudinalnu) traku prođe između 15 i 20 automobila, a broj automobila koji prolaze sporednim (transverzalnim) trakama ovisi od mnogo faktora i dosta fluktuiraju. Nekad se desi da prođu



Slika 1.3: Vizualizacija rada jednog semafora

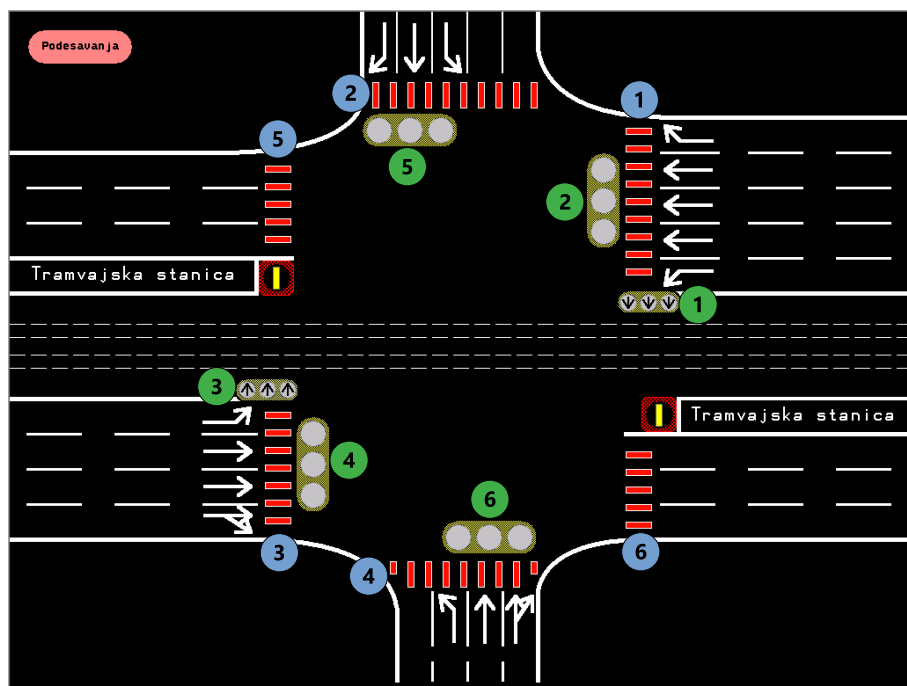
dva-tri automobila, nekada deset, a bilo je slučajeva i da je raskrsnica prazna u potpunosti. U zaključku, broj automobila koji prolaze sporednim trakama nije ni približno konzistentan kao onaj koji prođe glavnim. Kao pretpostavka je uzeto da isti broj automobila prođe sporednim ulicama u oba smjera (zbog jednostavnosti), ali ova pretpostavka ne vrijedi za glavnu traku. Razlog je što priključna traka u raskrsnicu koja se nalazi "desno" ima pet traka, a priključna traka "lijevo" ima 4 trake, pa da bismo održali isti protok automobila u oba smjera "lijevi" semafor bi trebao imati duže uključeno zeleno svjetlo.

Što se tiče ostatka raskrsnice, automobili koji skreću desno sa glavne trake mogu bez ometanja krenuti u isto vrijeme kao i automobili koji zadržavanju pravac svog kretanja, jer ne ometaju druge učesnike u saobraćaju. "Problem" predstavlja bilo kakvo skretanje lijevo sa glavne saobraćajnice. Skretanje lijevo za posljedicu ima da sve tri/četiri suprotne glavne trake moraju imati crveno svjetlo uključeno na semaforu. Istovremeno, ni sporedne trake ne smiju imati zeleno, jer bi u tom slučaju nastao kaos u sredini raskrsnice. U zaključku skretanje lijevo predstavlja "usko grlo" svake raskrsnice, pa tako i ove.

Sporedne trake se uključuju istovremeno u svim smjerovima, a regulacija saobraćaja se obavlja "pravilom desne strane". Razlog što se ove trake "puštaju" istovremeno je prije pomenuti relativno mali broj automobila koji cirkuliše ovim trakama.

Tramvaji, kao šinska vozila, imaju najveću prednost u slučaju kada nema semafora, pa se oni smiju "pustiti" samo kada je uključeno zeleno svjetlo na obje glavne saobraćajnice.

Što se tiče semafora za pješake: pješaci mogu prelaziti kada je u traci koju prelaze crveno



Slika 1.4: Numeracija semafora na raskrsnici

svjetlo za vozila, ali ne cijeli period tog crvenog svjetla. Razlog tome je što je automobilima koji skreću desno istovremeno uključeno zeleno svjetlo. Obzirom na činjenicu da pješaci imaju prednost (nalaze se na pješačkom prijelazu), moglo bi se desiti da zbog velike gužve pješaci blokiraju prolazak automobila. Zbog toga se zeleno svjetlo pješacima isključuje izvjesni broj sekundi ranije, da bi automobili koji skreću desno mogli proći.

Konačno, nakon završetka jednog ciklusa, u raskrsnici ostaju uključena sva crvena svjetla 3 sekunde da bi se raskrsnica "oslobodila" od automobila za sljedeći ciklus.

Da ne bismo opterećivali tekst dodatnim objašnjenjima zbog čega su vremena onakva kakva jesu, u tekstu neće biti navedena tačna vremena uključjenja. Dodatni razlog tome je što ova vremena sigurno nisu najbolje odabrana, i postoji prostora za poboljšanje, bilo dužom opservacijom raskrsnice bilo nekom vrstom adaptivnog upravljanja raskrsnicom, čija je implementacija na postojeći kod prilično jednostavna.

Korišteni HMI se koristi samo zbog vizualizacije rada raskrsnice, jer nismo u mogućnosti spojiti PLC na konkretnu raskrsnicu i posmatrati ponašanje sistema. Autorima je jasno da korištenje ovog HMI-ja predstavlja "over-kill". Takođe, HMI koji je odabran u simulaciji se više ne proizvodi, pa je odabran HMIST6700. Svakako bi za stvarni sistem bio dovoljan HMI od 5-6 [inch-a].

Odabir komponenti

Digitalni izlazi PLC-a su spojeni na 26 releja. Tih 26 releja nisu aktivni istovremeno (najveći broj releja koji je aktivan istovremeno je 18). Minimalna struja potrebna da se relej aktivira jeste 10mA [1]. Prostim množenjem se dobija struja koja je potrebna da se u jednom trenutku uključe releji. $10 \cdot 18 = 180mA$. Da bi ostavili mogućnost za eventualno nadograđivanje, te činjenice da je razlika u cijeni između napajanja koje može "opskrbiti" PLC sa strujom 0.4A i napajanja koje na svom izlazu može dati 2.5A minimalna. Tačnije 22€. U projektnom zadatku će se koristiti napajanje Schneider electric ABLM1A24025, nominalne snage 60W.

Potrebno je još proračunati struju prorade FID-ove sklopke. Pod pretpostavkom da se koriste LED sijalice u semaforima, vidi se sljedeći proračun. Neka jedno svjetlo na semaforu troši 15W kada radi. Pošto istovremeno radi maksimalno 18 sijalica, to je maksimalna snaga koju troše sijalice 270W. Ako se uz to doda i PLC koji troši maksimalno 60W, dobija se da u jednom trenutku PLC i sijalice troše maksimalno 330W, odnosno da bi se FID-ova sklopka trebala aktivirati ako struja bude veća od 1.45A. Usvojeno je da se FID-ova sklopka aktivira kada struja prekorači 2A, sa osjetljivošću od 30mA (Schneider Electric A9D55604).

