Mjerno-upravljački sustav javnog parkinga

Beović, Dario

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:494951

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository - Faculty of Maritime Studies - Split - Repository - Faculty of Maritime Studies Split for permanent storage and preservation of digital resources of the institution

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET

DARIO BEOVIĆ

MJERNO UPRAVLJAČKI SUSTAV JAVNOG PARKINGA

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2016.

Split, _____

Zavod/studij: POMORSKE ELEKTROTEHNIČKE TEHNOLOGIJE

Predmet: PROCESNA MJERENJA I INSTRUMENTACIJA

D I P L O M S K I ZADATAK

Student/ca: DARIO BEOVIĆ

Matični broj: 0177027905

Zavod/studij: POMORSKE ELEKTROTEHNIČKE TEHNOLOGIJE

ZADATAK: Mjerno-pravljački sustav javnog parkinga.

OPIS ZADATKA: Predstaviti mjerno-upravljački sustav parkinga. Sklopovsku realizaciju upravljanja predvidjeti s programibilnim logičkim regulatorom, PLC uređaja, tvrtke Siemens, modela S7-200. Programsku potporu PLC uređaja S7-200 predvidjeti u programskom paketu STEP 7 MicroWin v4.0.

CILJ: Predstaviti sklopovsku realizaciju mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga. Na konkretnom primjeru napisati programski kod uz pretpostavku PLC uređaja kao upravljačke jedinice. Nakon toga u simulatoru testirati napisani kod.

ZADATAK URUČEN STUDENTU/CI: _____

POTPIS STUDENTA/CE: _____

MENTOR: _____

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

STUDIJ: POMORSKE ELEKTROTEHNIČKE TEHNOLOGIJE

MJERNO UPRAVLJAČKI SUSTAV JAVNOG PARKINGA

DIPLOMSKI RAD

MENTOR: **STUDENT:**

dr.sc. Joško Šoda **Dario Beović (MB: 0177027905)**

SPLIT, 2016.

SAŽETAK

U ovom radu opisan je mjerno upravljački sustav javnog parkinga. Upravljanje je realizirano korištenjem programibilnog logičnog kontrolera tvrtke Siemens serije S7-200. Programski paket koji se koristio prilikom izrade projekta je STEP-7 Micro/WIN 32.

U radu je objašnjena problematika javnog parkinga, definiran je i opisan programibilni logički kontroler, princip rada i ljestvičasti dijagram koji se koristio za realizaciju programskog koda. Prikazan je i sami programski kod preko kojeg se vrši upravljanje javnim parkingom.

Ključne riječi: *sustav upravljanja, javni parking, programibilni logički kontroler, ljestvičasti dijagram, programski kod*

ABSTRACT

In this thesis the measurement and control system of public parking system is presented. The controlling is realized using the Siemens series S7-200 programmable logic controller. The application which is used to create a project is STEP-7 Micro/WIN 32.

In the thesis the problem definition of public parking system is described and presented, the programmable logic controller is also described, with its principle of operation and the ladder diagram which was used to realize the program code. The program code itself is shown trough which the control of public parking system is done.

Key words: *control system, public parking system, programmable logic controller, ladder diagram, program code*

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PROGRAMIBILNI LOGIČKI REGULATOR 2
2.1. DEFINICIJA I OPIS PROGRAMIBILNOG LOGIČKOG REGULATORA 2
2.2. PRINCIP RADA PROGRAMIBILNOG LOGIČKOG REGULATORA 2
2.3. PRIMJENA PLC UREĐAJA 4
2.4. PLC SIEMENS S7-200 5
2.5. OSNOVNE NAREDBE PLC-A S7-200 6
3. ZADATAK 10
3.1. PROGRAMSKA POTPORA PLC UREĐAJA 10
3.2. KONSTRUIRANJE LJESTVIČASTOG DIJAGRAMA 11
3.3. LOGIČKE OPERACIJE 13
4. OPĆENITO O PARKINGU 15
4.1. DEFINICIJA I VRSTE PARKINGA 15
4.2. PARKIRNO MJESTO 15
4.3. VRSTE RASPOREDA PARKIRNIH MJESTA 17
4.4. PROBLEMATIKA PARKINGA 18
5. REALIZACIJA MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA JAVNOG PARKINGA 19
5.1. PROJEKT UPRAVLJANJA JAVNIM PARKINGOM 19
5.2. ELEMENTI MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA PARKINGA 19
5.2.1. Magnetski senzori za detekciju vozila 19
5.2.2. Motori za otvaranje i zatvaranje rampe 21
5.2.3. LED indikator za zauzeće parkinga (zeleno i crveno) 22
5.2.4. Fotoelektrični senzor 22
5.3. FIZIKALNO OBJAŠNJENJE MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA JAVNOG PARKINGA 23
5.4. PROGRAMSKI KOD U LJESTVIČASTOM DIJAGRAMU 26
5.4.1. Mreža 1: Otvaranje ulaznih vrata 29
5.4.2. Mreža 2: Zatvaranje ulaznih vrata 29
5.4.3. Mreža 3: Automatsko zatvaranje ulaznih vrata 30
5.4.4. Mreža 4: Otvaranje izlaznih vrata 31
5.4.5. Mreža 5: Zatvaranje izlaznih vrata 31

5.4.6. Mreža 6: Automatsko zatvaranje izlaznih vrata 32
5.4.7. Mreža 7: Brojač za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta 33
5.4.8. Mreža 8: Zeleno svjetlo na ulazu 34
5.4.9. Mreža 9: Crveno svjetlo na ulazu 34
6. TESTIRANJE I SIMULACIJA 36
6.1. PRIJENOS PROGRAMA U SIMULATOR 36
7. ZAKLJUČAK 40
LITERATURA 41
POPIS TABLICA 42
POPIS SLIKA 43

1. UVOD

U diplomskom radu predstavljen je mjerno-upravljački sustav javnog parkinga uz korištenje programibilnog logičkog kontrolera. Predstavljeni su svi važniji dijelovi sustava i pripadajući senzori. Za programiranje PLC-a se koristi programski paket STEP 7-Micro/WIN 32.

U poglavlju „2. PROGRAMIBILNI LOGIČKI REGULATOR“ predstavljen je PLC uređaj. Objašnjena je definicija i opis PLC-a, princip rada te primjena PLC uređaja. Opisan je PLC SIEMENS S7-200 te njegove osnovne naredbe.

U poglavlju „3. ZADATAK“ predstavljen je zadatak ovog diplomskog rada. Opisana je programska potpora PLC uređaja, konstruiranje ljestvičastog dijagrama te su objašnjene logičke operacije.

U poglavlju „4. OPĆENITO O PARKINGU“ objašnjena je definicija i vrste parkinga, parkirnog mjesta, vrste rasporeda parkirnih mjesta te je analizirana problematika parkinga.

U poglavlju „5. REALIZACIJA MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA JAVNOG PARKINGA“ definiran je projekt upravljanja javnim parkingom te su potom detaljno objašnjeni svi njegovi elementi. Dalje je navedeno fizikalno objašnjenje mjerno upravljačkog sustava javnog parkinga kao i programski kod detaljno analiziran kroz 9 mreža ljestvičastih dijagrama.

U poglavlju „6. TESTIRANJE I SIMULACIJA“ predstavljena je analiza programskog koda nakon prijenosa u simulator, te su potom simulirani kritični trenutci kako bi se testirala I potvrdila ispravnost programskog koda.

U poglavlju „7. ZAKLJUČAK“ izneseni su temeljni zaključci ovog diplomskog rada.

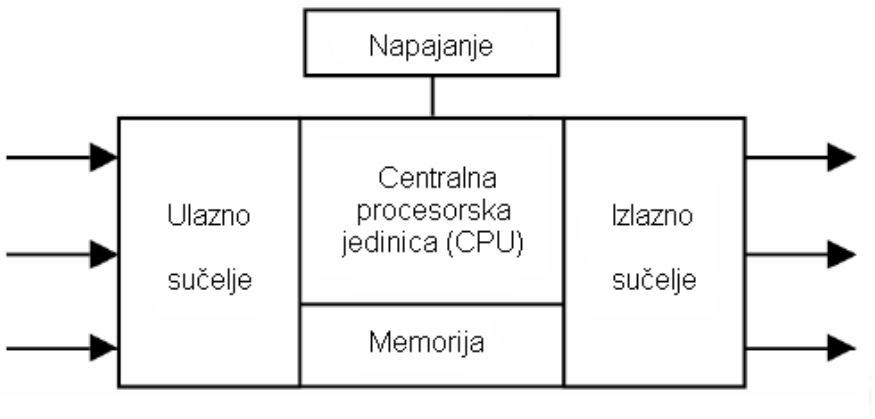
Diplomski rad konačno završava popisom korištene literature, popisom tablica i slika.

2. PROGRAMIBILNI LOGIČKI REGULATOR

2.1. DEFINICIJA I OPIS PROGRAMIBILNOG LOGIČKOG REGULATORA

PLC (engl. *Programmable Logic Controller*) odnosno programibilni logički kontroler je industrijsko računalo koje se koristi za automatizaciju postrojenja i procesa. PLC je zamjena za složene relejne upravljačke sklopove, koji su manje pouzdani u radu od PLC-a, a u slučaju izmjene upravljačke funkcije ili pogreške potrebno je prespajati žice između komponenti, dok se kod PLC-a samo promjeni program [1].

Osnovni dijelovi PLC-a prikazani su na slici 1.



Slika 1. Osnovni dijelovi PLC-a

Na ulaznom sučelju počinje prilagodba signala iz procesa. Ulazni signali mogu biti analogni i digitalni. Centralna procesorska jedinica s memorijom glavna je jedinica PLC uređaja. Procesorska jedinica čita stanja svih ulaza PLC uređaja (analognih i digitalnih), logički ih obrađuje u skladu s programom izrađenim od strane korisnika, te upravlja izlazima prema rezultatima dobivenim nakon logičke obrade. Na izlaznom sučelju se upravlja izvršnim članovima iz procesa kojima PLC šalje upravljačke signale.

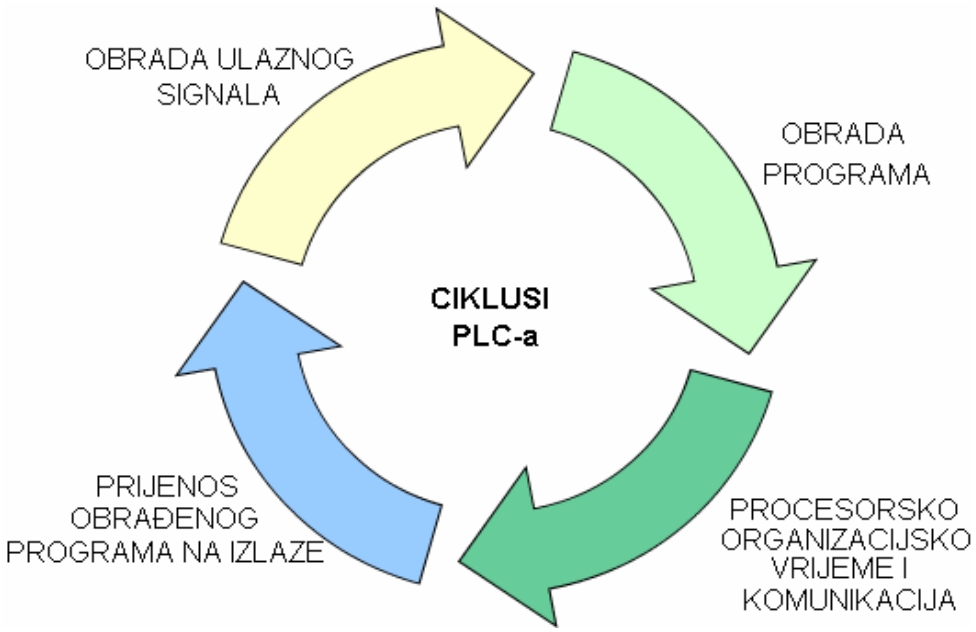
2.2. PRINCIP RADA PROGRAMIBILNOG LOGIČKOG REGULATORA

Princip rada PLC-a je sljedeći: prihvat ulaza, obrada i ispis izlaza se ciklički ponavlja u skladu sa unesenim programom. Određene je dužine trajanja, zavisi o broju ulaza i izlaza i složenosti algoritma i vrste primijenjenog procesora. PLC prema promjeni stanja na njegovim

ulazima mora kontinuirano korigirati stanja izlaza kako je to određeno logikom u korisničkom programu. Internu obradu podataka PLC vrti ciklički u beskonačnoj petlji.

Na slici 2. prikazan je ciklus rada PLC koji je podijeljen u četiri dijela:

1.) Obrada ulaznog signala – očitanje stanja ulaza te prijenos podataka ulaznog stanja u ulazni memorijski registar procesorske jedinice.
2.) Obrada programa – programska obrada ulaznih stanja prema logici korisničkog programa te slanje rezultata u izlazni memorijski registar procesorske jedinice.
3.) Procesorsko organizacijsko vrijeme i komunikacija – odvijaju se operacije potrebne za funkcioniranje operativnog sustava PLC uređaja te komunikacija sa vanjskim jedinicama.
4.) Prijenos obrađenog programa na izlaze – prijenos obrađenih podataka iz izlaznog memorijskog registra na fizičke izlaze PLC-a.



Slika 2. Ciklus rada PLC-a

Osnovne karakteristike PLC-a su**:**

1.) Pouzdanost – nema mehaničkih pokretnih dijelova, izuzetno otporan na razne mehaničke, elektromagnetske utjecaje, te općenito otporan na pogonske uvjete rada temperaturu, vlagu, udarce, ...), ako nestane napajanje ništa se ne mijenja i kada se

napajanje vrati PLC nastavlja sa radom. S obzirom da se ožičenje PLC-a svodi na ožičenje njegovih ulaza i izlaza, takve greške se svode na minimum.

2.) Adaptivnost – kad se napiše i testira, PLC program za upravljanje nekog uređaja može se bez problema prenijeti na drugi PLC. U slučaju identičnih uređaja ili uređaja gdje se zahtijevaju manje izmjene programa to dovodi do smanjenja vremena programiranja i vremena za otklanjanje grešaka.
3.) Fleksibilnost – za izmjenu programa potrebno je vrlo malo vremena. Izvođači upravljačkog sustava mogu bez problema poslati korisniku izmjenu programa na bilo kojem mediju ili putem modema direktno u PLC-u bez slanja tehničara na lokaciju korisnika. Korisnik može jednostavno prenijeti program u PLC i izvršiti eventualno manje promjene.
4.) Komunikacija – sa operatorskim upravljačkim pločama, drugim PLC uređajima i nadzornim upravljačkim računalima olakšava prikupljanje podataka s uređaja i obradu prikupljenih informacija.
5.) Brzina – brojne aplikacije na automatiziranim strojevima zahtijevaju vrlo brzu reakciju na pojavu nekog signala. Takve aplikacije jednostavno su izvedive uz pomoć PLC-a, a vrlo teško i složeno putem relejnog upravljanja.
6.) Dijagnostika – pomoću funkcija za otklanjanje pogrešaka i dijagnostiku, PLC-i nude brzo i jednostavno otklanjanje programskih i hardverskih (sklopovskih) grešaka upravljačkog sustava.