Popis opreme

- PLC Schneider Electric TM241CE24T
- dodatni modul Schneider Electric TM3DQ16T
- HMI Schneider Electric HMIST6700
- napojna jedinica Schneider Electric ABLM1A24025
- rastavljač Schneider Electric LV426600
- FID sklopka Schneider Electric A9D55604
- postolje za relej Schneider Electric RSZE05P
- relej Schneider Electric RSB1A120BD
- indikator Schneider Electric XB7NA33
- redna stezaljka Schneider Electric NSYTRV22

Predračun

Br	Naziv komponente	Vrsta	Kol.	Jed. cijena (€)	Iznos
1.	Schneider Electric TM241CE24T	PLC	1	320.57€	320.57€
2.	Schneider Electric TM3DQ16T	dodatni modul	1	144.19€	144.19€
3.	Schneider Electric HMIST6700	HMI	1	1333.90€	1333.90€
4.	Schneider Electric ABLM1A24025	napajanje	1	57.83€	57.83€
5.	Schneider Electric A9D55604	FID sklopka	1	63.90€	63.90€
6.	Schneider Electric XB7NA33	indikator	3	15.16€	45.48€
7.	Schneider Electric LV426600	rastavljač	1	143.67	143.67
8.	Schneider Electric RSZE05P	podnožje za relej	26	5.19€	134.94€
9.	Schneider Electric RSB1A120BD	relej	26	4.81€	125.06€
10.	Schneider Electric NSYTRV22	redna stezaljka	137	0.5€	68.5

Ukupno:	2438 €
	4754KM

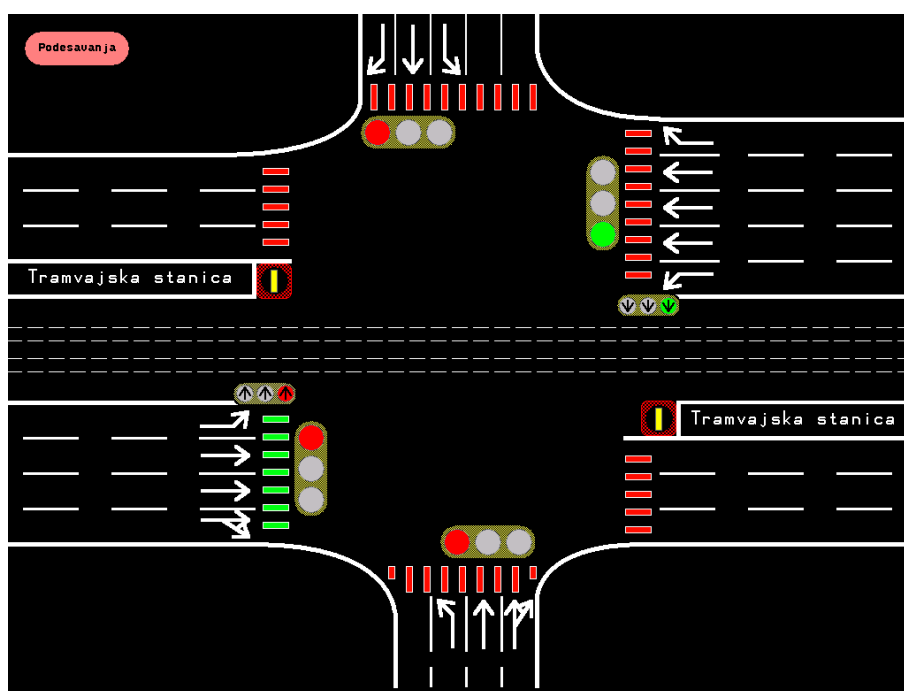
Lista signala

Na sljedećoj tabeli je prikazana lista signala koje šalje PLC sa oznakama varijabli korištenih u softverskom okruženju. Važno za napomenuti jeste da su semafori numerirani kao na slici 1.4.

LISTA SIGNALA				
Br.	Oznaka	Tip	Kanal	Napomena
1.	Glavna5_pjesaci	Dig. out.	Q0	Semafor za pješake 1 (zeleno svjetlo)
2.	Sporedna_sjever_pjesaci	Dig. out.	Q1	Semafor za pješake 2 (zeleno svjetlo)
3.	Glavna4_pjesaci	Dig. out.	Q2	Semafor za pješake 3 (zeleno svjetlo)
4.	Sporedna_jug_pjesaci	Dig. out.	Q3	Semafor za pješake 4 (zeleno svjetlo)
5.	!Glavna5_pjesaci	Dig. out.	Q4	Semafor za pješake 1 (crveno svjetlo)
6.	!Sporedna_sjever_pjesaci	Dig. out.	Q5	Semafor za pješake 2 (crveno svjetlo)
7.	!Glavna4_pjesaci	Dig. out.	Q6	Semafor za pješake 3 (crveno svjetlo)
8.	!Sporedna_jug_pjesaci	Dig. out.	Q7	Semafor za pješake 4 (crveno svjetlo)
9.	!Glavna4_pjesaci_preko, !Glavna5_pjesaci_preko	Dig. out.	Q8	Semafor za pješake 5 i 6 (crveno svjetlo)
10.	Tramvaj	Dig. out.	Q9	Semafor za tramvaje
11.	Glavna5_lijevo_R	Dig. out.	Q10	Semafor za vozila 1 (crveno svjetlo)
12.	Glavna5_lijevo_Y	Dig. out.	Q11	Semafor za vozila 1 (žuto svjetlo)
13.	Glavna5_lijevo_G	Dig. out.	Q12	Semafor za vozila 1 (zeleno svjetlo)
14.	Glavna5_R	Dig. out.	Q13	Semafor za vozila 2 (crveno svjetlo)
15.	Glavna5_Y	Dig. out.	Q14	Semafor za vozila 2 (žuto svjetlo)
16.	Glavna5_G	Dig. out.	Q15	Semafor za vozila 2 (zeleno svjetlo)
17.	Glavna4_lijevo_R	Dig. out.	Q16	Semafor za vozila 3 (crveno svjetlo)
18.	Glavna4_lijevo_Y	Dig. out.	Q17	Semafor za vozila 3 (žuto svjetlo)
19.	Glavna4_lijevo_G	Dig. out.	Q18	Semafor za vozila 3 (zeleno svjetlo)
20.	Glavna4_R	Dig. out.	Q19	Semafor za vozila 4 (crveno svjetlo)
21.	Glavna4_Y	Dig. out.	Q20	Semafor za vozila 4 (žuto svjetlo)
22.	Glavna4_G	Dig. out.	Q21	Semafor za vozila 4 (zeleno svjetlo)
23.	Sporedna_R	Dig. out.	Q22	Semafor za vozila 5 i 6 (crveno svjetlo)
24.	Sporedna_Y	Dig. out.	Q23	Semafor za vozila 5 i 6 (žuto svjetlo)
25.	Sporedna_G	Dig. out.	Q24	Semafor za vozila 5 i 6 (zeleno svjetlo)
26.	Glavna4_pjesaci_preko, Glavna5_pjesaci_preko	Dig. out.	Q25	Semafor za pješake 5 i 6 (zeleno svjetlo)

Uputstvo za rukovanje

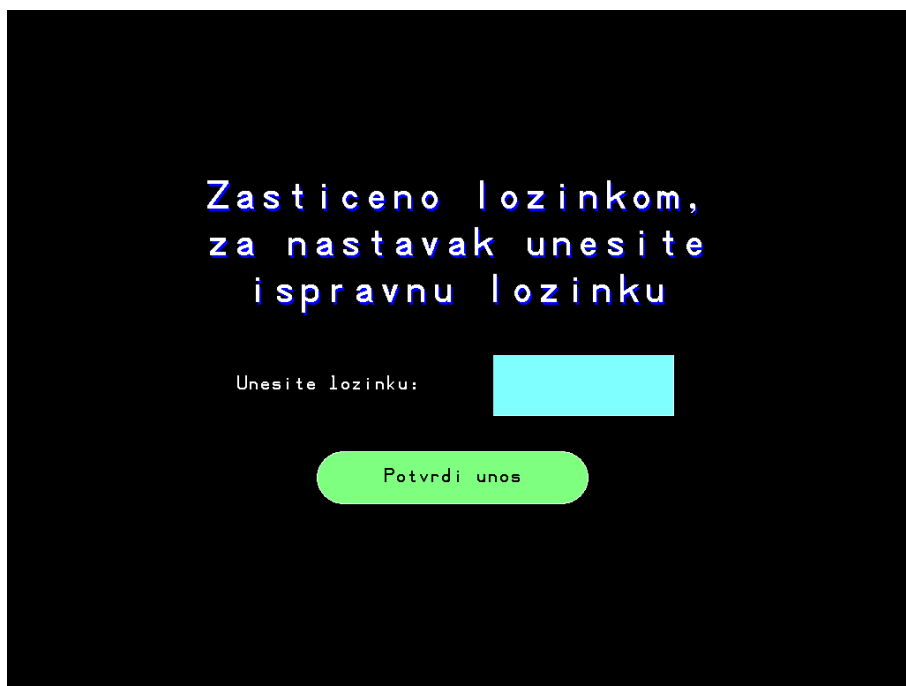
Priključenjem napajanja, na PLC i napajanja za sijalice na semaforima, sistem kreće sa radom. Rad sistema se u realnom vremenu može pratiti na HMI-u. U gornjem lijevom uglu HMI-ja se nalazi opcija "Podesavanja" (slika 6.1).



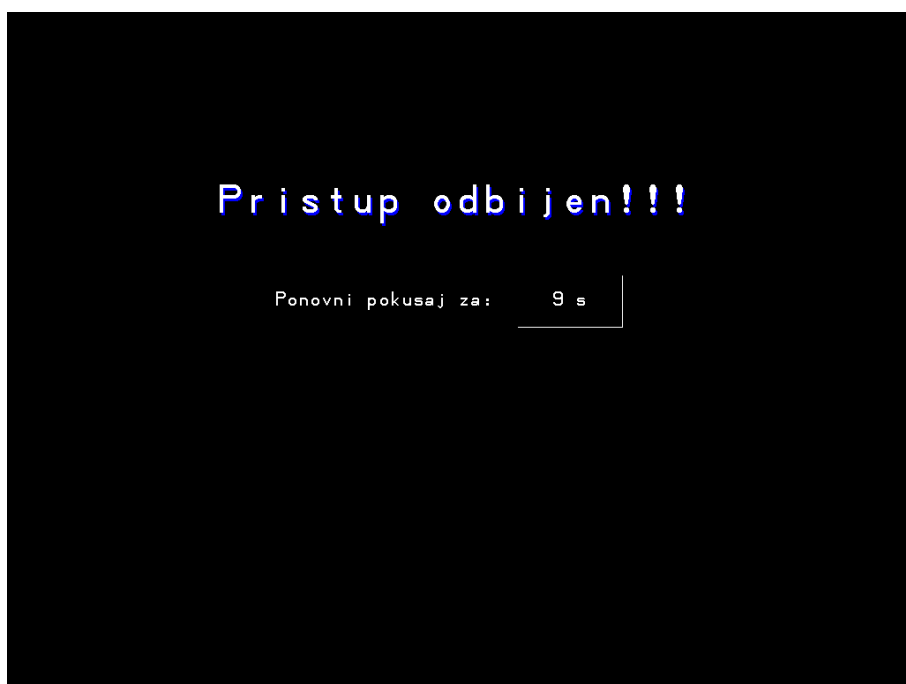
Slika 6.1: Prikaz raskrsnice na HMI-u prilikom rada

Odabirom te opcije, dolazi se do prozora prikazanog na slici (slika 6.2). Daljnje napredovanje u podešavanjima je onemogućeno bez unosa tačne lozinke, koja je inicijalno "1234".

Ukoliko se unese pogrešna lozinka, pojavljuje se prozor prikazan na slici (slika 6.3). Ovaj prozor onemogućuje bilo kakvu interakciju sa sistemom u trajanju od 10 sekundi. Ovo vremensko ograničenje je uvedeno da bi se otežala "brute-force" metoda pogađanja lozinke.



Slika 6.2: Prikaz ekrana za unos lozinke



Slika 6.3: Prikaz ekrana nakon što je unesena pogresna lozinka

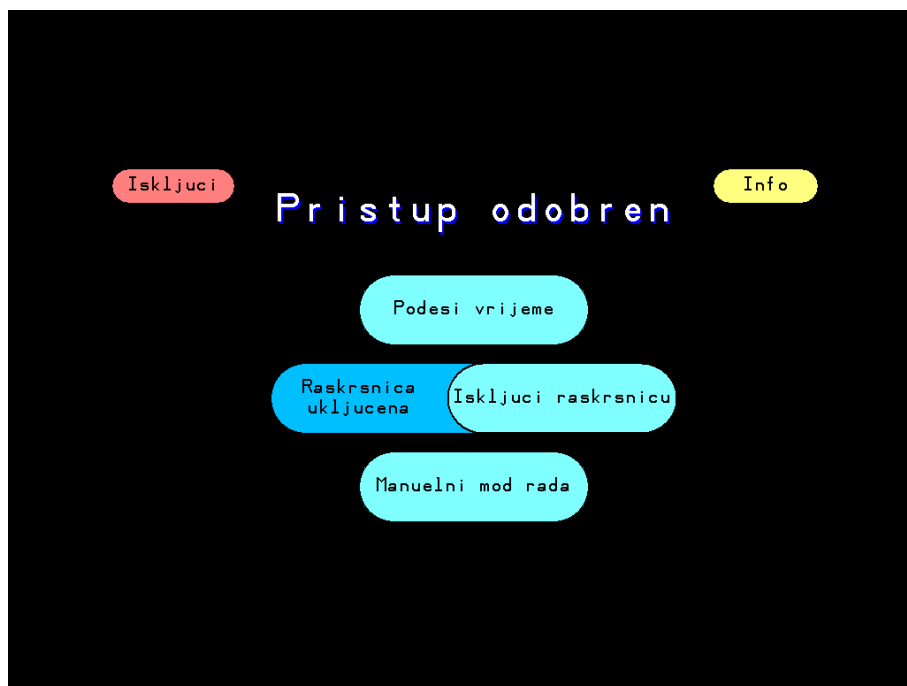
Nakon što vrijeme "istekne", prikazuje se slika (slika 6.4). Klikom na "Povratak na početni panel" vraća se na početni panel raskrsnice (slika 6.1). Ponovnim pritiskom na "podesavanja", dolazimo do istog prozora (slika 6.2), ali prijašnje stanje lozinke je poništeno.



Slika 6.4: Prikaz ekrana nakon sto je unesena pogrešna lozinka i vrijeme cekanja je isteklo

Unosom ispravne lozinke, dolazi se do prozora prikazanog na slici (slika 6.5). Na panelu su prikazane opcije koje posjeduje sistem. Pritiskom na "Info" otvara se prozor sa više stranica kroz koje se može kretati pritiskom na "sljedeća" za naprijed i "prethodna" za nazad. Na panelu, koji je otvoren, se nalaze sve informacije potrebne za pravilno rukovanje tim prozorom. Pritiskom na "iskljuci", prelazi se na početni panel, uz poništavanje lozinke, da neko ne bi prilikom sljedećeg ulaska u podešavanja mogao bez autentifikacije koristiti podešenja. Na prozoru se pored pomenutih primjećuju i tri dodatne opcije.

Odabirom opcije "Podesi vrijeme" otvara se prozor prikazan na slici (slika 6.6). Ovdje je moguće mijenjati vremena uključenja crvenog i zelenog svjetla glavne i sporedne trake. Kao i na prošlom prozoru, postoji "Info", sa specifičnostima vezanim za ovaj prozor. Najbitniji podatak je minimalno i maksimalno dozvoljeno vrijeme koje se može postaviti. Ukoliko bilo koje vrijeme nije u ispravnom opsegu, alarmira se korisnik (slika 6.7). Jedini način da se zatvori alarm jeste da se vremena vrate na početne vrijednosti. Ukoliko se iz bilo kojeg razloga korisnik želi vratiti na početne vrijednosti, to može uraditi pritiskom na "Restart". Pritiskom na "Uredu" potvrđuju se nova vremena. "Uredu" nije moguće pritisnuti ukoliko vremena nisu u ispravnom intervalu.