2.3. PRIMJENA PLC UREĐAJA

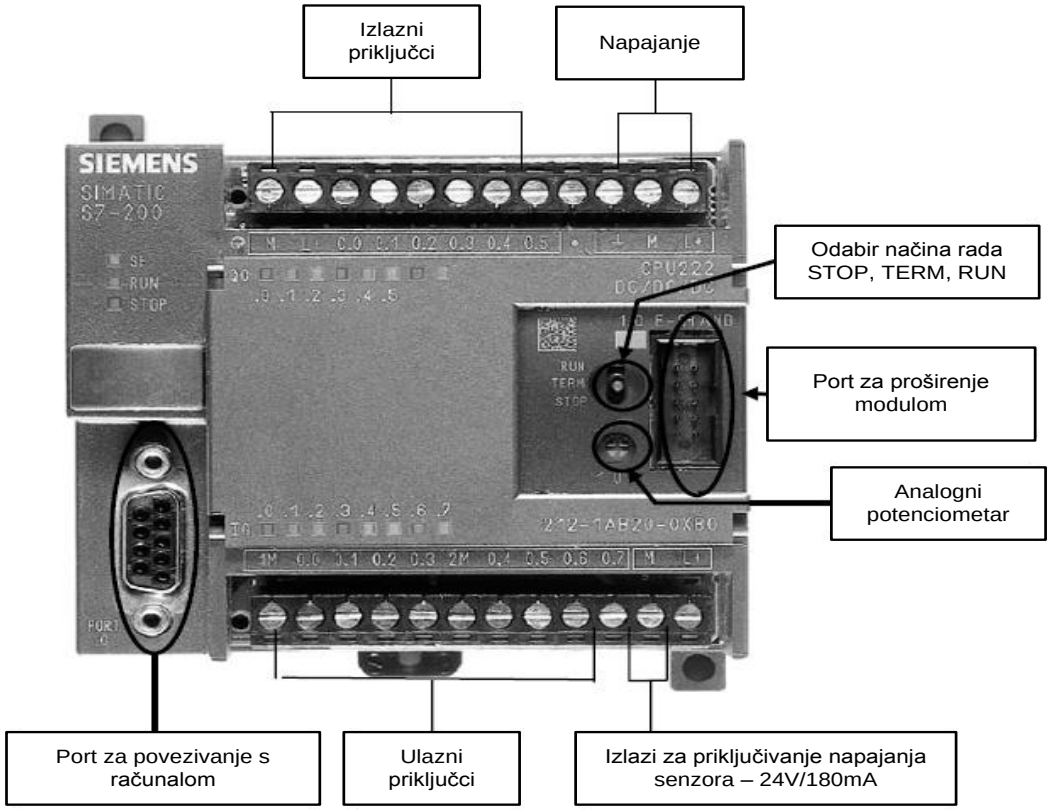
Razvoj PLC uređaja bio je munjevit jer su imali izuzetne prednosti u odnosu na klasičnu logiku zasnovanu na primjeni releja. Nisu imali mehanički pokretnih dijelova, fleksibilniji su bili zbog mogućnosti programiranja, manje mogućnosti greške prilikom ožičavanja, manjih dimenzija. Imaju manju vlastitu potrošnju energije te veliku pouzdanost u radu.

PLC uređaj kao industrijsko računalo svojim dizajnom predviđen je za primjenu u neposrednom okruženju procesa kojim se upravlja. Otporan je na razne nepovoljne utjecaje, prašinu, vlagu, visoku, temperaturu, vibracije, elektromagnetske smetnje. Uobičajene primjena PLC uređaja je rješavanje decentraliziranih upravljačkih zadataka, na samom mjestu

upravljanja, gdje se povezuje preko ulaza i izlaza sa uređajima kao što su opreatorski paneli, motori, senzori, ventili. PLC kao i svako računalo ima operativni sustav koji ima manje mogućnosti od operativnih sustava opće namjene. Stoga je moguće izvesti povezivanje programibilnih zadataka ili jednostavne akvizicije podataka i upravljanja s daljine. Mogućnost komunikacije među PLC uređajima omogućava visko stupanj iskorištenja i kordinacije procesa, kao i veliku fleksibilnost u realizaciji upravljačkog procesa.

2.4. PLC SIEMENS S7-200

PLC, S7-200 CPU 222, koji se koristi u ovom radu je osnovni model PLC-a i primjenjuje se za automatizaciju jednostavnijih uređaja i postrojenja [2]. Ovaj PLC ima osam digitalnih ulaza i šest digitalnih izlaza, te mogućnost proširenja s najviše dva dodatna modula. Proširujući moduli mogu biti izvedeni kao: digitalni ulazno/izlazni moduli, analogni ulazno/izlazni moduli, funkcijski moduli i komunikacijski moduli. Kapacitet memorije za spremanje programa je 4 KB, a PLC ima mogućnost rada s 256 brojača i vremenskih brojila. PLC S7-200 prikazan je na slici 3.

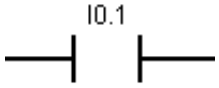


Slika 3. Struktura Siemensova PLC S7-200 uređaja [2]

2.5. OSNOVNE NAREDBE PLC-A S7-200

Svaki proizvođač PLC uređaja uz PLC prilaže i vlastitu programsku podršku. Ovisno o marki proizvođača postoje izvjesne različitosti u nazivima i označavanju naredbi, kao i u samim simbolima kojima se predstavljaju te naredbe. Dodatno, neki proizvođači omogućavaju korištenje većeg broja naredbi od drugih. Međutim, osnovne naredbe, iako možda različito označene, u svim slučajevima, imaju isto značenje.

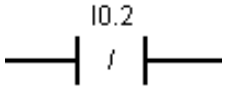
- Naredba normalno otvoreni kontakt - NO (engl. *Normally Open*)



Slika 4. Normalno otvoreni kontakt [3]

Ova naredba ispituje je li adresirani bit (stanje na ulazu I0.1) u stanju logičke jedinice. Ako je uvjet je zadovoljen ostvaruje se logički kontinuitet.

- Naredba normalno zatvoreni kontakt - NC (engl. *Normally Closed*)

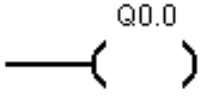


Slika 5. Normalno zatvoreni kontakt [3]

Ova naredba ispituje je li adresirani bit (stanje na ulazu I0.2) u stanju logičke nule. Ako je uvjet je zadovoljen ostvaruje se logički kontinuitet.

Obje naredbe, kada se nalaze u logičkom krugu, prate status adresiranog bita (ulazne i izlazne stezaljke ili interne memorijske adrese) i prema njegovom stanju propuštaju logički kontinuitet.

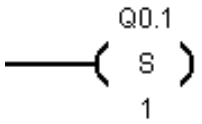
- Naredba uključi izlaz (engl. *Output*)



Slika 6. Naredba uključi izlaz [3]

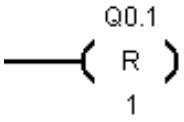
Naredba uključi izlaz koristi se za promjenu stanja (0/1) adresirane lokacije (izlaza Q0.0) kada stanje kruga (logički kontinuitet) poprimi vrijednost 1 ili 0.

- Naredba Set - postavi izlaz



Slika 7. Naredba Set [3]

- Naredba Reset - resetiraj izlaz

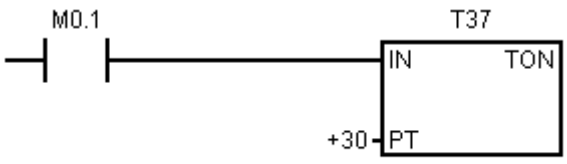


Slika 8. Naredba Reset [3]

Naredbe Set i Reset su izlazne naredbe kojima se upravlja stanjem adresiranog bita i uvijek dolaze u paru. Broj označava koliko je bitova nakon adresiranog potrebno postaviti (engl. *Set*), tj. postaviti u početno stanje (engl. *Reset*).

- TON vremensko brojilo (engl. *Timer on-delay*)

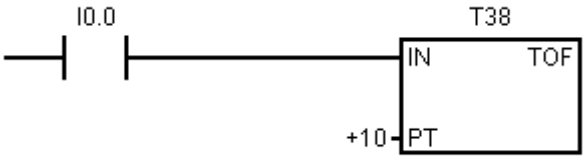
TON vremensko brojilo počinje brojati vrijeme kada se stanje pripadajućeg kruga postavi u '1'. Sve dok je stanje kruga visoko, vrijednost akumulatora se povećava. Kada vrijednost akumulatora dostigne predefinirano vrijeme (engl. *Preset time* = *PT*) vremensko brojilo završi s radom i na izlazu daje '1', u međuvremenu je na izlazu '0'.



Slika 9. TON vremensko brojilo [3]

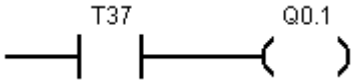
– TOFF vremensko brojilo (engl. *Timer of-delay*)

TOFF vremensko brojilo počinje brojati vrijeme kada se stanje pripadajućeg kruga postavi u '1'. Sve dok je stanje kruga visoko, vrijednost akumulatora se povećava. Kada vrijednost akumulatora dostigne predefinirano vrijeme (PT) vremensko brojilo završi s radom i na izlazu daje '0', u međuvremenu je na izlazu '1'.



Slika 10. TOFF vremensko brojilo [3]

Ovi bitovi (slika 11) se koriste na način da se pozove na stanje izlaza vremenskog brojila naredbom NO ili NC .



Slika 11. Bitovi za pozivanje na stanje izlaza brojila [3]

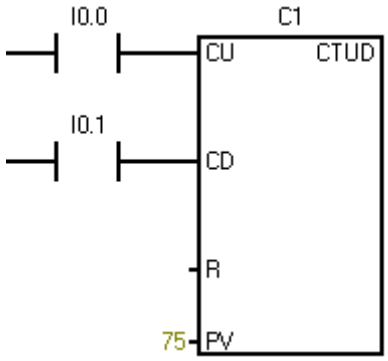
Akumulator se postavlja u početno stanje kada se izgubi logički kontinuitet kruga. Pri adresiranju vremenskog brojila koristi se oznaka Tx. Ovisno o broju x vremensko brojilo ima različitu vremensku konstantu (slika 12).

Timer Type	Resolution	Maximum Value	Timer Number
TONR	1 ms	32.767 s	T0, T64
	10 ms	327.67 s	T1-T4, T65-T68
	100 ms	3276.7 s	T5-T31, T69-T95
TON, TOF	1 ms	32.767 s	T32, T96
	10 ms	327.67 s	T33-T36, T97-T100
	100 ms	3276.7 s	T37-T63, T101-T255

Slika 12. Vremenske konstante brojila

– Naredba CTUD (engl. *Count up/down*)

Instrukcija ove vrste brojača (brojač na više/na niže) broji na više odnosno inkrementira svaki put kada ulaz brojanja stanja na više (CU) promjeni stanje iz isključenog u uključeno, te broji na niže odnosno dekrementira svaki put kada ulaz brojanja stanja na niže (CD) promjeni stanje iz isključenog u uključeno. Brojanje započinje od vrijednosti 0 i može postići vrijednost do 32767. Akumulator se postavlja na početnu vrijednost odnosno resetira kada se ispune uvjeti kruga na ulazu za resetiranje R.
Kada vrijednost akumulatora dosegne predefiniranu vrijednost (engl. *Preset value = PV*) brojač završi sa radom i postavi '1' na izlazu, u protivnom na izlazu ima postavljenu '0'.



Slika 13. CTUD naredba

3. ZADATAK

Zadatak projekta je predložiti realizaciju mjerno upravljačkog sustava javnog parkinga uporabom programibilnog logičkog regulatora.

U današnje vrijeme moderni parking prostori, osim funkcije parkiranja, moraju zadovoljavati nove standarde funkcionalnosti kao što su: sigurnost, preglednost, funkcionalnost, transparentnost i dr.

3.1. PROGRAMSKA POTPORA PLC UREĐAJA

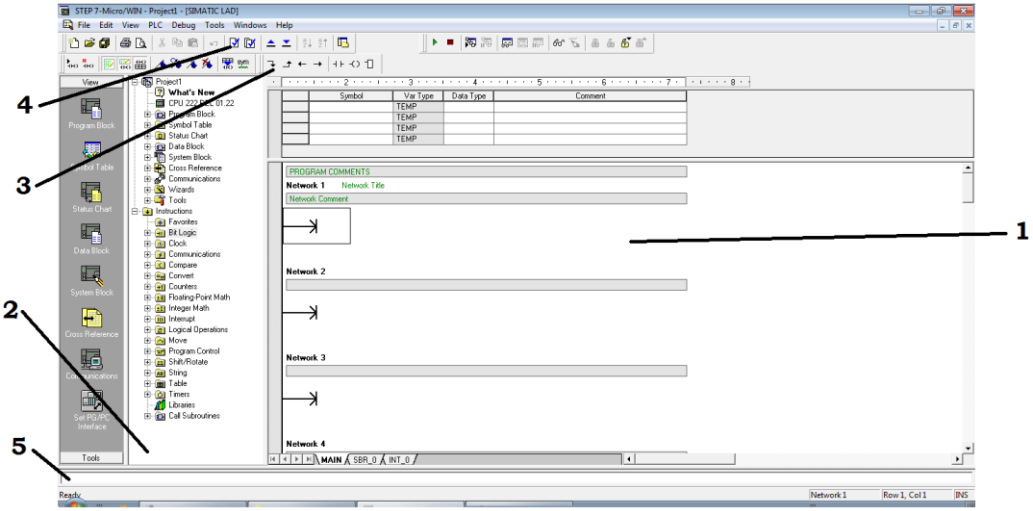
Uz svaki proizvedeni PLC proizvođač isporučuje i namjenske programske jezike koji su u skladu s standardom IEC 61131-1 (IEC=International Electrotehnical Commision). Prema tom standardu programski jezici se dijele na tekstualne i grafičke. Tekstualni programski jezici su IL - Instruction list (klasa amblerskih jezika) i ST - Structure Text (klasa proceduralnih jezika). Grafički jezici su LD - Ladder Diagram (ljestvičasti dijagram) i FB - Function Block (funkcijski blokovi). Najjednostavniji način programiranja PLC uređaja je pomoću ljestvičastog dijagrama.

Programiranje se vrši na raznim programskim alatima koje isporučuje proizvođač ili pomoću posebnog hardver za programiranje PLC uređaja. Takav komad hardvera se može direktno povezati s PLC uređajem tijekom njegova rada. Na taj način se štedi vrijeme i mijenjanje načina rada u ciklusu PLC uređaja. Hardverski programatori su malih dimenzija a namijenjeni su za male programe, spajaju se na seriski ulaz kao i PC.

Programsko programiranje se odvija na PC računalu, na kojem se pokreće aplikacija tj. programski paket STEP 7 Micro/Win. Komunikacija između programa za programiranje PLC uređaja na PC-u i samog PLC uređaja može biti i aktivna tijekom izvođenja programa. Na ovaj način na zaslonu računala mogu se pratiti stanja ulaza i izlaza tijekom rada i simulirati stanja.

3.2. KONSTRUIRANJE LJESTVIČASTOG DIJAGRAMA

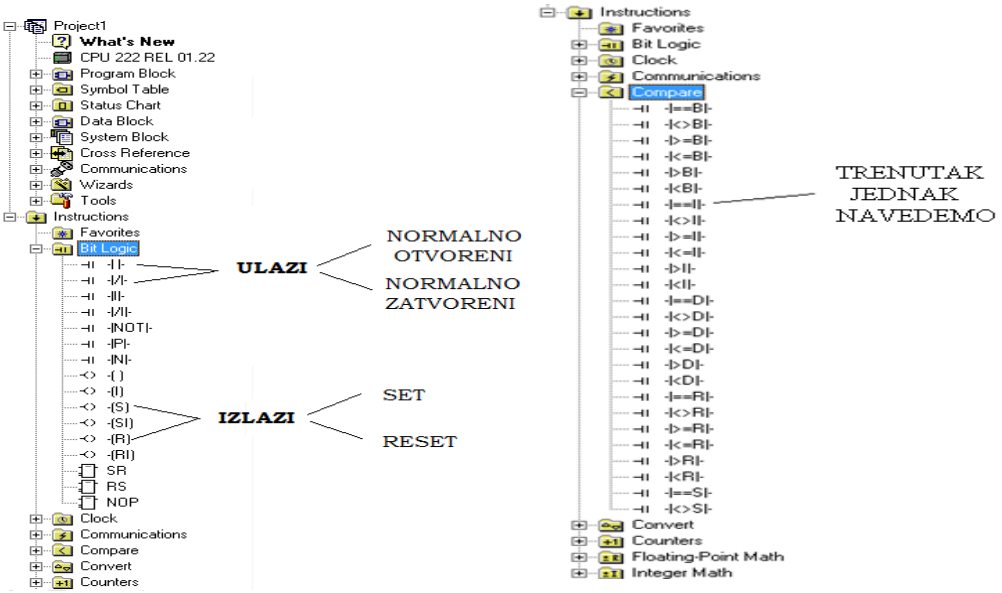
Prvi korak pri rješavanju zadatka je konstruiranje ljestvičastog (*ladder*) dijagrama u programu STEP 7- Micro/WIN prikazanom na slici 14.