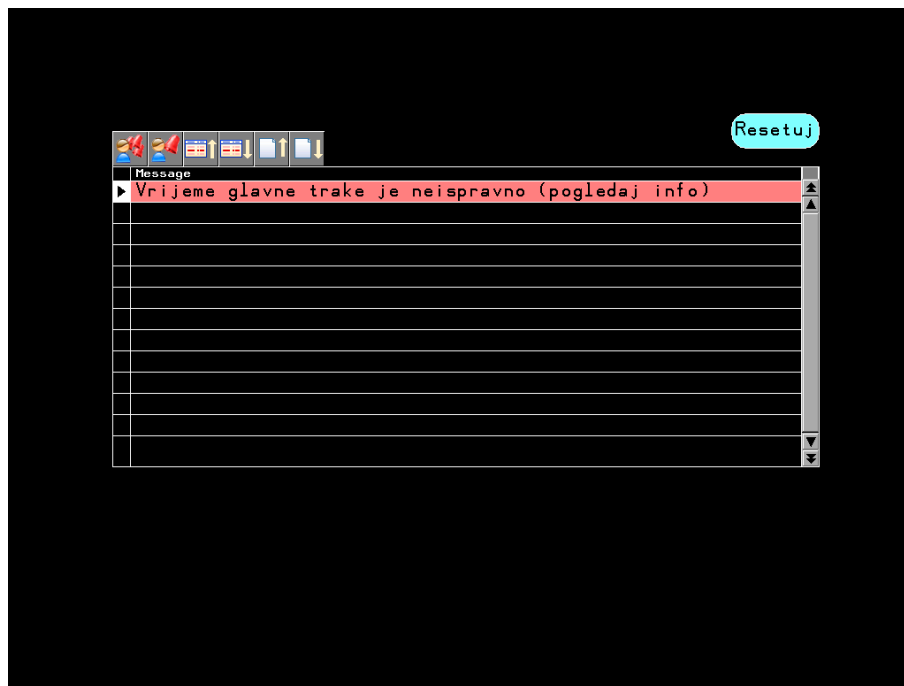


Slika 6.5: Prikaz ekrana nakon sto je unesena ispravna lozinka

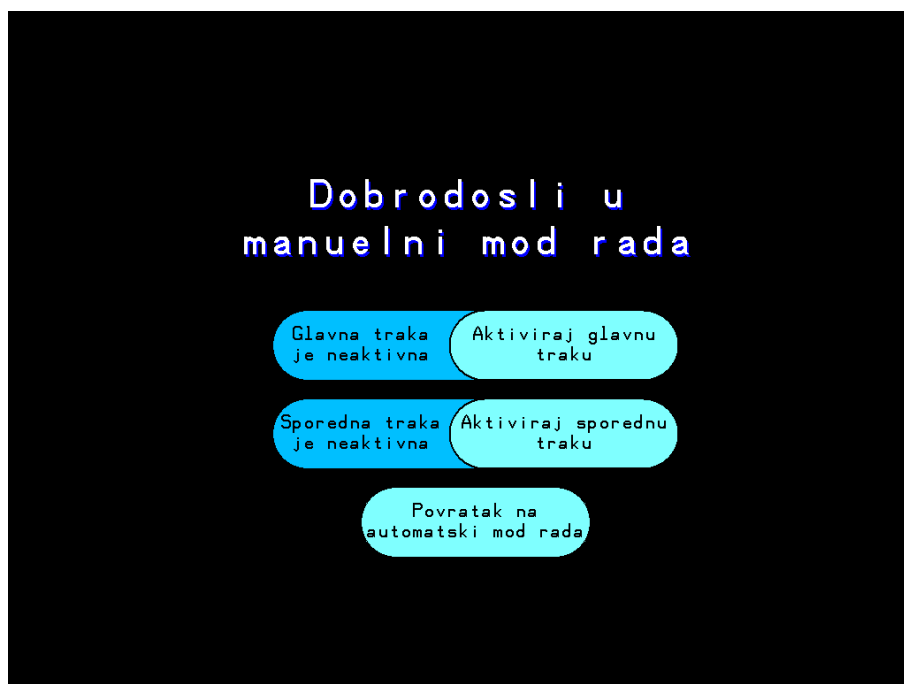


Slika 6.6: Prikaz ekrana gdje je moguće podešavati vremena uključenja semafora

Korisnik na prozoru (slika 6.5) može odabrati opciju "iskljuci raskrsnicu". Odabirom te opcije raskrsnica prelazi u stanje u kojem sva svjetla na semaforima za automobile trepću žutom bojom, svim pješacima je crveno svjetlo te tramvajima nije odobreno kretanje. Ovo je opravdano uključiti kada se dešavaju neki radovi na raskrsnici ili u okolini raskrsnice. Također, na slici (slika 6.5) ostaje mogućnost odabira još jedne opcije, a to je "Manuelni mod rada". Odabir ove opcije, otvara novi prozor (slika 6.8), gdje je moguće ručno isključiti/uključiti pojedine semafore, te tako ručno regulirati saobraćaj u raskrsnici.



Slika 6.7: Prikaz ekrana nakon sto se desio alarm

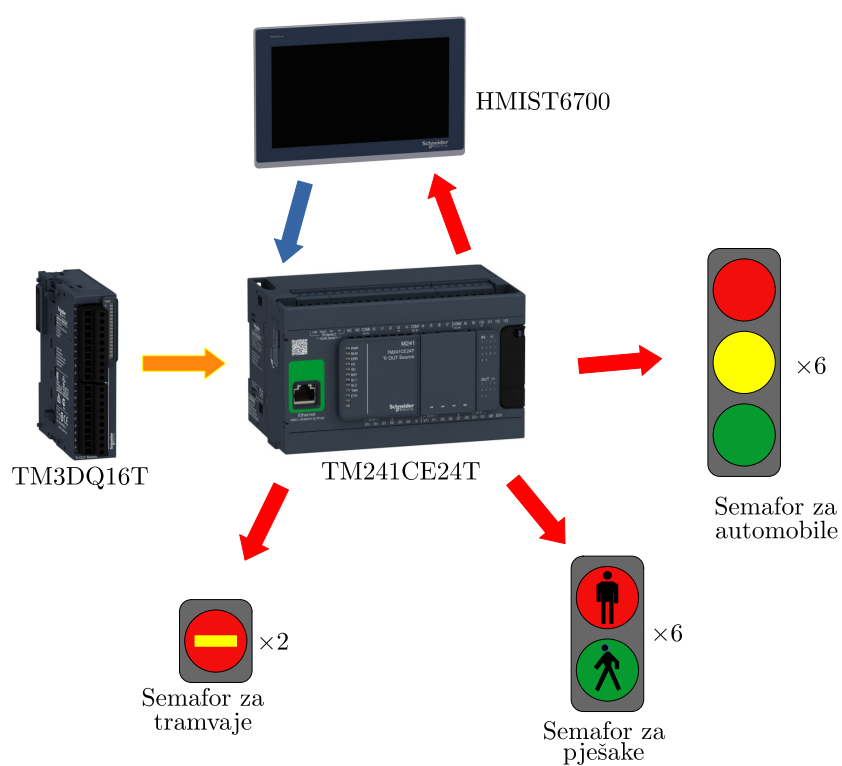


Slika 6.8: Prikaz ekrana u kojem je moguće ručno uključivati semafore

Prikaz rada sistema može se vidjeti na linku: https://drive.google.com/file/d/1SLIByo-_MqZCcCtD5LFRsfGLff48I0DI/view

Principijelna shema

Principijelna shema je prikazana na slici ispod (slika 7.1). Na principijelnoj shemi crvenom strelicom su prikazani izlazni signali iz PLC-a, plavom strelicom su prikazani signali koji ulaze u PLC, te smeđom bojom je označeno da se dodatni modul prikopča na PLC.



Slika 7.1: Prikaz principijelne sheme

Shema djelovanja

U nastavku će biti prikazana shema djelovanja za ovaj sistem.

Na 8.1 je prikazan ulaz i zaštita za cijeli sistem.

Na 8.2 je prikazano napajanje za PLC, HMI i releje semafora.

Na 8.3 je prikazano vezivanje PLC-a (sa dodatnim modulom) i HMI-a.

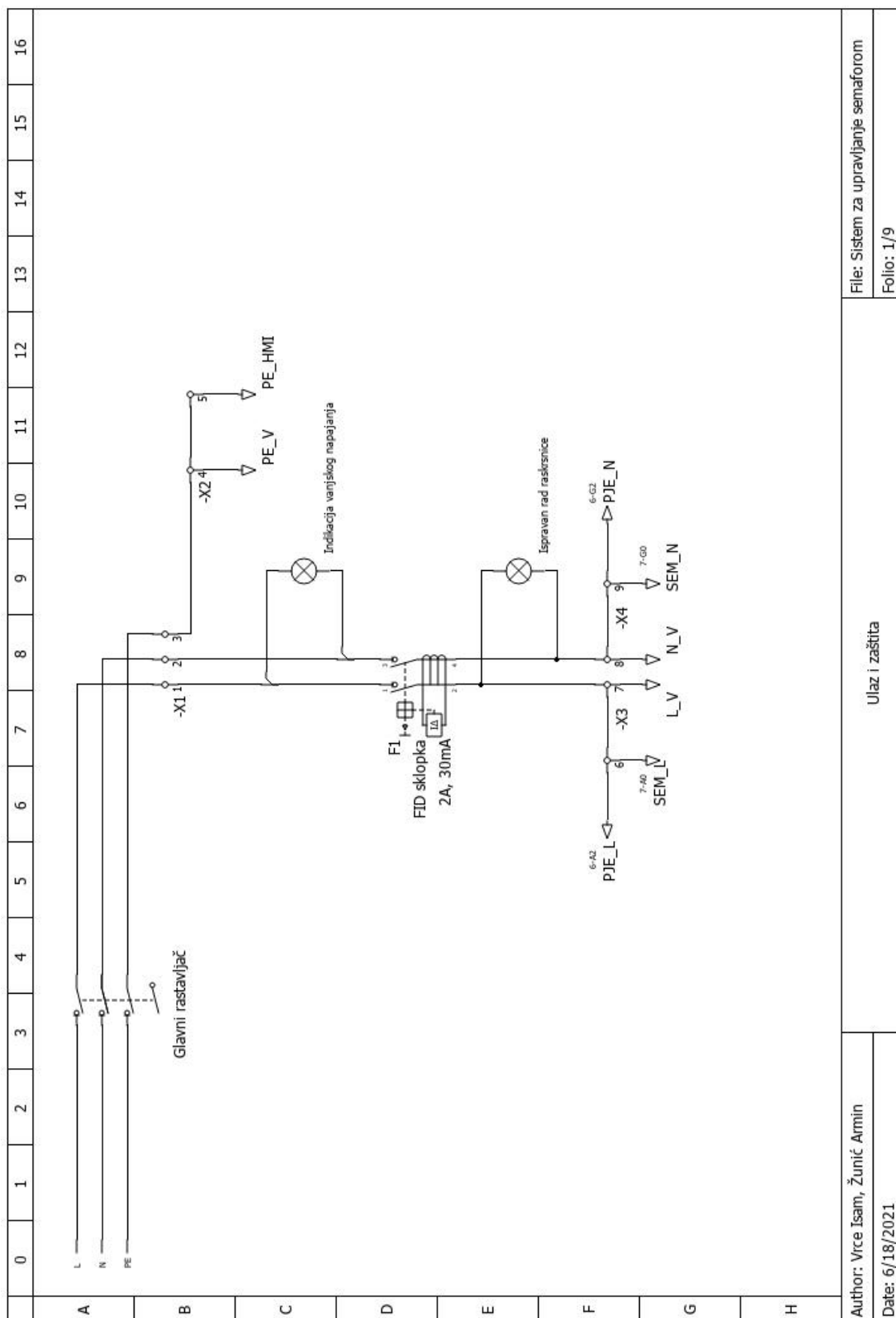
Na 8.4 je prikazano vezivanje digitalnih izlaza PLC-a sa relejima semafora za pješake i tramvaj.

Na 8.5 je prikazano vezivanje digitalnih izlaza dodatnog modula sa relejima semafora za vozila.

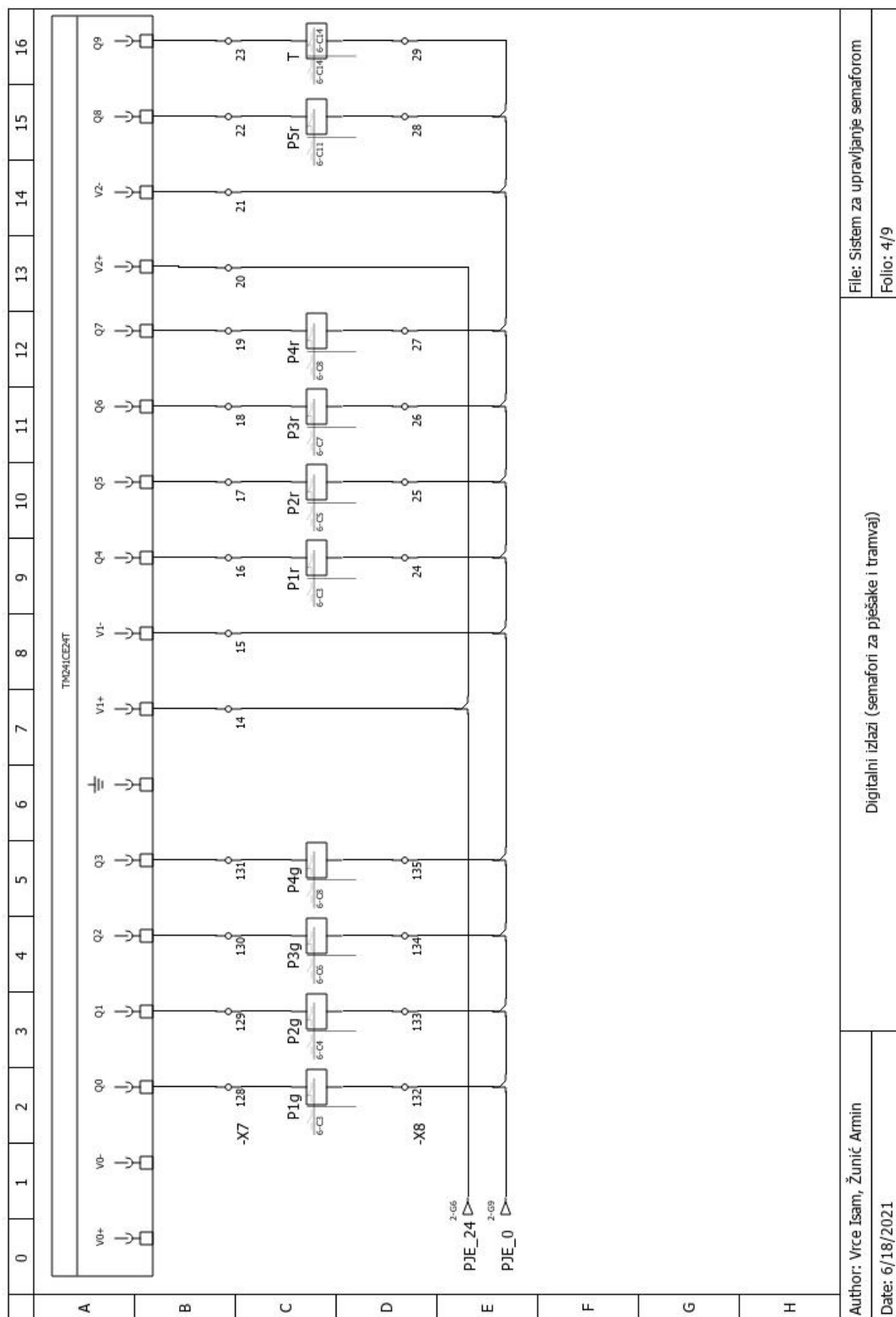
Na 8.6 je prikazano vezivanje kontakata releja sa svjetlima semafora za pješake i tramvaj.

Na 8.7 je prikazano vezivanje kontakata releja sa svjetlima semafora za vozila.

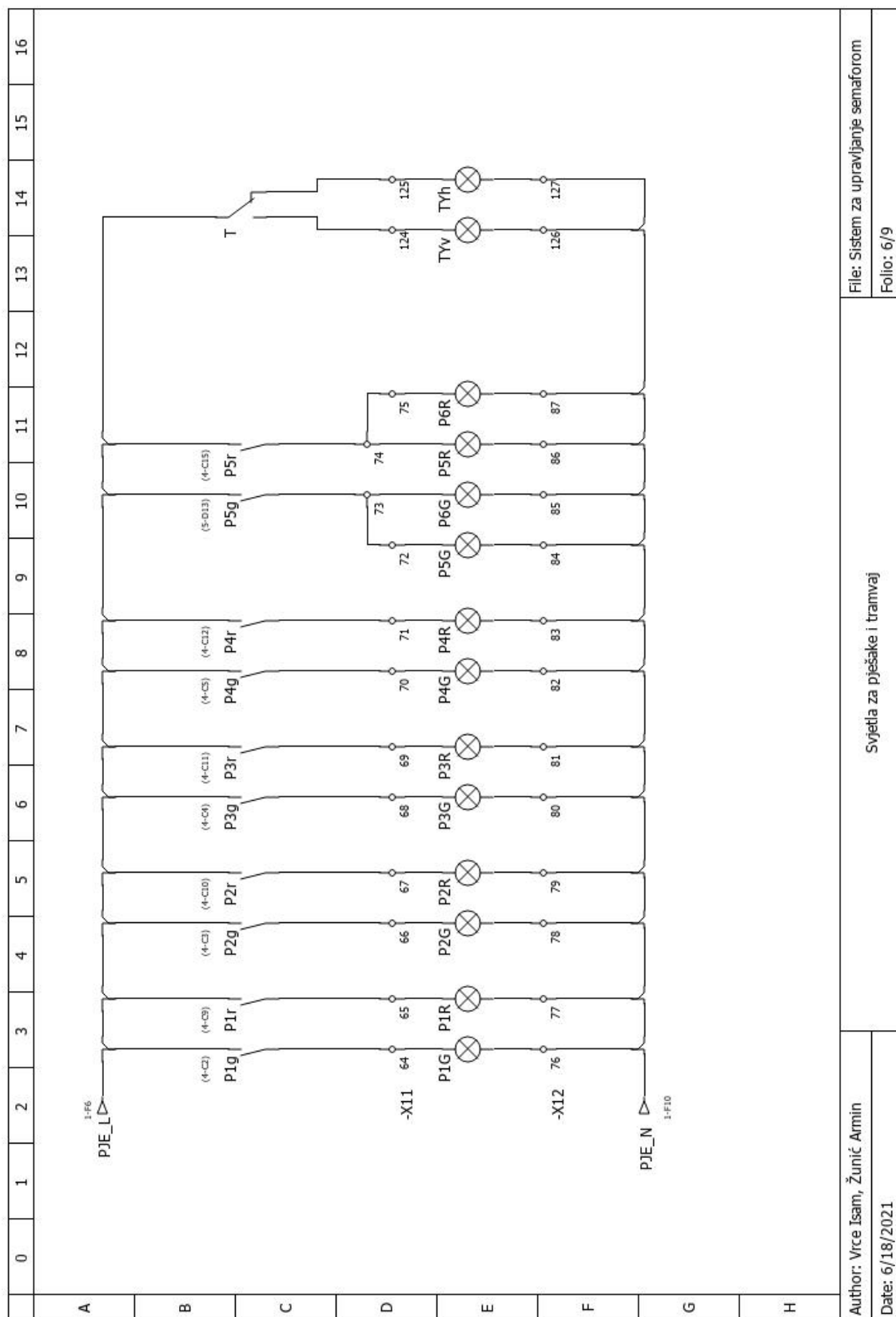
Na 8.8 i 8.9 je prikazano vezivanje rednih stezaljki.