Slika 14. Prikaz programa STEP 7-Micro/Win

U prostoru označenom s brojem 1 na slici 14. crta se ljestvičasti dijagram. U pravokutniku koji je označen s brojem 2 nalaze se instrukcije koje se koriste prilikom izrade ljestvičastog dijagrama.

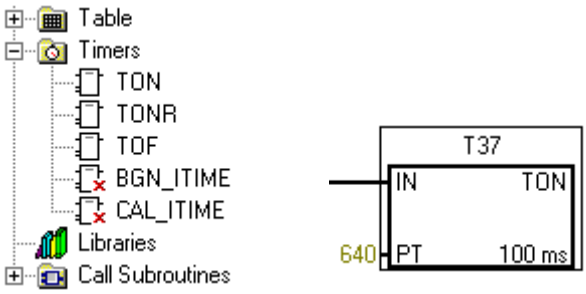
Instrukcije koje se koriste pri rješavanju projektnog zadatka prikazane su na slici 15. i slici 16.



Slika 15. Prikaz instrukcija korištenih pri izradi dijagrama

Koriste se "normalno otvoreni" ulaz u slučajevima kada je glavna sklopka zatvorena, te "normalno zatvoreni" ulaz kada je glavna sklopka otvorena. Od izlaza se koriste izlazi "set" u slučaju kad se želi "uključiti" pojedini izlaz, te izlaz "reset" kada se želi "isključiti" pojedini izlaz.

Od usporednika koristi se usporednik koji reagira kada se vrijeme tajmera izjednači s vremenom navedenim ispod usporednika, dok se poviše usporednika unosi ime tajmera s kojim je usklađen kako je prikazano na slici 16.



Slika 16. Korištenje funkcije tajmera

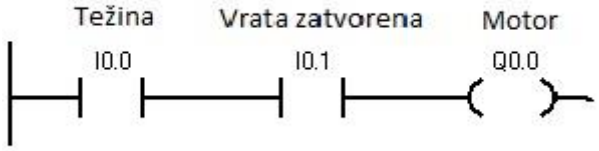
U tablici 1. prikazane su oznake ulaza i izlaza koje je potrebno koristiti prilikom kreiranja ljestvičastog dijagrama. Ulazi imaju prefiks "I", a izlazi su označeni sa prefiksom "Q". Svaki ulaz i izlaz ima jedinstvenu oznaku kojom se omogućava pristup i korištenje tijekom programiranja.

Tablica 1. Označavanje ulaza i izlaza PLC uređaja

ULAZI		IZLAZI	
I0.0	Prvi ulaz	Q0.0	Prvi izlaz
I0.1	Drugi ulaz	Q0.1	Drugi izlaz
I0.2	Treći ulaz	Q0.2	Treći izlaz
I0.3	Četvrti ulaz	Q0.3	Četvrti izlaz
I0.4	Peti ulaz	Q0.4	Peti izlaz
I0.5	Šesti ulaz	Q0.5	Šesti izlaz
I0.6	Sedmi ulaz	Q0.6	Sedmi izlaz
I0.7	Osmi ulaz	Q0.7	Osmi izlaz

3.3. LOGIČKE OPERACIJE

Osnovne naredbe čine naredbe I i ILI. Koriste se kada na ulazu PLC uređaja postoje dva uvjeta. Da bi se uvjet izvršenja naredbe odnosno aktivacija izlaza izvršila pri logičkoj operaciji "I" potrebno je da oba uvjeta budu zadovoljena. Takav primjer je karakterističan za lift. Lift ne može krenuti ako nisu zadovoljena dva uvjeta, a to su da lift ne smije biti preopterećen težinom i da su vrata lifta zatvorena. Ukoliko su ispunjeni uvjeti lift može krenuti. Primjer navedenog logičkog programiranja možemo vidjeti na slici 17.



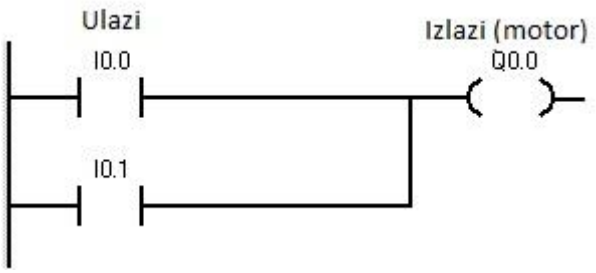
Slika 17. Logička operacija I

Da bi logička operacija I izvršila uvijek oba uvjeta moraju biti zadovoljena. Tablica 2 prikazuje logičku operacije I.

Tablica 2. Tablica logičke operacije I

I0.0	I0.1	Q0.0
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Ljestvičasti dijagram logičke operacije ILI prikazan je na slici 18. Da bi se izlaz PLC uređaja aktivirao dovoljno je da samo jedan od uvjeta bude zadovoljen.



Slika 18. Logička operacija ILI

Logička operacija ILI prikazana je u tablici 3.

Tablica 3. Tablica logičke operacije ILI

I0.0	I0.1	Q0.0
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

4. OPĆENITO O PARKINGU

4.1. DEFINICIJA I VRSTE PARKINGA

Parking je površina namijenjena zaustavljanju vozila na duže vrijeme. Proces zaustavljanja vozila se naziva parkiranje. Postoje sljedeće vrste parkiranja:

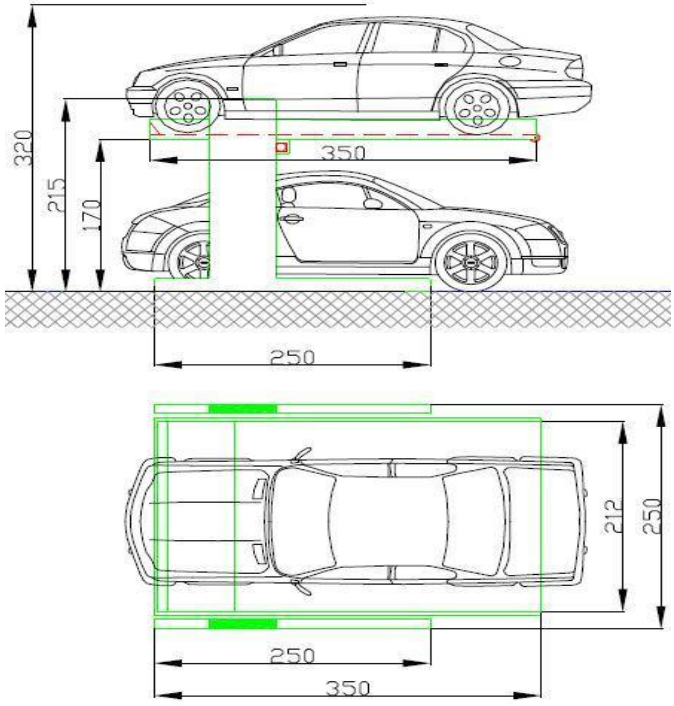
- poslovni parkinzi namjenjeni parkiranju zaposlenika tvrtki,
- parkinzi namjenjeni isključivo za invalide,
- parkinzi bolnica, državnih ustanova, muzeja itd,
- parkinzi za motore,
- javne garaže namjenjene širokom spektru građana,
- javni parkinzi na ulici i
- višekatni parkinzi u velikim gradovima.

I druge vrste parkinga koje imaju jedinstvenu namjenu, a to je ostavljanje vozila na četiri kotača ili motornih vozila na dva kotača, bicikla ili bilo kojeg drugog prijevoznog sredstva na duže vrijeme na predviđenom mjestu. Za projektni zadatak određeni su javni parkinzi za potrebe građana, uglavnom smješteni u centru grada, koji imaju naplatne automate, kućice, parkirne rampe, ucrtana paralelna, okomita parkirna mjesta na način da se na uskom prostoru mogu smjestiti što više automobila. Za prenapučene gradove osim katova s jednom površinom koriste se i parkinzi s više razina tkz. multi-katni koji mogu biti i podzemni a takvi oblici parkinga nazivaju se podzemni garažni prostori. Sva navedena parkirališta bez obzira o kakvom načinu i vrsti parkinga imaju zajedničko parkirno mjesto.

4.2. PARKIRNO MJESTO

Parkirno mjesto je položaj malog dijela slobodnog prostora označeno bijelom ili žutom crtom unutar parkirališta na tri mjesta, dvije linije sa strane i jedna na vrhu parkirnog mjesta kako bi korisnik optimalno uparkirao svoje vozilo u predviđeno mjesto. Korisnik se ovisno o vrsti i položaju parkinga može parkirati paralelno, okomito ili bočno ovisno o markerima koje na to ukazuju. Razmak između lijina koje omeđuju parkirno mjesto je

određen normativima. Dogovorno je uzeto da za kreiranje parkirnog mjesta bude vozilo čije mjere ima 85% voznog parka jer na osnovu samo jednog vozila ne možemo definirati veličinu parkirnog mjesta. Na slici 19. prikazano je tipično vozilo i mjere za parking.



Slika 19. Vozilo za projektiranje parkirnog mjesta [4]

Navedene mjere postaju polazni geometrijski standard za određivanje ne samo parking mjesta nego i cijelog parkinga. Prilikom projektiranja treba voditi računa o sljedećem:

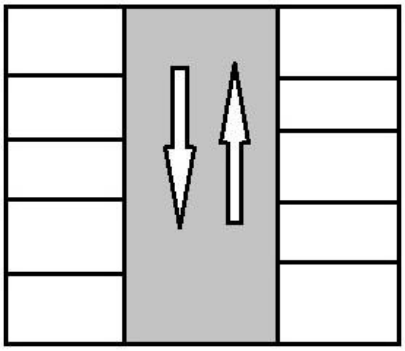
- **Širina** je minimalna mjera koja proizlazi iz uvjeta manevriranja vozila i potrebe za otvaranjem vrata. Ova mjera povlači za sobom određenu širinu prisutne staze i može se smatrati standardom za parkirališta na otvorenom prostoru.
- **Dužina** je normalna mjera koja u svim uvjetima osigurava dovoljno prostora. Kod parkinga namjenjenih dugotrajnom parkiranju dužina parkirnog mjesta može se smanjiti (10%).
- **Visina** je određena iz mjera pješaka što može biti značajno kod garažnih parkirališta. Ova mjera podrazumjeva visinu unutar koje se ne smije nalaziti nikakve fizičke osobe.

4.3. VRSTE RASPOREDA PARKIRNIH MJESTA

Prema potrebi, prostoru namjeni ali i smještaju parkirališta ovisi kakav će biti raspored parkirnih mjesta. Bez obzira na sve uvjete, parkirališta se rade s tri vrste položaja parkirnog mjesta.

- **Okomiti** (**α**=90°)parking optimalno je rješenje za parkinge koji se mogu formirati bez lokacijskog ograničenja a posebno su pogodni za garažne prostore s ortogonalnim rasporedom stupova. Slika 20. prikazuje primjer takvog parkinga.

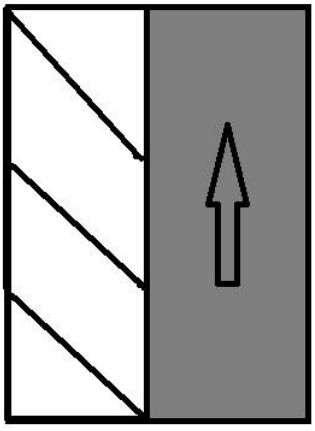
α=90°



Slika 20. Primjer prikaza sheme okomitog parkinga

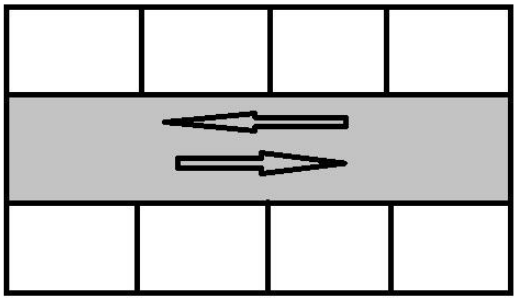
- **Kosi** ($45° \leq \alpha \leq 90°$) se u praksi primjenjuju kada je potreban brzi pristup parkiranju ili kod parkirališta koja se razvijaju u ograničenim gradskim prostorima kao što je prikazano na slici 21.

α=45°



Slika 21. Primjer prikaza sheme kosog parkiranja

- **Paralelni** parking (**α**=0°) je oblik parkinga koji zahtjeva velike sposobnosti vozača za parkiranje a primjenjuje se u slabije frekventnim gradskim ulicama ograničene regulacijske širine kao što je prikazano na slici 22.



Slika 22. Primjer prikaza sheme paralelnog parkiranja

4.4. PROBLEMATIKA PARKINGA

Postoji potreba za prostorom za parkiranje, jer u današnje vrijeme kada je razvoj automobilske industrije na vrhuncu i kada svakodnevno na ulicama osvane nekoliko tisuća novih automobila poznato je da 90% vremena automobili provedu na parkingu, zato je nužno unaprijed osigurati prostor za parkiranje. Za potrebe parkiranja u Hrvatskoj u velikim gradovima potrebno je osigurati 1.3 - 1.8 parkirnih mjesta po jednom vozilu. Na osnovu ovog podatka a i trenutnog stanja na našim cestama može se zaključiti da:

- je individualni promet na cestama krajnje neracionalan i
- parkiranje predstavlja veliki urbanistički problem čije rješenje zahtjeva smislen pristup i planiranje u rješavanju problema parkiranja kako u ekonomskom tako i u tehničkom smislu.

Parkiranje se odvija na dva mjesta - polazište i odredište. To su akcije koje se događaju često na potezu grad-grad gdje se javlja potreba da se dođe do odredišta: kuća, posao, trgovina ili negdje drugdje. Jedan od velikih problema parkiranja je i parkiranje uz stan koje se danas rješava tako da se uz stan nudi i prodajno parkirno mjesto. Parkiranje za sve ostale namjene je stvar vlastitog izbora. Dužnost grada ali i korisnika jest osigurati javno parkirno mjesto, uz predefinirane urbanističke uvjete uz obavezu upravljanja i iskorištavanja parkinga.

5. REALIZACIJA MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA JAVNOG PARKINGA

5.1. PROJEKT UPRAVLJANJA JAVNIM PARKINGOM

Vrata parkinga se realiziraju uporabom automatizacije procesa tako da o njihovom otvaranju i zatvaranju ne brine čovjek. Za registriranje automobila na ulazu koriste se magnetski senzori, a za registriranje vozila koje je ušlo na parking koriste se fotoelektrični senzori te se rampa spušta. Ukoliko vozač ipak odluči da ne prođe postavlja se vremensko brojilo kako bi se vrata automatski zatvorila. Cijelo vrijeme hardverski i softverski onemogućeno je spuštanje rampe dok je aktiviran motor za otvaranje rampe kako nebi došlo do oštećenja vozila. Signalni semafori pokazuju je li parking slobodan ili zauzet. Kada je parking popunjen, ulazna rampa je blokirana i uključuje se crvena signalizacija koja obaviještava da je parking popunjen. Cijeli proces upravljanja javnim parkingom odvija se autonomno i bez neposrednog nadzora.

5.2. ELEMENTI MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA PARKINGA

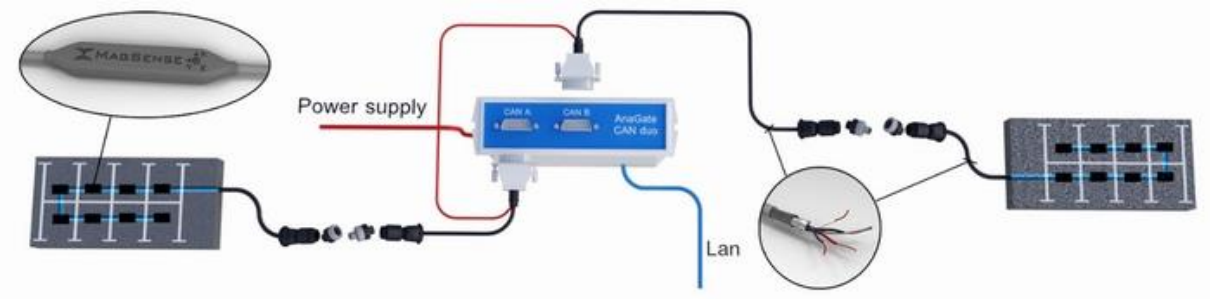
Mjerno upravljački sustav parkinga je složeni sustav kojem putem komunikacijskih kanala upravlja PLC uređaj, te na taj način djeluje na funkcioniranje javnog parkinga. Osnovni dijelovi su:

- magnetski senzor za detekciju vozila (na ulazu i izlazu parkinga)
- motori za otvaranje i zatvaranje rampe
- LED indikator za zauzeće parkinga (zeleno i crveno)
- fotoelektrični senzor

5.2.1. Magnetski senzori za detekciju vozila

Vozila mogu biti detektirana različitim načinima. Senzor prepoznaje vozilo kao promjenu magnetnog polja Zemlje uzrokovane feromagnetskim metalima. Magnetski senzor je "elektronička komponenta" koja može detektirati i najmanje promjene u Zemljinom

magnetskom polju. U sadašnjim sustavima za detekciju prisutnosti vozila, senzor prvo očitava vrijednosti magnetskog polja bez prisutstva vozila. Kod utjecaja feromagnetskih materijala koji je sadržan u različitim vozilima. Kada vozilo uđe u djelokrug senzora, senzor prepoznaje promjenu magnetskog polja, i šalje podatke na poslužitelj. Senzor ne prepoznaje samo feromagnetske materijale već i vrtložne struje. Na slici 23. prikazan je pojednostavljeni shematski prikaz mreže senzora.



Slika 23. Pojednostavljeni shematski prikaz mreže senzora

Detekcija vozila pomoću sustava magnetskog senzora nije ograničena samo na osobne automobile, već je moguće koristiti magnetski senzor za detekciju kamiona i buseva. Kod ove metode, stopa detekcije autobusa i kamiona vrlo je slična kao i kod automobila. Senzor detektira individualna parkirna mjesta pomoću mreže senzora zaštićene patentom. Vozila se također mogu brojiti kod ulaza i izlaza iz objekta [5].

Na slici 24. prikazana je tehnologija koju nudi MagSense koja je moćnija od svih metoda detektiranja koje su korištene prije. Tehnologija može biti korištena kod parkiranih vozila, te vozila koja se kreću; može se koristiti kod brojanja i klasifikacije prometa; ulaza i izlaza (npr. garaža). Senzori se također mogu koristiti kod kontrole semafora, kontrole pristupa itd..



Slika 24. "MagSense makes Sense" senzor

Senzori su povezani preko PROFIBUSS RS 485 kabela s centralnom jedinicom. Svakom senzoru dodjeljena je fizička adresa na osnovu koje PLC uređaj poziva njegov ulaz.

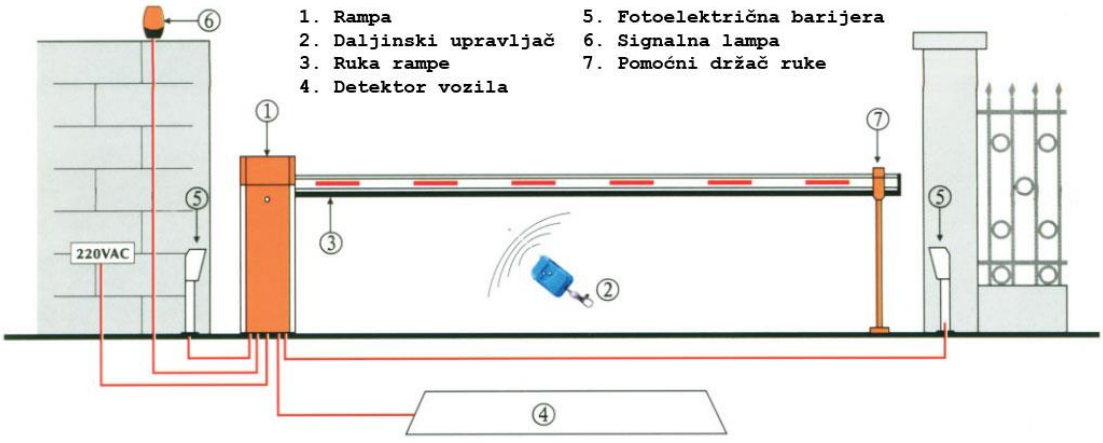
5.2.2. Motori za otvaranje i zatvaranje rampe

Za motore koriste se rampe s 24 V DC neverzibilnim motorima smještenim u galvaniziranom kućištu. Motori imaju upravljačku ploču i unutarnji logički regulator. Karakteristike motora opisane su u tablici 4.

Tablica 4. Osnovne karakteristike DC motora G400

TIP	MASA	NAPAJANJE	POTROŠNJA	SNAGA MOTORA	REDUKCIJA	MAX.OKRETNI MOMENT	VRIJEME
G400	47 Kg	24 V DC	15A max	300W	1/202	200Nm	2-6 s

Motor preko unutrašnjeg mehanizma zupčanika vrši redukciju zakretanja rampe na vremensko ograničenje od 2 - 6 sekundi. Vrtnja se odvija preko ležajeva koji imaju trajno samopodizanje. Upravljačka ploča napaja se iz 24 V DC napajanja, koje daje transformator i zaštićena je osiguračem. Rampa ima mogućnost proširenja kao što su sigurnosne foto-ćelije, svjetla na rampi, zaštitna fotoosjetljiva barijera, alarm itd.. Također postoji procedura kalibriranja i pripreme motora rampe. Rampu pokreće navedeni motor, uz rampu tu se nalazi spomenuti magnetski senzor za detekciju vozila te foto el. senzor koji ima funkciju detekcije da je automobil ušao u parking. Time postoji mogućnost da se vozač koji je imao namjeru parkirati predomisli i ne uđe u parking. Izgled rampe je prikazan na slici 25.



Slika 25. Prikaz rampe na ulazu/izlazu parkinga [6]

5.2.3. LED indikator za zauzeće parkinga (zeleno i crveno)

Prilikom dolaska na parking pred rampu su postavljena dva semafora koji će indicirati stanje unutar parkinga. Za brojanje automobila projektiran je brojač PLC uređaja koji upravlja svjetlom signalizacije. Ako je parking popunjen pali se crveni LED semafor i rampa se blokira. Ako postoje slobodna mjesta svjetli zeleni LED semafor. Svjetlosna signalizacija je ugrađena na vidljivo mjesto na ulazu u parking. Svjetlosna signalizacija prikazana je na slici 26.



Slika 26. Semafor na ulazu u parking

Podaci za oba semafora se ne razlikuju osim u boji svjetla. Semafori imaju unutrašnji AC/DC transformator i nije im potreban dodatni pretvarač napona već se direktno spajaju na mrežu. U projektu semafor će biti aktiviran PLC uređajem preko izlaznih releja ovisno o stanju na parkingu. Semafori imaju vlastiti nosač te ih je potrebno instalirati na metalnu cijev.

5.2.4. Fotoelektrični senzor

Za detekciju na ulazu i izlazu parkinga koristi se fotoelektrični senzor E3Z model R66 tvrtke prikazan na slici 27.



Slika 27. Fotoelektrični senzor E3Z tip R66

Fotoelektrični senzor emitira zraku svjetlosti koja se reflektira od reflektirane trake koja se nalazi na drugoj strani što je prikazano na slici 28. Kada automobil prođe rampu zraka se prekine i aktivira se fotoelektrični senzor koji daje PLC uređaju signal da zatvori rampu.



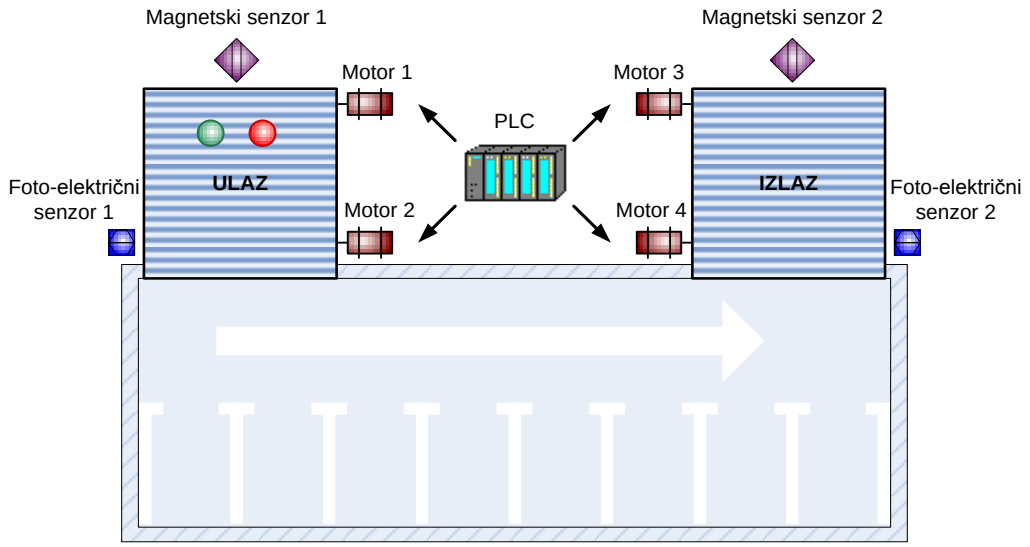
Slika 28. Senzor u kombinaciji s reflektiranom trakom

Senzor je otporan na prašinu i udarce ali isto tako i na zaprljanost reflektivne folije jer ima mogućnost da detektira i najmanju zraku koja dolazi s te folije što ga čini neosjetljivim na bilo kakvu prljavštinu osim u ekstremnim slučajevima kada refleksije praktički nema. Senzor se spaja na izvor napajanja od 24 V DC te na PLC uređaj.

5.3. FIZIKALNO OBJAŠNJENJE MJERNO-UPRAVLJAČKOG SUSTAVA JAVNOG PARKINGA

U trenutku kada vozilo naiđe na magnetski senzor koji je instaliran u betonsku podlogu na ulazu u parking, aktivira se PLC uređaj koji na osnovu informacije ulaza daje singal rampi tj. motoru o otvaranju ili neotvaranju (ukoliko svijetli crveno svijetlo odnosno

kapacitet parkinga je potpuno zauzet). Rampa se otvara te ostaje otvorena sve dok automobil potpuno ne uđe u prostor parkinga pritom PLC istovremeno aktivira vremensko brojilo koje zatvara vrata (ili spušta rampu) nakon zadanog vremenskog intervala ukoliko vozilo ne uđe na parking. Ukoliko vozilo prođe na parking vrata se zatvaraju aktiviranjem foto el.senzora koji šalje signal PLC-u da je vozilo ušlo, te da se vrata mogu slobodno zatvoriti. Istovremeno foto el.signal inkrementira vrijednost brojača zauzetih mjesta. Proces ulaska vozila se može periodički ponavljati sve dok je vrijednost brojača zauzetih mjesta manja od zadane fizičke konstante ukupnog kapaciteta parkinga. Dok je ispunjen navedeni uvjet na ulazu u parking će biti aktivan indikator zelenog svijetla. Kada se vrijednost brojača zauzetih mjesta izjednači sa vrijednošću fizičke konstante ukupnog kapaciteta parkinga uključuje se crveno svjetlo na ulazu parkinga te se blokira rampa za otvaranje jer je parking popunjen. Prilikom izlaska vozila sa parkinga događa se obrnuta situacija, odnosno vrijednost brojača zauzetih mjesta se dekrementira. Regulacija ulaska i izlaska sa parkinga omogućuje nesmetano prometovanje i parkiranje, pravodobnu informaciju o stanju na parkingu te spriječava nastajanje gužve na parkingu čime parking postaje svojevrsni "pametni" parking. Na slici 29. prikazan je fizički koncept mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga.

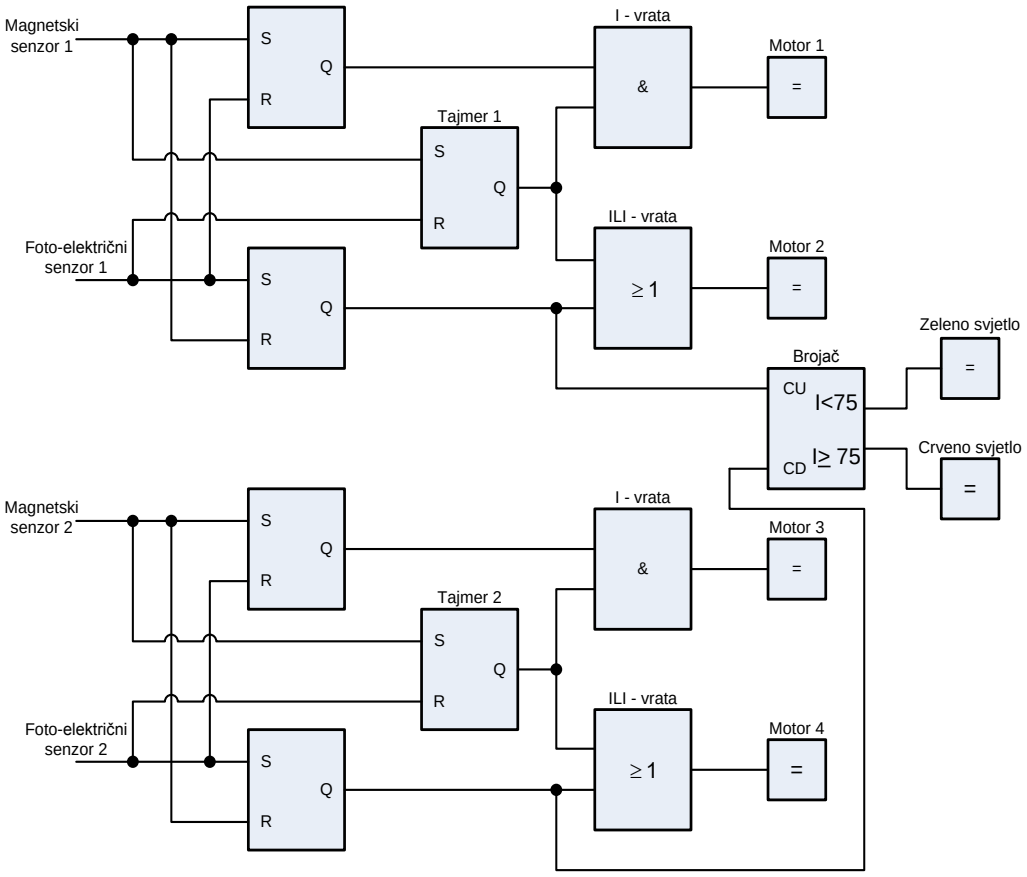


Slika 29. Fizički koncept mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga

Logička shema mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga prikazana je na slici 30. Aktiviranjem magnetskog senzora 1 setira se SR bistabi 1 te tajmer 1. Izlazi ova dva sklopa vode na ulaze logičkih "I"-vrata, zatim se taj signal proslijeđuje motoru zaduženom za

otvaranje ulaznih vrata parkinga. Setiranje SR bistabila1 utječe na blokiranje rada SR bistabila 2, čime je onemogućeno i istovremeno aktiviranje motora 2, koji je zadužen za zatvaranje ulaznih vrata parkinga. Tajmer služi kako bi bilo omogućeno automatsko zatvaranje ulaznih vrata, ukoliko vozilo aktivira magnetski senzor 1 ali vozač ipak odluči da ne uđe u parking.