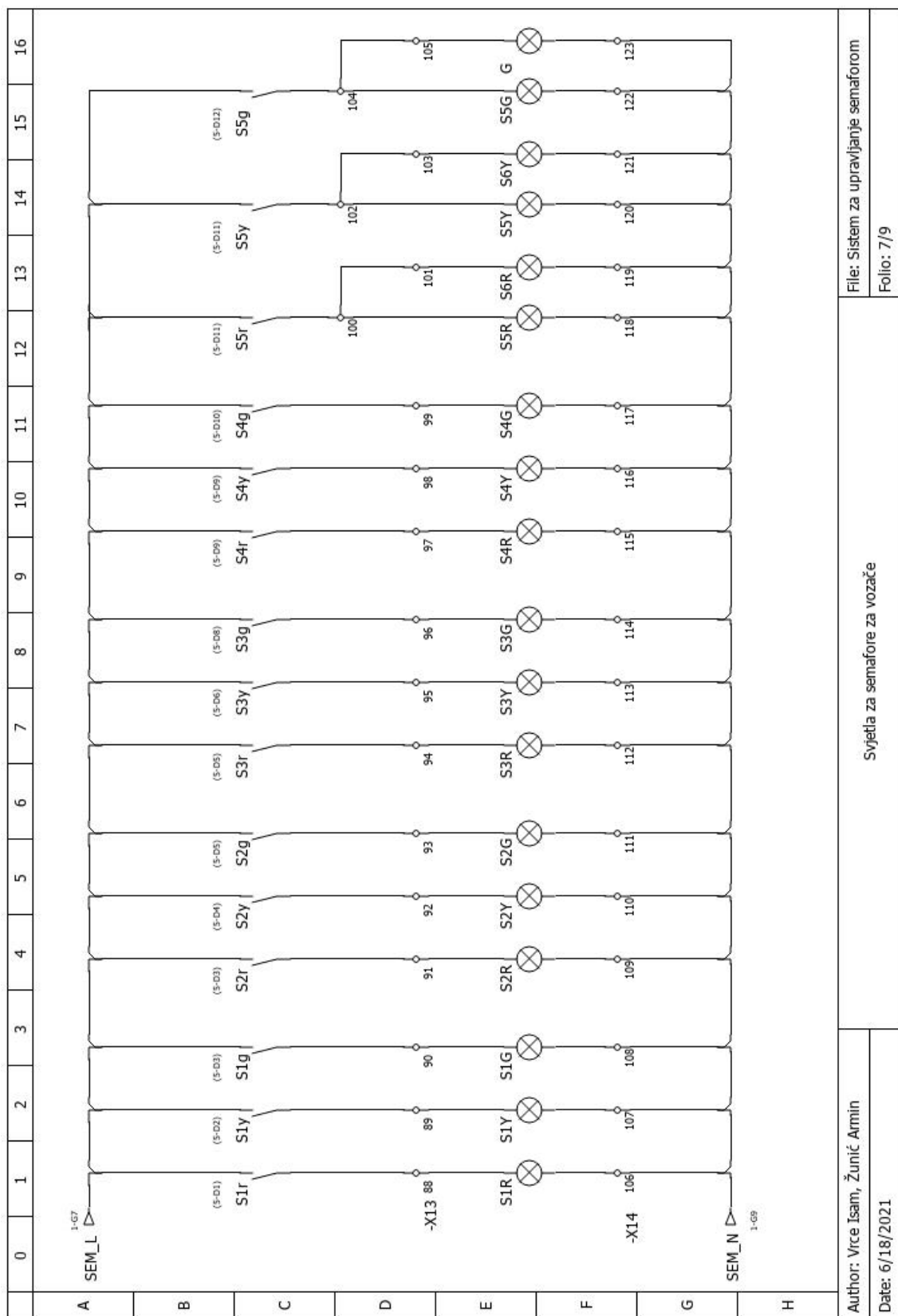
Slika 8.1: Ulaz i zaštita



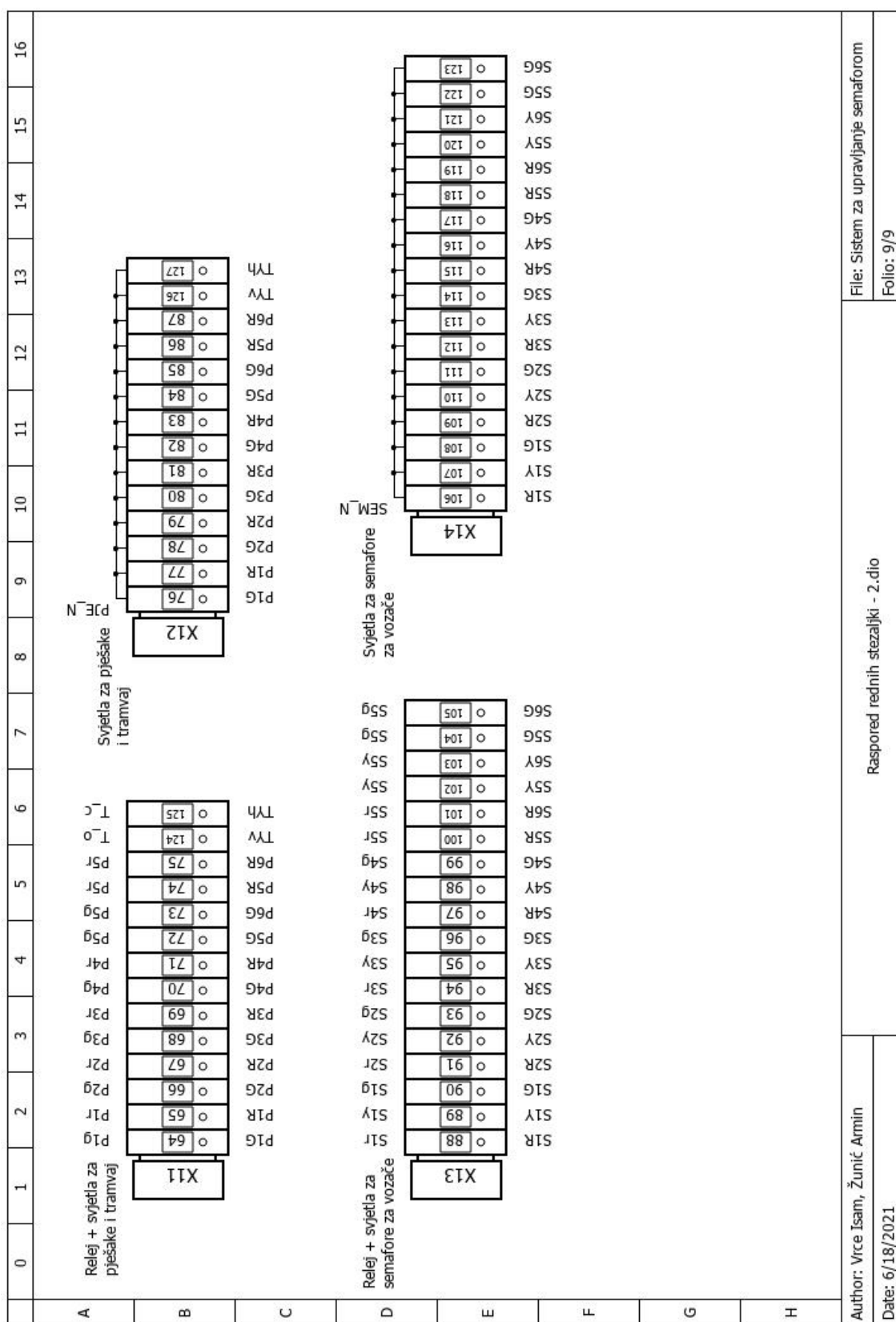
Slika 8.4: Digitalni izlazi (semafori za pješake i tramvaj)