Kada cijelo vozilo prođe kroz vrata aktivira se foto el.senzor 1 te se zaustavlja brojanje tajmera 1 i postavlja njegova vrijednost na 0. Također se setira SR bistabil 2 koji resetira SR bistabil 1, te se proslijeđuje signal na I vrata čime će biti omogućeno paljenje motora 2 tj. zatvaranje ulaznih vrata parkinga. Aktiviranje foto el.senzora 1 vrši inkremetiranje brojača koji je zadužen za evidenciju stanja kapaciteta unutar parkinga. Ukoliko je stanje brojača veće ili jednako fizičkom kapacitetu parkinga (u ovom slučaju 75) upaljena je crvena signalna lampica te je spriječen daljnji ulazak vozila. Postupak za aktiviranje izlaznih vrata je identičan. Razlika je u tome što aktiviranje foto el.senzora 2, prilikom zatvaranja vrata, dekrementira stanje brojača odnosno umanjuje broj vozila za jedan.



Slika 30. Logička shema mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga

5.4. PROGRAMSKI KOD U LJESTVIČASTOM DIJAGRAMU

Za programiranje PLC-a serije S7-200 koristi se program "STEP 7-Micro/WIN 32" program koji se odlikuje brzim i jednostavnim programiranjem, te nudi mogućnost programiranja u tri standardna editora [7]:

1.) STL (engl. *Statement List)* - instrukcijske liste - programiranje na nivou asemblera,
2.) FBD (engl. *Function Block Diagram*) - funkcijsko blokovski dijagrami (grafičko programiranje),
3.) LAD (engl. *Ladder Logic Diagram)* - ljestvičasti dijagrami.

U ovom radu korištena je tehnika programiranja u ljestvičastom dijagramu. U ljestvičastom dijagramu koriste se logičke tvrdnje istina 1 ili neistina 0. Svaki logički krug mora imati bar jednu izlaznu naredbu te jedan ili više uvjeta koji moraju biti zadovoljeni da bi izlazna naredba bila valjana, odnosno da bi se izvršila.

Prilikom kreiranja projekta potrebno je izvršiti slijedeće korake:

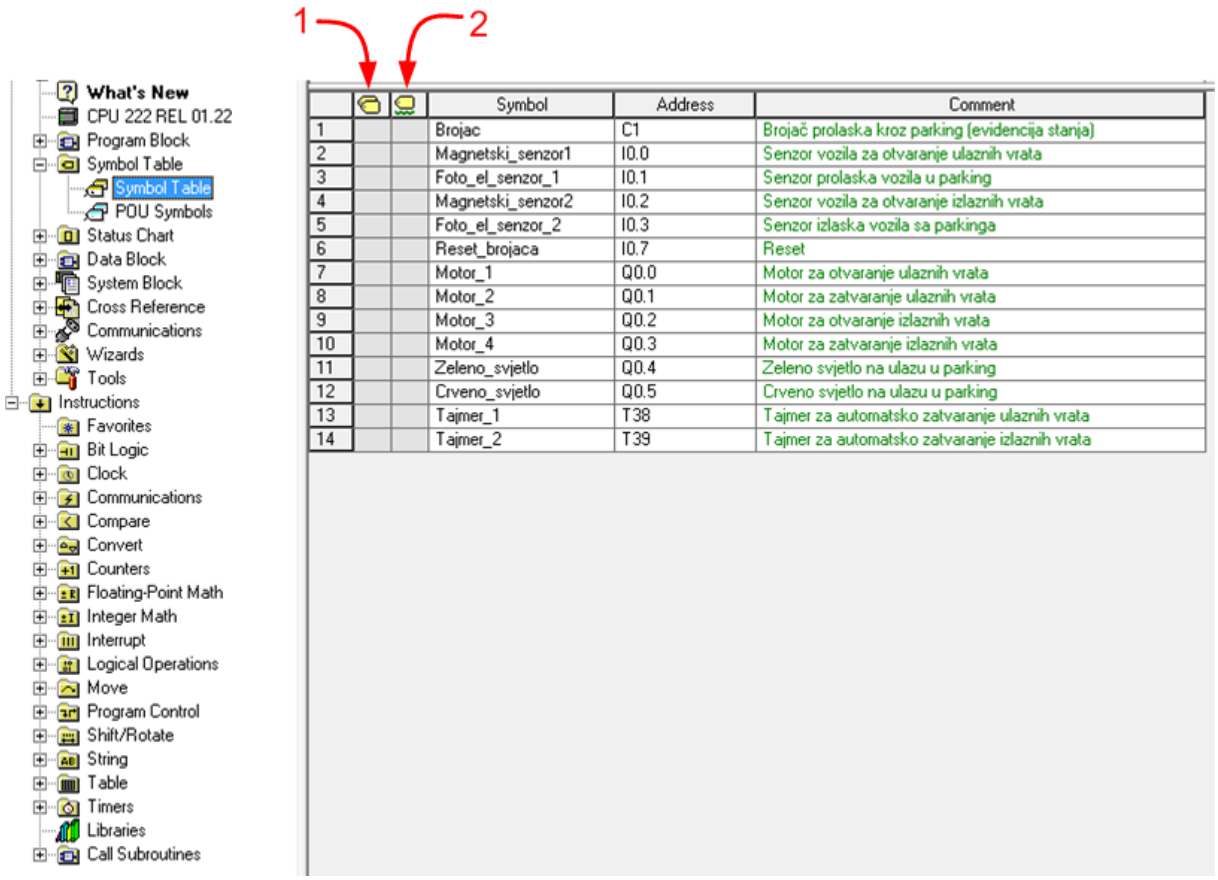
- kreiranje novog projekta,
- kreiranje liste simbola (definicija varijabli),
- kreiranje OB1 objekta,
- kompajliranje ili prevođenje programa te detekcija eventualnih greški,
- prijenos programa na simulator,
- nadgledanje izvršavanja programa.

Kako bi se uspješno provelo programiranje PLC-a koji će potom upravljati procesom program se na neki način mora ispitati. Ispitivanje progama je moguće samo ako izvorni kod nakon kompajliranja ne sadrži logičke i sintaksne greške. Ispitivanje programa može se izvršiti samo na način da se na ulaze PLC-a dovede stanje veličina iz realnih uvjeta u procesu. Za to se koriste tzv. simulatori stanja PLC-a. Simulator stanja je niz prekidača i kontrolnih indikatora koji se zasebno spoje na ulaze i izlaze PLC-a. Na taj način dobije se simulacija rada PLC-a vjerodostojna stvarnim uvjetima u procesu kako bi se mogao ispitati program. Programiranje i ispitivanje vrši se za radnim stolom. Kada je testiranje gotovo PLC se prenosi u pogon, te ugrađuje u proizvodni proces. Neki proizvođači nude mogućnost simuliranja

stanja programski što je dobro kada su u pitanju manji procesi (nema potrebe za izradom simulatora).

Prije pisanja instrukcija u ljestvičastom dijagramu poželjno je unaprijed definirati i adresirati sve varijable koje će se koristiti u projektu. Varijable se definiraju u izborniku *Symbol Table* sa lijeve strane. Za realizaciju mjerno upravljačkog sustava javnog parkinga potrebno je koristiti varijable definirane na slici 31. Iz slike 31 vidljivo je da se prilikom definiranja varijabli koriste dva kontrolna stupca:

1.) Prvi kontrolni stupac – osigurava da nema konflikta varijabli na istim memorijskim lokacijama, odnosno da je svaka varijabla definirana jedinstveno.
2.) Drugi kontrolni stupac – osigurava da su sve varijable naknadno korištene prilikom konstruiranja mreža ljestvičastih dijagrama, odnosno da nema nepotrebno definiranih varijabli ili onih koje je korisnik previdio u programiranju konačnog rješenja.



	Symbol	Address	Comment
1	Brojac	C1	Brojač prolaska kroz parking (evidencija stanja)
2	Magnetski_senzor1	I0.0	Senzor vozila za otvaranje ulaznih vrata
3	Foto_el_senzor_1	I0.1	Senzor prolaska vozila u parking
4	Magnetski_senzor2	I0.2	Senzor vozila za otvaranje izlaznih vrata
5	Foto_el_senzor_2	I0.3	Senzor izlaska vozila sa parkinga
6	Reset_brojaca	I0.7	Reset
7	Motor_1	Q0.0	Motor za otvaranje ulaznih vrata
8	Motor_2	Q0.1	Motor za zatvaranje ulaznih vrata
9	Motor_3	Q0.2	Motor za otvaranje izlaznih vrata
10	Motor_4	Q0.3	Motor za zatvaranje izlaznih vrata
11	Zeleno_svjetlo	Q0.4	Zeleno svjetlo na ulazu u parking
12	Crveno_svjetlo	Q0.5	Crveno svjetlo na ulazu u parking
13	Tajmer_1	T38	Tajmer za automatsko zatvaranje ulaznih vrata
14	Tajmer_2	T39	Tajmer za automatsko zatvaranje izlaznih vrata

Slika 31. Definicija varijabli

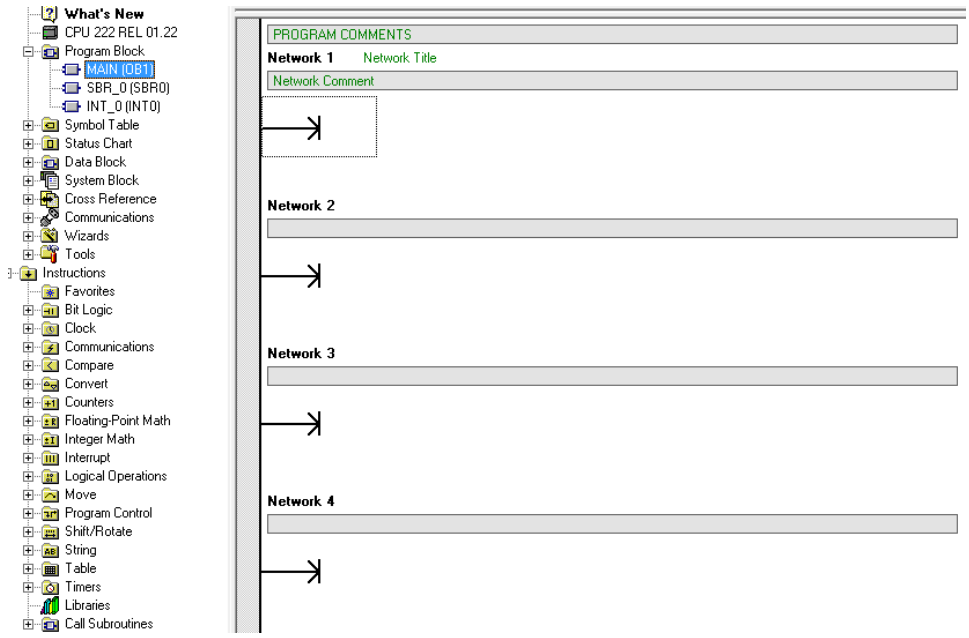
Iz slike 31. je vidljivo da je ovaj skup definicija potpuno ispravno deklariran jer zadovoljava oba kontrolna stupca. Prilikom deklaracije varijabli potrebno je odrediti:

- nazive varijabli,
- memorijsku adresu varijabli sa pripadajućim prefiksom koji definira je li varijabla ulaznog (I), izlaznog (Q), brojačkog (C) ili tajmerskog (T) karaktera,
- komentar koji služi kako dodatno pojašnjenje svrhe svake varijable.

Nakon definicije varijabli pristupa se izradi pisanja sekvenci u ljestvičastim dijagramima. Mjerno-upravljački sustav javnog parkinga realiziran je pomoću devet mreža ljestvičastih dijagrama, a to su:

1.) Mreža 1: Otvaranje ulaznih vrata,
2.) Mreža 2: Zatvaranje ulaznih vrata,
3.) Mreža 3: Automatsko zatvaranje ulaznih vrata,
4.) Mreža 4: Otvaranje izlaznih vrata,
5.) Mreža 5: Zatvaranje izlaznih vrata,
6.) Mreža 6: Automatsko zatvaranje izlaznih vrata,
7.) Mreža 7: Brojač za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta,
8.) Mreža 8: Zeleno svjetlo na ulazu,
9.) Mreža 9: Crveno svjetlo na ulazu.

Ljestvičasti dijagrami se izrađuju odabirom *Program Block/Main (OB1*) sa izbornika sa lijeve strane kako je prikazano na slici 32.

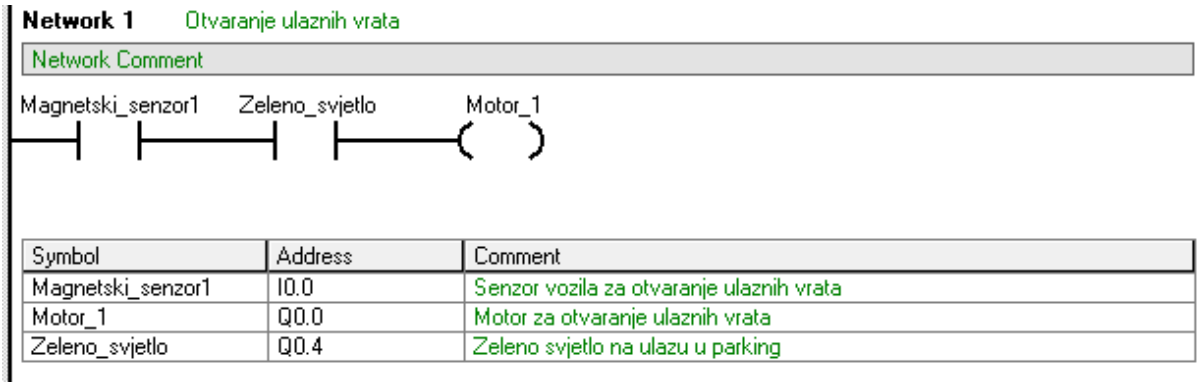


Slika 32. Odabir Main (OB1) za izradu ljestvičastih dijagrama

U daljnjem nastavku rada biti će detaljno objašnjene funkcije svake pojedine mreže ljestvičastih dijagrama.

5.4.1. Mreža 1: Otvaranje ulaznih vrata

Na slici 33. prikazana je mreža 1 koja definira sekvencu otvaranja ulaznih vrata. Otvaranje ulaznih vrata je uvjetovano sa dva uvjeta pomoći I vrata. Dakle, kako bi se ulazna vrata otvorila potrebno je da se uključi magnetski senzor 1 (I0.0) za detekciju vozila te da na ulazu u parking istovremeno svijetli zeleno svjetlo (Q0.4) što je osigurano serijskim spojem uvjetnih varijabli. Samo u tom slučaju aktivirat će se motor 1 (Q0.0) te pokrenuti podizanje ulaznih vrata ili otvaranje rampe javnog parkinga.



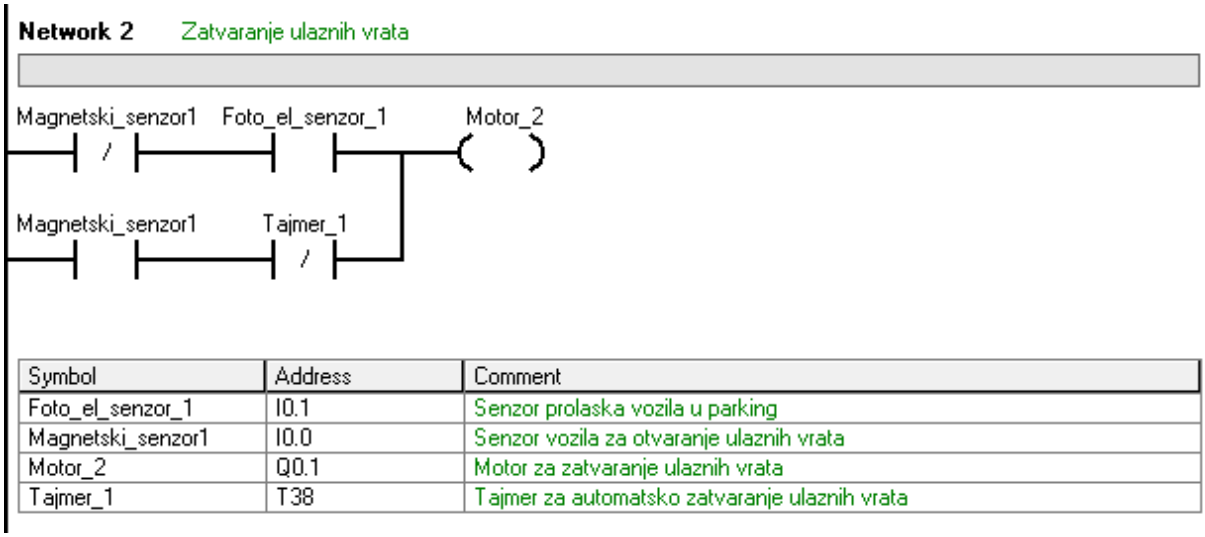
Symbol	Address	Comment
Magnetski_senzor1	I0.0	Senzor vozila za otvaranje ulaznih vrata
Motor_1	Q0.0	Motor za otvaranje ulaznih vrata
Zeleno_svjetlo	Q0.4	Zeleno svjetlo na ulazu u parking

Slika 33. Otvaranje ulaznih vrata

5.4.2. Mreža 2: Zatvaranje ulaznih vrata

Zatvaranje rampe na ulazu u parking programira se, također, u ljestvičastom dijagramu kako je prikazano na slici 34. Kada vozilo uđe u prostor parkinga i napusti magnetski senzor na ulazu u parking, ulaz I0.0 PLC-a postat će normalno otvoren. Budući da je vozilo ušlo u prostor parkinga aktivirat će se i fotoelektrični senzor 1 te će time aktivirati ulaz I0.1 PLC uređaja. Logičkom operacijom I ulaza I0.0 i I0.1 aktivirat će se izlaz PLC uređaja Q0.1 odnosno aktivirat će se zatvaranje ulaznih vrata ili rampe parkinga. Ukoliko vozilo ipak ne uđe u prostor parkinga (vozač se predomisli) u paralenoj grani ljestvičastog dijagrama (što

odgovara ILI operaciji) aktivirat će se tajmer 1 (prelazi iz normalno zatvorenog u normalno otvoreni kontakt) te logičkom operacijom I ulaza I0.0 i T38 aktivira se motor 2 (Q0.1) za zatvaranje ulaznih vrata parkinga.

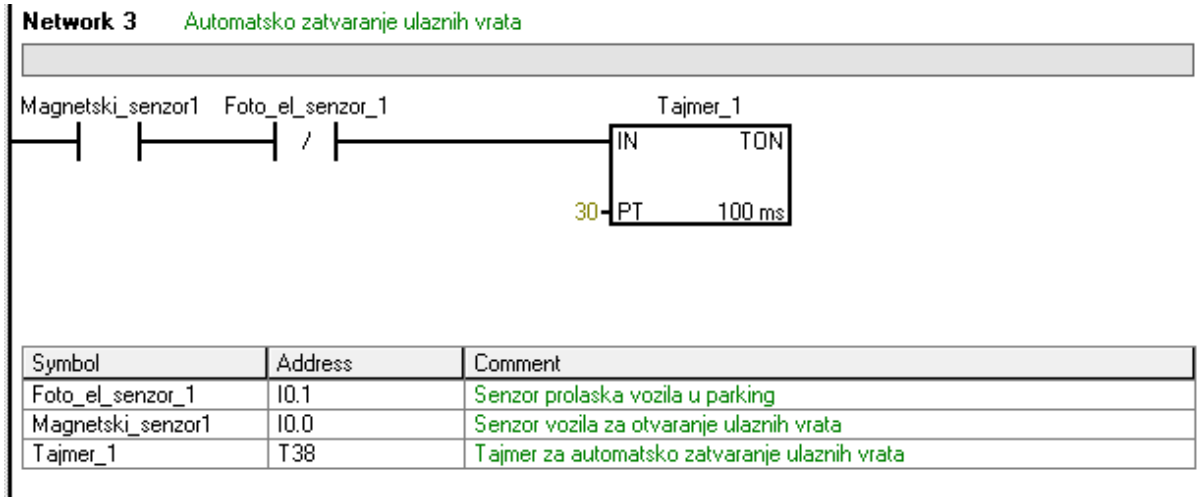


Symbol	Address	Comment
Foto_el_senzor_1	I0.1	Senzor prolaska vozila u parking
Magnetski_senzor1	I0.0	Senzor vozila za otvaranje ulaznih vrata
Motor_2	Q0.1	Motor za zatvaranje ulaznih vrata
Tajmer_1	T38	Tajmer za automatsko zatvaranje ulaznih vrata

Slika 34. Zatvaranje ulaznih vrata

5.4.3. Mreža 3: Automatsko zatvaranje ulaznih vrata

U mreži 3 programirano je automatsko zatvaranje ulaznih vrata što je prikazano na slici 35.



Symbol	Address	Comment
Foto_el_senzor_1	I0.1	Senzor prolaska vozila u parking
Magnetski_senzor1	I0.0	Senzor vozila za otvaranje ulaznih vrata
Tajmer_1	T38	Tajmer za automatsko zatvaranje ulaznih vrata

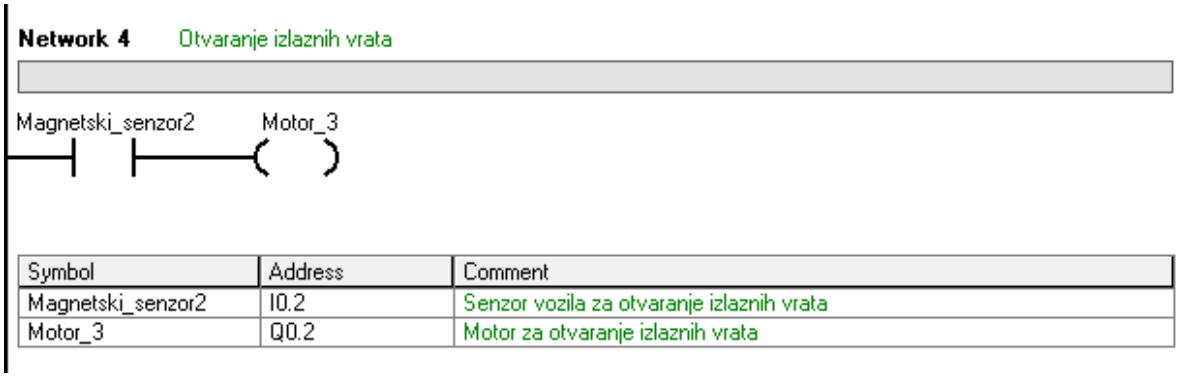
Slika 35. Automatsko zatvaranje ulaznih vrata

Automatsko zatvaranje ulaznih vrata uvjetovano je logičkom operacijom I na način da istovremeno mora biti aktiviran magnetski senzor 1 (I0.0) ali nije aktiviran foto el.senzor 1

(I0.1) odnosno vozilo ipak nije ušlo u parking iako je bilo detektirano na ulazu. U tom slučaju tajmer 1 (T38) nakon proizvoljno zadanih 30 sekundi automatski zatvara ulazna vrata, odnosno aktivira motor 2 u mreži 2.

5.4.4. Mreža 4: Otvaranje izlaznih vrata

U mreži 4 programirana je, ljestvičastom logikom, sekvenca otvaranja izlaznih varata parkinga što je prikazano na slici 36. Prilikom otvaranja izlaznih vrata parkinga potrebno je da se ispuni samo jedan uvjet, a to je pristupanje vozila odnosno detekcija vozila magnetskim senzorom 2 (I0.2). Ukoliko je taj uvjet zadovoljen aktivira se Q0.2 izlaz PLC uređaja tj. pokreće se motor za otvaranje izlaznih vrata.

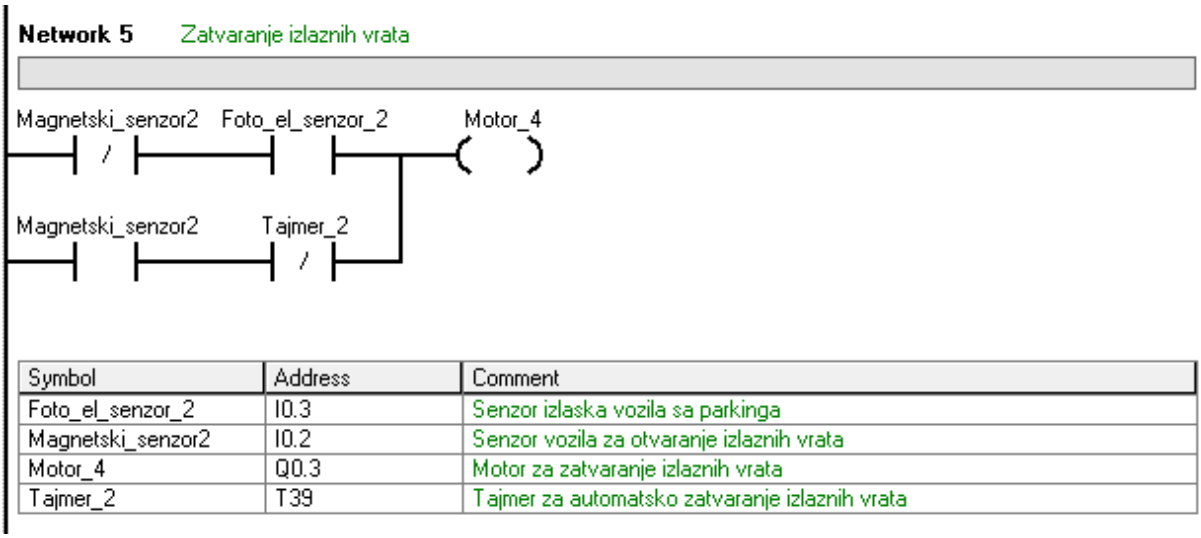


Symbol	Address	Comment
Magnetski_senzor2	I0.2	Senzor vozila za otvaranje izlaznih vrata
Motor_3	Q0.2	Motor za otvaranje izlaznih vrata

Slika 36. Otvaranje izlaznih vrata

5.4.5. Mreža 5: Zatvaranje izlaznih vrata

Na slici 37 prikazana je sekvenca zatvaranja izlaznih vrata parkinga programirana ljestvičastom logikom u mreži 5. Napuštanjem parkinga vozilo izlaskom iz magnetskog polja magnetskog senzora 2 (I0.2) aktivira fotoelektrični senzor 2 (I0.3). Logičkom operacijom I ulaza I0.2 i I0.3 aktivirat će se izlaz Q0.3 PLC uređaja odnosno pokrenit će se motor za zatvaranje izlaznih vrata ili rampe parkinga. Ukoliko vozilo prilikom dolaska na izlazna vrata parkinga ipak ne izađe sa parkinga aktivirat će se tajmer T39 (prelazi iz normalno zatvorenog u normalno otvoreni kontakt) koji nakon zadanog vremenskog intervala pokreće motor 4 (Q0.3) odnosno zatvara izlazna vrata parkinga.

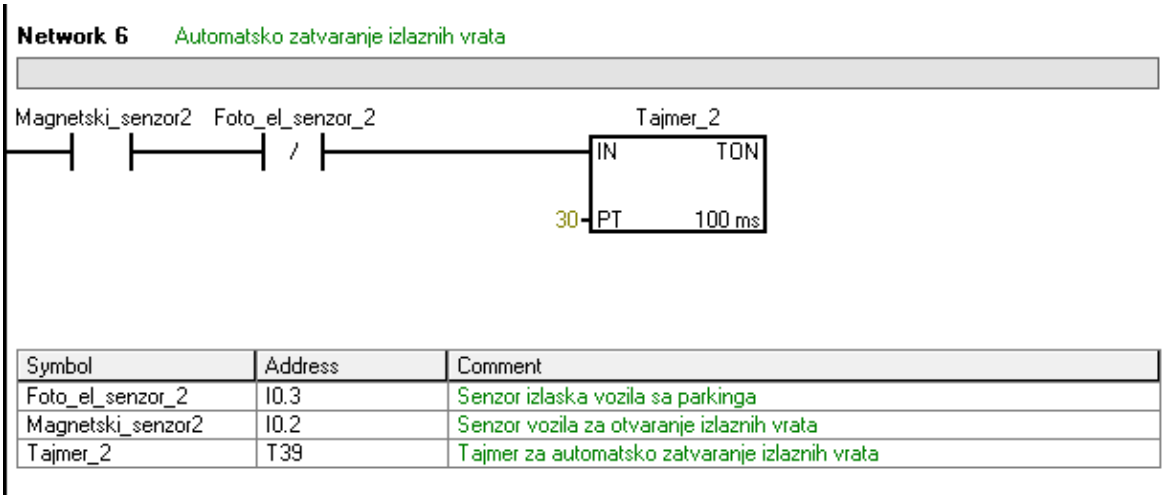


Symbol	Address	Comment
Foto_el_senzor_2	I0.3	Senzor izlaska vozila sa parkinga
Magnetski_senzor2	I0.2	Senzor vozila za otvaranje izlaznih vrata
Motor_4	Q0.3	Motor za zatvaranje izlaznih vrata
Tajmer_2	T39	Tajmer za automatsko zatvaranje izlaznih vrata

Slika 37. Zatvaranje izlaznih vrata

5.4.6. Mreža 6: Automatsko zatvaranje izlaznih vrata

Na slici 38 prikazana je mreža 6 u kojoj je, ljestvičastom logikom, programirana sekvenca automatskog zatvaranja izlaznih vrata parkinga. Automatsko zatvaranje izlaznih vrata parkinga uvjetovano je logičkom operacijom I na način da istovremeno mora biti aktiviran magnetski senzor 2 (I0.2) ali nije aktiviran foto el.senzor 2 (I0.3) odnosno vozilo ipak nije izašlo sa parkinga iako je bilo detektirano na izlazu (vozač se ipak odluči još zadržat na parkingu). U tom slučaju tajmer 2 (T39) nakon proizvoljno zadanih 30 sekundi kontrolirano automatski zatvara izlazna vrata, odnosno aktivira motor 4 u mreži 5.