Slika 8.6: Svjetla za pješake i tramvaj



Slika 8.7: Svjetla za semafore za vozače



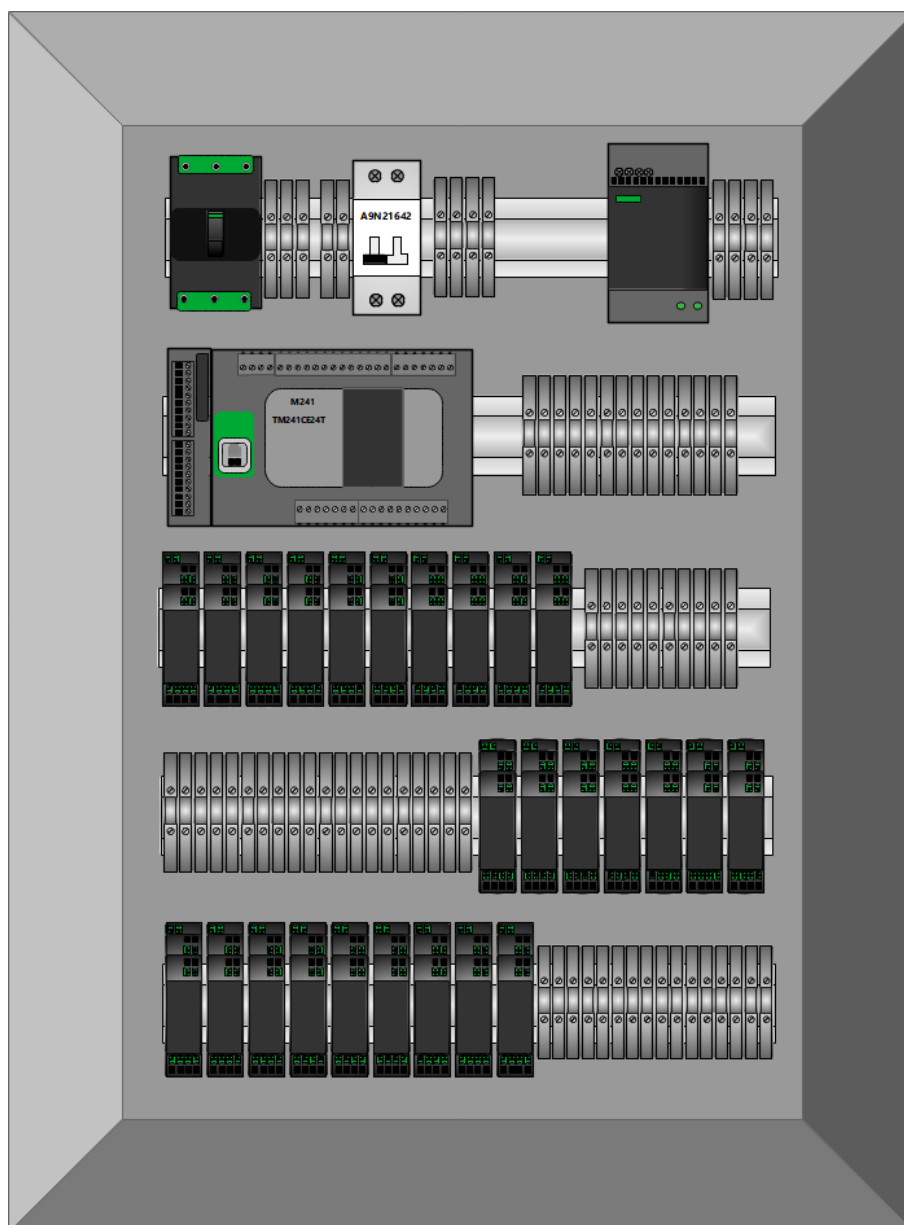
Slika 8.9: Raspored rednih stezaljki (2. dio)

Priključni plan

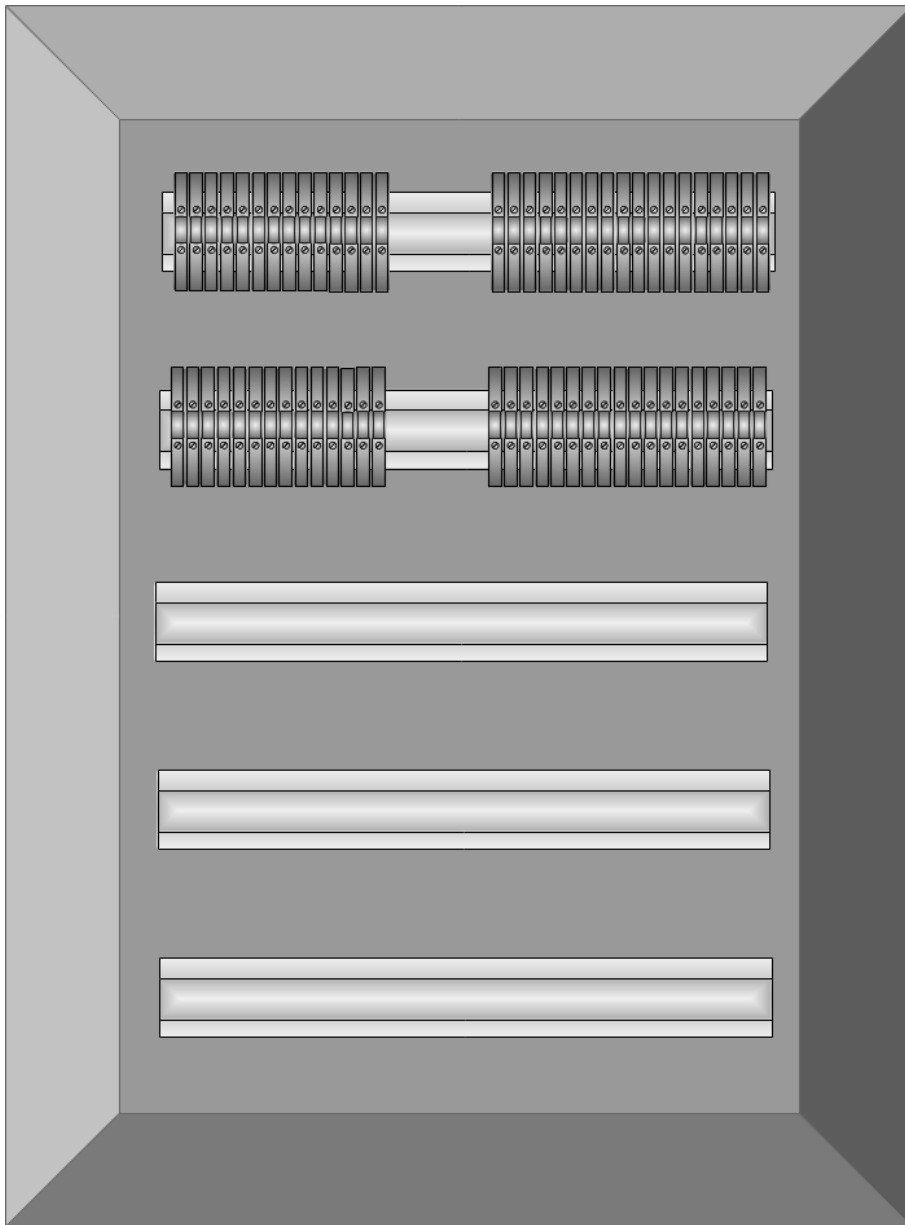
Radi jednostavnije manipulacije elementima u ormaru, njihove moguće zamjene zbog kvara, svi priključci elemenata su dovedeni preko rednih stezaljki. Redne stezaljke su poredane po skupinama i sa prethodnih shema je prilično intuitivno gdje koji kontakt izlazi/ulazi u rednu stezaljku. Ispod je tabela koja pobliže pojašnjava za šta se koja skupina rednih stezaljki odnosi.