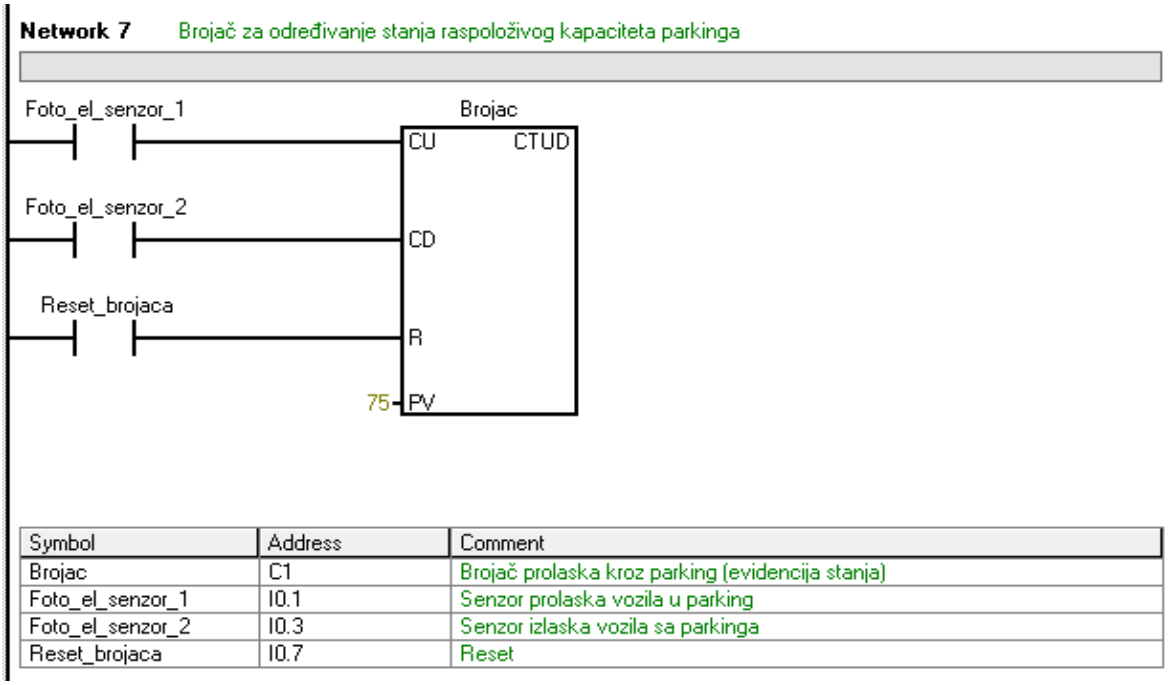


Symbol	Address	Comment
Foto_el_senzor_2	I0.3	Senzor izlaska vozila sa parkinga
Magnetski_senzor2	I0.2	Senzor vozila za otvaranje izlaznih vrata
Tajmer_2	T39	Tajmer za automatsko zatvaranje izlaznih vrata

Slika 38. Automatsko zatvaranje izlaznih vrata

5.4.7. Mreža 7: Brojač za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta

Na slici 39 prikazana je mreža 7 u kojoj je, ljestvičastom logikom, programirana sekvenca rada brojača za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta parkinga. Brojač za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta parkinga programiran je upotrebom CTUD naredbe odnosno primjenom jedinstvenog istovremenog brojača na više/na niže definiranog kao C1. Brojač istovremeno ima mogućnost inkrementa (podizanje vrijednost brojača za 1 na više) i dekrementa (spuštanje vrijednosti brojača za 1 na niže). Inkrementiranje brojača C1 uvjetovano je prolaskom vozila u parking, odnosno detekcijom tog prolaska foto el. senzorom 1 (I0.1), dok je istovremeno dekrementiranje brojača C1 uvjetovano izlaskom vozila sa parkinga, odnosno detekcijom tog izlaska vozila sa parkinga foto el. senzorom 2 (I0.3). Primjenom ove logike moguće je u svakom trenutku očitati iz memorije stanje raspoloživog kapaciteta parkinga, odnosno očitati je li parking popunjen ili slobodan kako bi se manipuliralo semaforom na ulazu u parking. Brojač C1 ima definiran i reset ulaz (I0.7) pomoću kojeg je moguće, ukoliko je potrebno, resetirati stanje brojača. Preset Value je vrijednost koja se postavlja kao konstanta stvarnog projektiranog fizičkog kapaciteta parkinga. U ovom slučaju ta je vrijednost definirana za zamišljeni parking sa 75 maksimalnih mjesta za parkiranje, ali je potrebno naglasiti kako je ovaj programski kod na ovom mjestu potpuno skalabilan u smislu da se može primijeniti za bilo koju drugu vrijednost kapaciteta.

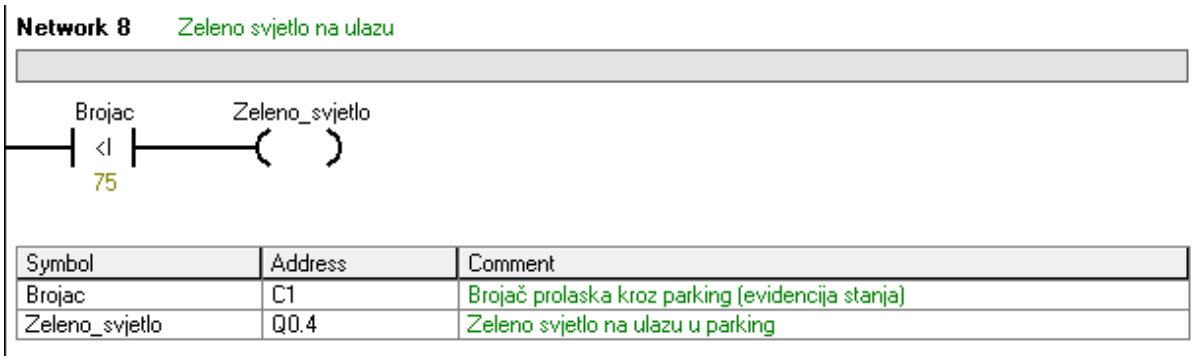


Symbol	Address	Comment
Brojac	C1	Brojač prolaska kroz parking (evidencija stanja)
Foto_el_senzor_1	I0.1	Senzor prolaska vozila u parking
Foto_el_senzor_2	I0.3	Senzor izlaska vozila sa parkinga
Reset_brojaca	I0.7	Reset

Slika 39. Brojač za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta

5.4.8. Mreža 8: Zeleno svjetlo na ulazu

Na slici 40 prikazana je mreža 8 u kojoj je, ljestvičastom logikom, programirana sekvenca rada zelenog svjetla na ulazu parkinga. Zeleno svjetlo na ulazu parkinga spojeno je na izlaz Q0.4 PLC uređaja, a uvjetovano je stanjem brojača C1. Drugim riječima kazano, zeleno svjetlo na ulazu u parking svijetliti će samo u slučaju kad je vrijednost stanja brojača manja od vrijednosti postavljene stvarne fizičke konstante kapaciteta parkinga (u ovom slučaju 75). Vrijednost stanja brojača se provjerava komparatorom "manje od cjelobrojne vrijednosti" (engl. *Less Than Integer*) koji je postavljen na vrijednost 75. Na ovaj način se, ukoliko svijetli zeleno svjetlo, signalizira vozačima da je ulaz u parking slobodan te da ima slobodnih mjesta za parkiranje.

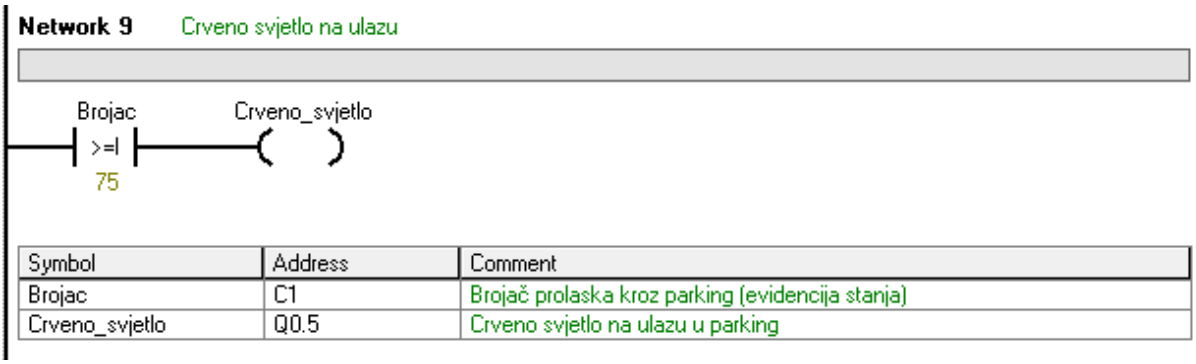


Symbol	Address	Comment
Brojac	C1	Brojač prolaska kroz parking (evidencija stanja)
Zeleno_svjetlo	Q0.4	Zeleno svjetlo na ulazu u parking

Slika 40. Zeleno svjetlo na ulazu parkinga

5.4.9. Mreža 9: Crveno svjetlo na ulazu

Na slici 41 prikazana je mreža 9 u kojoj je, ljestvičastom logikom, programirana sekvenca rada crvenog svjetla na ulazu parkinga. Crveno svjetlo na ulazu parkinga spojeno je na izlaz Q0.5 PLC uređaja, a uvjetovano je stanjem brojača C1. Drugim riječima kazano, crveno svjetlo na ulazu u parking svijetliti će samo u slučaju kad je vrijednost stanja brojača veća ili jednaka vrijednosti postavljene stvarne fizičke konstante kapaciteta parkinga (u ovom slučaju 75). Vrijednost stanja brojača se provjerava komparatorom "veće ili jednako od cjelobrojne vrijednosti" (engl. *Greater Than or Equal Integer*) koji je postavljen na vrijednost 75. Na ovaj način se, ukoliko svijetli crveno svjetlo, signalizira vozačima da je parkirni prostor popunjen odnosno da trenutno nema slobodnih parkirnih mjesta.

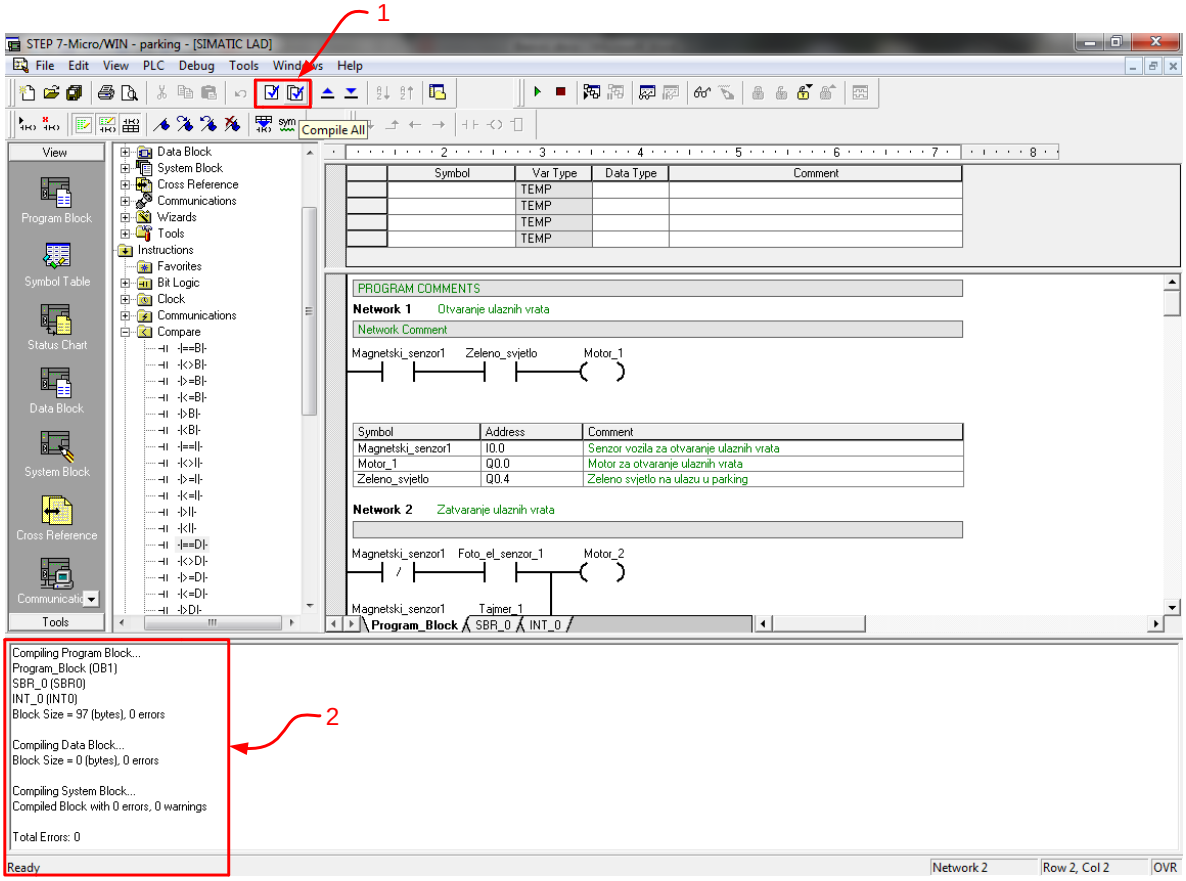


Symbol	Address	Comment
Brojac	C1	Brojač prolaska kroz parking (evidencija stanja)
Crveno_svjetlo	Q0.5	Crveno svjetlo na ulazu u parking

Slika 41. Crveno svjetlo na ulazu parkinga

6. TESTIRANJE I SIMULACIJA

Prije simulacije programskog koda potrebno je prethodno kompajlirati ili prevesti programski kod kako bi se utvrdila ispravnost koda, odnosno kako bi se otklonile eventualne programerske pogreške i previdi. Prevođenje programskog koda pokreće se klikom na ikonu 1 označenu na slici 42. Na istoj slici je pod brojem 2 označen prostor interakcije i obavijesti kompajlera o provedenom postupku prevođenja u kojem je vidljivo da je programski kod napisan bez logičkih i sintaksnih grešaka te kao takav pogodan je za daljnju simulaciju.

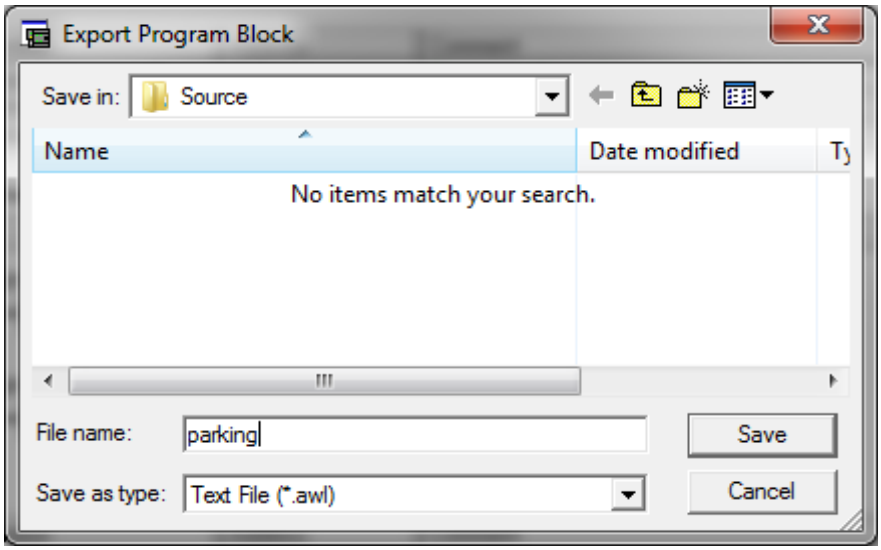


Slika 42. Prevođenje programskog koda

6.1. PRIJENOS PROGRAMA U SIMULATOR

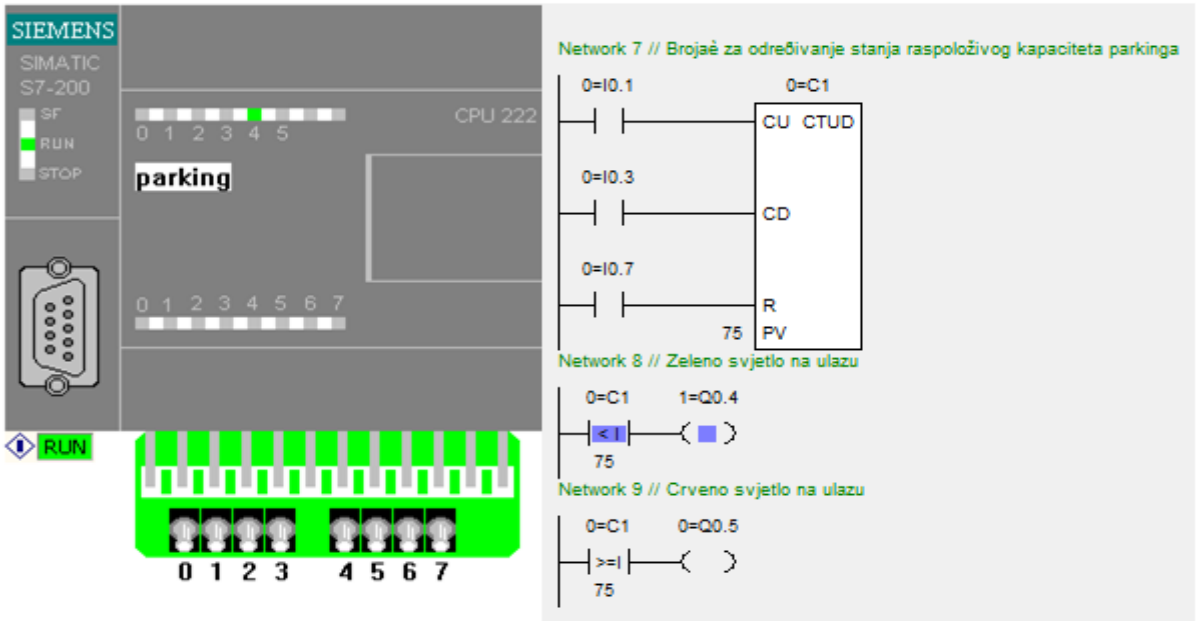
Nakon prevođenja te provjere ispravnosti programskog koda isti je moguće, ukoliko nema grešaka, testirati na simulatoru. Testiranje se vrši izvozom programskog koda u obliku

*.awl ekstenzije. To se postiže izborom File/Export sa padajućeg izbornika što je prikazano na slici 43.



Slika 43. Priprema datoteke u *.awl ekstenziji

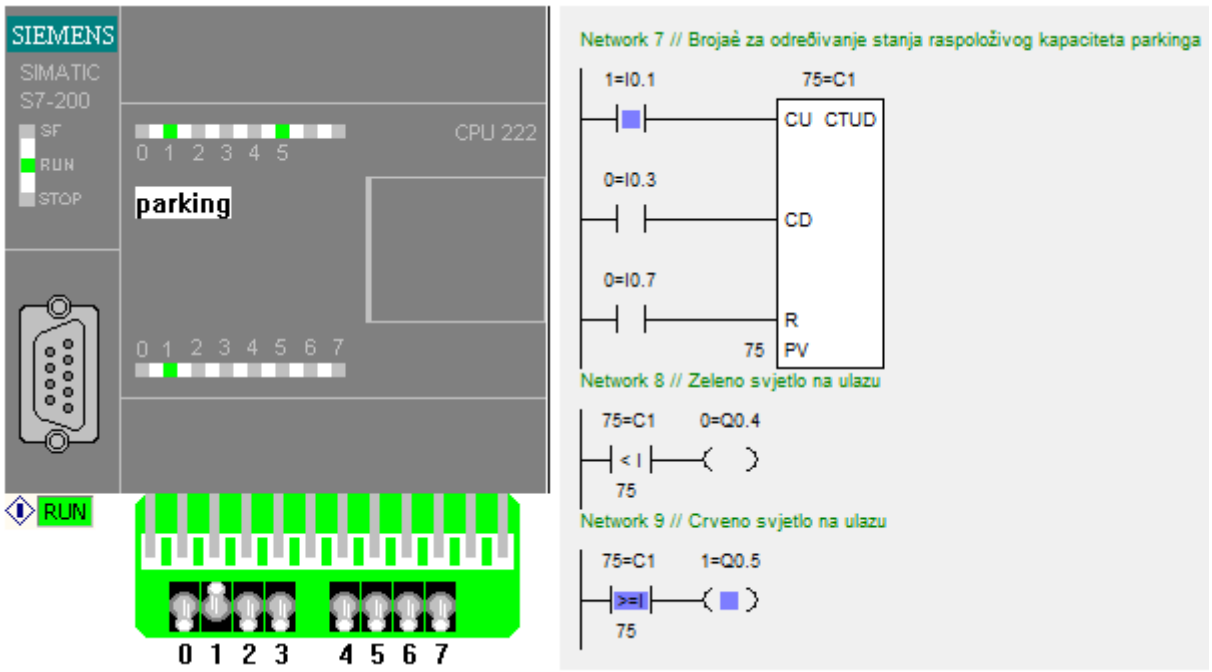
U simulatoru za PLC uređaj tipa S7_200 za korištenje je odabran procesor CPU 222. Simulacija započinje početnim uvjetima prikazanim na slici 44. Iz slike je vidljivo da je u početnom stanju aktivan samo izlaz Q0.4 što odgovara početnoj situaciji u kojoj svijetli zeleno svjetlo na ulazu jer parking ima slobodnih mjesta (0 zauzetih, 75 slobodnih).



Slika 44. Početni simulacijski uvjeti (svijetli zeleno svjetlo)

Početni uvjeti simulacije u kojima svijetli zeleno svjetlo na ulazu vrijede sve dok je broj vozila koja su na parkingu manji od 75 što je postavljeni ukupni kapacitet zamišljenog parkinga. Svako vozilo pojedinačno "uvozi" se aktivacijom PLC ulaza I0.0 i I0.1 odnosno aktivacijom magnetskog senzora 1 te potom aktivacijom foto el.senzora 1 što je potvrda definitivnog ulaska vozila na parking. Vozila se pojedinačno istovremeno mogu "izvoziti" sa parkinga aktivacijom PLC ulaza I0.2 i I0.3 odnosno aktivacijom magnetskog senzora 2 te potom aktivacijom foto el.senzora 2 što je potvrda definitivnog izlaska vozila sa parkinga. Sukladno ovim naredbama inkrementiranjem i dekrementiranjem se mijenja stanje brojača C1.

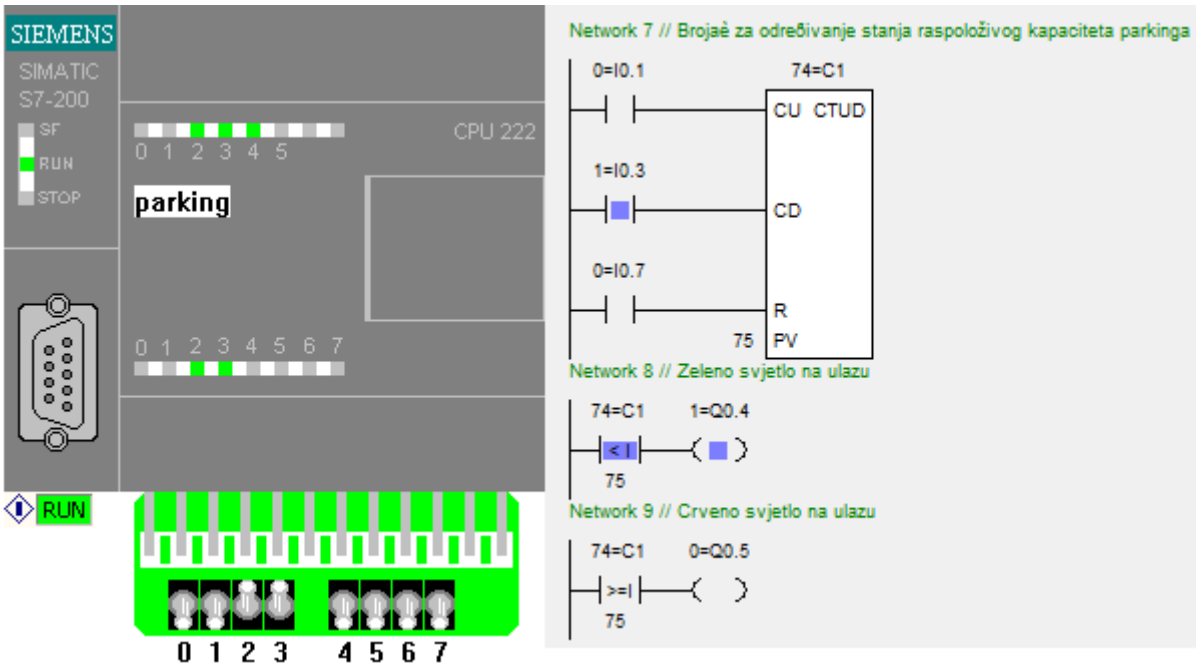
Slijedeći ključan trenutak simulacije je kada se ispune uvjeti potpuno zauzetog parkinga, odnosno trenutak kada se parkira 75 vozila. U tom trenutku na ulazu parkinga se aktivira i svijetli crveno svjetlo (Q0.5), jer nema slobodnih mjesta što je prikazano na slici 45.



Slika 45. Trenutak kada zasvijetli crveno svjetlo na ulazu

Crveno svjetlo na ulazu parkinga svijetlit će sve dok vrijede zadani uvjeti, tj. sve dok barem jedno vozilo ne napusti parking. Na slici 46 prikazan je slučaj kada jedno vozilo napusti parking, te se broj vozila na parkingu dekrementiranjem spušta na 74 što znači da

postoji jedno slobodno mjesto za parkiranje te se posljedično odma pali zeleno svjetlo (Q0.4) na ulazu parkinga.



Slika 46. Zeleno svjetlo na parkingu (74 zauzeta, 1 slobodno)

Kroz ova tri simulacijska trenutka dokazana je potpuna funkcionalnost i ispravnost programskog koda za mjerno-upravljački sustav javnog parkinga.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu predstavljena je realizacija mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga. Sustav se temelji na uporabi programibilnog logičkog kontrolera S7-200 tvrtke Siemens.

Opisan je programibilni logički kontroler sa svim komponentama. Opisan je način rada PLC-a. Prikazan je uređaj S7-200 sa CPU 222. Opisana je ljestvičasta logika programiranja te su prikazane osnovne naredbe. Predstavljen je programski paket STEP 7 – Micro/WIN 32.

Predstavljeni mjerno upravljački-sustav javnog parkinga realiziran je u programskom paketu STEP 7 Micro/WIN 32 kroz devet, detaljno analiziranih, mreža ljestvičastih dijagrama. U radu su simulirani ključni trenutci rada mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga kako bi se uspješno utvrdila njegova ispravnost i učinkovitost.

Upotreba Siemensovog uređaja S7-200 pokazala se jednostavnom, praktičnom, te ekonomski učinkovitom i opravdanom. Zbog činjenice da je PLC uređaj postao industrijski standard svih nadzornih i automatiziranih sustava olakšano je održavanje i nadogradnja PLC regulatora čime se njegova upotreba u projektima brzo amortizira.

LITERATURA

[1] *Elementi automatizacije postrojenja - predavanja,* Tehnički fakultet u Rijeci, 2010. godina

[2] Nikolić N., *Programibilni logički kontroler – seminarski rad,* Pomorski fakultet u Splitu

[3] Matić P., *Programiranje PLC-a – zabilješke sa predavanja,* Pomorski fakultet u Splitu

[4] http://www.adrialift.hr/view.asp?idp=40&c=58 (15. studenog, 2015.)

[5] http://www.mobilisis.eu/en/ (19. studenog, 2015.)

[6] http://www.google.hr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.automatic-house.rs%2Fimages%2FProizvodi%2Fparking_rampe%2Fprimer_ugradnje.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.automatic-house.rs%2Fparking-rampe.html&h=472&w=1059&tbnid=0mXEz3nbk7j9yM%3A&zoom=1&docid=rZ27052O7zJl8M&ei=ov4XVNuSDMvn7AaCtIAY&tbm=isch&client=firefox-beta&ved=0CBgQMygAMAA&iact=rc&uact=3&dur=346&page=1&start=0&ndsp=16 (19. studenog, 2015.)

[7] *S7-200 Programmable Controller System Manual*, Edition 05/2003

POPIS TABLICA

Tablica 1. Označavanje ulaza i izlaza PLC uređaja 12
Tablica 2. Tablica logičke operacije I 13
Tablica 3. Tablica logičke operacije ILI 14
Tablica 4. Osnovne karakteristike DC motora G400 21

POPIS SLIKA

Slika 1. Osnovni dijelovi PLC-a 2
Slika 2. Ciklus rada PLC-a 3
Slika 3. Struktura Siemensova PLC S7-200 uređaja [2] 6
Slika 4. Normalno otvoreni kontakt [3] 6
Slika 5. Normalno zatvoreni kontakt [3] 6
Slika 6. Naredba uključi izlaz [3] 7
Slika 7. Naredba Set [3] 7
Slika 8. Naredba Reset [3] 7
Slika 9. TON vremensko brojilo [3] 8
Slika 10. TOFF vremensko brojilo [3] 8
Slika 11. Bitovi za pozivanje na stanje izlaza brojila [3] 8
Slika 12. Vremenske konstante brojila 8
Slika 13. CTUD naredba 9
Slika 14. Prikaz programa STEP 7-Micro/Win 11
Slika 15. Prikaz instrukcija korištenih pri izradi dijagrama 11
Slika 16. Korištenje funkcije tajmera 12
Slika 17. Logička operacija I 13
Slika 18. Logička operacija ILI 14
Slika 19. Vozilo za projektiranje parkirnog mjesta [4] 16
Slika 20. Primjer prikaza sheme okomitog parkinga 17
Slika 21. Primjer prikaza sheme kosog parkiranja 17
Slika 22. Primjer prikaza sheme paralelnog parkiranja 18
Slika 23. Pojednostavljeni shematski prikaz mreže senzora 20
Slika 24. "MagSense makes Sense" senzor 20
Slika 25. Prikaz rampe na ulazu/izlazu parkinga [6] 21
Slika 26. Semafor na ulazu u parking 22
Slika 27. Fotoelektrični senzor E3Z tip R66 23
Slika 28. Senzor u kombinaciji s reflektiranom trakom 23
Slika 29. Fizički koncept mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga 24
Slika 30. Logička shema mjerno-upravljačkog sustava javnog parkinga 25
Slika 31. Definicija varijabli 27
Slika 32. Odabir Main (OB1) za izradu ljestvičastih dijagrama 28
Slika 33. Otvaranje ulaznih vrata 29
Slika 34. Zatvaranje ulaznih vrata 30
Slika 35. Automatsko zatvaranje ulaznih vrata 30
Slika 36. Otvaranje izlaznih vrata 31
Slika 37. Zatvaranje izlaznih vrata 32
Slika 38. Automatsko zatvaranje izlaznih vrata 32
Slika 39. Brojač za određivanje stanja raspoloživog kapaciteta 33

Slika 40. Zeleno svjetlo na ulazu parkinga 34
Slika 41. Crveno svjetlo na ulazu parkinga 35
Slika 42. Prevođenje programskog koda 36
Slika 43. Priprema datoteke u *.awl ekstenziji 37
Slika 44. Početni simulacijski uvjeti (svijetli zeleno svjetlo) 37
Slika 45. Trenutak kada zasvijetli crveno svjetlo na ulazu 38
Slika 46. Zeleno svjetlo na parkingu (74 zauzeta, 1 slobodno) 39