Skupina	Broj stezaljki	Oznaka	Napomena
X1	1-3	L, N, PE	Ulazne stezaljke monofaznog napajanja
X2	4	PE_V	Uzemljenje napojne jedinice
	5	PE_HMI	Uzemljenje HMI-a
X3	6	L_V	Napajanje napojne jedinice (+)
	7	SEM_L, PJE_L	Napajanje svih semafora (+)
X4	8	N_V	Napajanje napojne jedinice (-)
	9	SEM_N, PJE_N	Napajanje svih semafora (-)
X5	10	HMI_24	Napajanje HMI-a (+)
	11	PLC_24, SEM_24, PJE_24	Napajanje PLC-a i svih semafora (+)
X6	12	HMI_0	Napajanje HMI-a (-)
	13	PLC_0, SEM_0, PJE_0	Napajanje PLC-a i svih semafora (-)
X7	128-131, 16-19, 22-23	Q0-Q3, Q4-Q7, Q8-Q9	Digitalni izlazi do kontakata releja
	14, 20	V1(+), V2(+)	Napajanje digitalnih izlaza (+)
	15, 21	V1(-), V2(-)	Napajanje digitalnih izlaza (-)
X8	132-135, 24-29	P1g, P2g, P3g, P4g, P1r, P2r, P3r, P4r, P5r, T	Kontakti releja do napajanja
X9	30-37, 40-46, 136	Q10-Q17, Q18-Q24, Q25	Digitalni izlazi do kontakata releja
	38, 47	V3(+), V4(+)	Napajanje digitalnih izlaza (+)
	39, 48	V3(-), V4(-)	Napajanje digitalnih izlaza (-)
X10	49-63, 137	S1r, S1y, S1g, S2r, S2y, S2g, S3r, S3y, S3g, S4r, S4y, S4g, S5r, S5y, S5g, P5g	Kontakti releja do napajanja
X11	64-75, 124-125	P1g, P1r, P2g, P2r, P3g, P3r, P4g, P4r, P5g, P5r, P5r, P5r, T_o, T_c	Releji semafora za pješake i tramvaj do sijalica
X12	76-87, 126-127	P1G, P1R, P2G, P2R, P3G, P3R, P4G, P4R, P5G, P6G, P5R, P6R, TYv, TYh	Sijalice semafora za pješake do napajanja
X13	88-105	S1r, S1y, S1g, S2r, S2y, S2g, S3r, S3y, S3g, S4r, S4y, S4g, S5r, S5r, S5y, S5y, S5g, S5g	Releji semafora za vozila do sijalica
X14	106-123	S1R, S1Y, S1G, S2R, S2Y, S2G, S3R, S3Y, S3G, S4R, S4Y, S4G, S5R, S6R, S5Y, S6Y, S5G, S6G	Sijalice semafora za vozila do napajanja

Pregledni nacrt



Slika 10.1: Prikaz prvog dijela ormara



Slika 10.2: Prikaz drugog dijela ormara

Softversko rješenje

Softverski dio zadatka je riješen iz dva dijela. Prvi dio jeste POU1 napisan ST načinom programiranja koji se brine za većinu "podešavanja" na HMI-u. Drugi dio jeste beskonačna petlja izvedena preko SFC načina programiranja čiji je zadatak da ponavlja cikluse trajanja semafora u raskrsnici. Taj drugi dio se sastoji iz nekoliko stanja, zajedno sa svojim ulaznim, izlaznim i radnim akcijama. U nastavku će biti dat kod za POU1, kao i radne akcije dva osnovna stanja (SFC glavna i SFC sporedna). Implementacija ostalih stanja, tj. njihovih ulaznih, izlaznih i radnih akcija je trivijalna te ih nećemo posebno navoditi.

POU1

```
IF (sifra = 1234) THEN
    stanje := TRUE;
END_IF
IF (sifra <> 1234) THEN
    stanje := FALSE;
END_IF

IF(vratiNaNulu) THEN
    sifra := 0;
END_IF

T1(IN := (potvrđi AND (NOT stanje)), PT := T#11S);
IF (T1.ET > T#10S) THEN
    sifra := 1234;
END_IF

ispis := 10 - TIME_TO_INT(T1.ET)/1000;

IF (Vrijeme_glavne_trake < Glavna_donja_granica) OR
    (Vrijeme_glavne_trake > Glavna_gornja_granica) THEN
    Greska_unos_vremena1 := TRUE;
ELSE
    Greska_unos_vremena1 := FALSE;
END_IF

IF (Vrijeme_sporodne_trake < Sporedna_donja_granica) OR
    (Vrijeme_sporodne_trake > Sporedna_gornja_granica) THEN
    Greska_unos_vremena2 := TRUE;
ELSE
    Greska_unos_vremena2 := FALSE;
END_IF

IF resetuj THEN
    Vrijeme_glavne_trake := Inicijalno_vrijeme_glavne_trake;
    Vrijeme_sporodne_trake := Inicijalno_vrijeme_sporodne_trake;
END_IF

Zuto_FF(SET := Zuto_FF_set, RESET1 := Zuto_FF_reset);
Glavna_FF(SET := Glavna_FF_set, RESET1 := Glavna_FF_reset);
Sporedna_FF(SET := Sporedna_FF_set, RESET1 := Sporedna_FF_reset);
```

SFC glavna

```
timer(IN := okidac , PT := LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#65S);  
okidac := FALSE;
```

```
IF timer.ET > T#2S THEN  
    Glavna4_Y := 1;  
    Glavna4_lijevo_Y := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#4S THEN  
    Glavna4_R := 0;  
    Glavna4_lijevo_R := 0;  
    Glavna4_Y := 0;  
    Glavna4_lijevo_Y := 0;  
    Glavna4_G := 1;  
    Glavna4_lijevo_G := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#5S THEN  
    Sporedna_jug_pjesaci := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#10S THEN  
    Glavna5_pjesaci := 0;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#13S THEN  
    Glavna4_lijevo_blinkanje := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#17S THEN  
    Glavna4_lijevo_blinkanje := 0;  
    Glavna4_lijevo_G := 0;  
    Glavna4_lijevo_Y := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#20S THEN  
    Glavna4_lijevo_Y := 0;  
    Glavna4_lijevo_R := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#23S THEN  
    Glavna5_Y := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#25S THEN
```

```

        Glavna5_R := 0;
        Glavna5_Y := 0;
        Glavna5_G := 1;
        Tramvaj := 1;
END_IF

IF timer.ET > T#26S THEN
    Sporedna_sjever_pjesaci := 1;
END_IF

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#33S THEN
    Sporedna_jug_pjesaci := 0;
END_IF

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#40S THEN
    Glavna4_blinkanje := 1;
    Tramvaj := 0;
    Sporedna_sjever_pjesaci := 0;
END_IF

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#44S THEN
    Glavna4_blinkanje := 0;
    Glavna4_G := 0;
    Glavna4_Y := 1;
END_IF

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#47S THEN
    Glavna4_Y := 0;
    Glavna4_R := 1;
END_IF

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#48S THEN
    Glavna5_lijevo_Y := 1;
    Glavna4_pjesaci := 1;
END_IF

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#50S THEN
    Glavna5_lijevo_R := 0;
    Glavna5_lijevo_Y := 0;
    Glavna5_lijevo_G := 1;
END_IF

```

```

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#56S THEN
    Glavna5_lijevo_blinkanje := 1;
    Glavna5_blinkanje := 1;

```

```

END_IF

```

```

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#60S THEN
    Glavna5_lijevo_blinkanje := 0;
    Glavna5_blinkanje := 0;
    Glavna5_G := 0;
    Glavna5_Y := 1;
    Glavna5_lijevo_G := 0;
    Glavna5_lijevo_Y := 1;

```

```

END_IF

```

```

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#63S THEN
    Glavna5_Y := 0;
    Glavna5_R := 1;
    Glavna5_lijevo_Y := 0;
    Glavna5_lijevo_R := 1;

```

```

END_IF

```

```

IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_glavne_trake -
Inicijalno_vrijeme_glavne_trake)*1000) + T#64S THEN
    Glavna5_pjesaci := 1;

```

```

END_IF

```

SFC sporedna

```
timer(IN := okidac , PT := LINT_TO_TIME(( Vrijeme_sporedne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_sporedne_trake)*1000) + T#15S);  
okidac := FALSE;
```

```
IF timer.ET > T#2S THEN  
    Sporedna_R := 0;  
    Sporedna_Y := 0;  
    Sporedna_G := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > T#3S THEN  
    Glavna5_pjesaci_preko := 1;  
    Glavna4_pjesaci_preko := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_sporedne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_sporedne_trake)*1000) + T#4S THEN  
    Glavna4_pjesaci := 0;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_sporedne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_sporedne_trake)*1000) + T#8S THEN  
    Sporedna_blinkanje := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_sporedne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_sporedne_trake)*1000) + T#12S THEN  
    Sporedna_blinkanje := 0;  
    Sporedna_G := 0;  
    Sporedna_Y := 1;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_sporedne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_sporedne_trake)*1000) + T#13S THEN  
    Glavna5_pjesaci_preko := 0;  
    Glavna4_pjesaci_preko := 0;  
END_IF
```

```
IF timer.ET > LINT_TO_TIME(( Vrijeme_sporedne_trake -  
Inicijalno_vrijeme_sporedne_trake)*1000) + T#14S THEN  
    Sporedna_Y := 0;  
    Sporedna_R := 1;  
END_IF
```

Izvori

- [1] Schneider electric. *RSB1A120BD datasheet*. 2021. URL: <https://www.se.com/ww/en/product/RSB1A120BD> (pogledano 19.6.2021.).