

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Dejan Lampret

**Avtomatizacija rastlinjaka s
krmilnikom OMRON C200HX**

DIPLOMSKO DELO
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Dejan Lampret

**Avtomatizacija rastlinjaka s
krmilnikom OMRON C200HX**

DIPLOMSKO DELO
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

MENTOR: prof. dr. Patricio Bulić

Ljubljana, 2012

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja in Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavljanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil \LaTeX .



Št. naloge: 01803/2012

Datum: 06.02.2012

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **DEJAN LAMPRET**

Naslov: **AVTOMATIZACIJA RASTLINJAKA S KRMILNIKOM OMRON C200HX
GREENHOUSE AUTOMATION WITH THE OMRON C200HX
PROGRAMMABLE CONTROLLER**

Vrsta naloge: Diplomsko delo univerzitetnega študija

Tematika naloge:

Načrtujte sistem za avtomatizacijo rastlinjaka s krmilnikom OMRON C200HX. Izdelajte prototip rastlinjaka, ki naj vsebuje krmiljenje razsvetljave, krmiljenje zračne lopute, namakalni sistem, ventilator, gredo ter rezervoar. Prototip naj vsebuje vse potrebne krmilne module in senzorje. Programsko opremo za krmilnik načrtujte v okolju CX-Programmer. Obenem izdelajte grafični vmesnik za osebni računalnik s katerim bo mogoč nadzor ter krmiljenje naprav v rastlinjaku. Grafični vmesnik razvijte v okolju CX-Supervisor.

Mentor:


prof. dr. Patricio Bulić



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Dejan Lampret, z vpisno številko **63990259**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Avtomatizacija rastlinjaka s krmilnikom OMRON C200HX

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof. dr. Patricia Bulića,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 22. junij 2012

Podpis avtorja:

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Patriciu Bulić za mentorstvo in nasvete pri izdelavi diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem družini za potrpežljivost in vse odkrite napake v tem delu. Še posebej gre zahvala očetu, ki mi je priskrbel strojno opremo brez katere simulacija ne bi bila mogoča.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
1.1	Rastlinjak	2
2	Strojna oprema	5
2.1	Krmilnik OMRON C200HX	5
2.2	Napajalnik C200HW-PA204S	8
2.3	Moduli krmilnika C200HX	9
2.4	Senzorja	13
2.5	Ostala oprema za izvedbo simulacije	17
2.6	Simulacijsko okolje	19
3	Programska oprema	23
3.1	CX-Programmer	23
3.2	CX-Supervisor	31
4	Avtomatizacija rastlinjaka	39
4.1	Program na krmilniku	39
4.2	Programiranje vmesnika	48

KAZALO

5	Navodila za upravljanje	51
5.1	Izgled vmesnika na osebni računalnik	51
5.2	Opis in Potek Delovanja	54
6	Zaključek	63
	Dodatek A Električna shema simulacije rastlinjaka	65
	Seznam slik	77
	Seznam tabel	79
	Viri in literatura	81

Povzetek

Diplomsko delo prikazuje avtomatizacijo rastlinjaka. Z avtomatizacijo želimo ustvariti in ohraniti primerne klimatske pogoje v rastlinjaku. Istočasno pa lahko spremljamo in nadzorujemo potek delovanja preko grafičnega vmesnika na osebнем računalniku.

Pri tem smo uporabili krmilnik podjetja OMRON, ki je sposoben samostojno voditi celoten postopek. Pri izvajanju upošteva vrednosti priklopljenih senzorjev in glede na njihove meritve ustrezno vkloplja naprave. Program na krmilniku predstavlja jedro avtomatizacije.

Grafični vmesnik predstavlja za uporabnika enostaven načina vpogleda v delovanje naprav. Pri tem uporabnik ne potrebuje znanja o programu na krmilniku ali skriptah, ki tečejo v ozadju grafičnega vmesnika. Dovolj je poznavanje osnovnih funkcij gumbov in nastavitev v končnem izgledu grafičnega vmesnika. To znanje lahko pridobimo iz navodil o upravljanju, ki so napisana v petem poglavju tega dela.

Ključne besede:

rastlinjak, avtomatizacija, grafični vmesnik, SCADA, OMRON, C200HX, CX-Supervisor, CX-Programmer

Abstract

This thesis shows the greenhouse automation. With automation we want to create and maintain suitable climatic conditions in the greenhouse. At the same time we can monitor and supervise the operation through a graphical interface on the PC.

We use controller from OMRON company that is able to manage the entire process. When program is running it uses information from sensors and according to their measurement controller power up devices as needed. The program running on the controller is the core of automation.

Graphical user interface represent a simple way of insight into devices operation. This does not require knowledge of the program on the controller or scripts that run in the background of the graphical interface. Sufficient knowledge are basic functions of buttons and settings on the final appearance of the graphical interface. This knowledge can be obtained from the operating instructions that are written in the fifth chapter of this work.

Key words:

greenhouse, automation, graphical interface, SCADA, OMRON, C200HX, CX-Supervisor, CX-Programmer

Poglavje 1

Uvod

Namen naloge je prikaz avtomatizacije rastlinjaka, pri kateri želimo ustvariti in ohraniti pogoje za uspevanje rastlin. Potrebno je zagotoviti vodo, svetlobo in toploto. Za vir vode se koristi lokalni rezervoar ali voda iz vodovoda v primeru praznega lokalnega rezervoarja. Osvetlitev rastlinjaka dopolnjujejo vgrajena svetila nad rastlinami. Za dodatno ogrevanje rastlinjaka poskrbi električni grelec, za hlajenje in prezračevanje pa se uporabita strešna loputa in ventilator.

Krmiljenje opravlja OMRON-ov procesni računalnik [2], ki ima veliko možnosti glede analognih in digitalnih vhodov ter izhodov. Spremljanje trenutnega delovanja, kontrole in upravljanja je možno preko grafičnega vmesnika na osebni računalnik. Komunikacija med osebnim računalnikom in procesnim poteka preko RS-232 povezave.

Celotna strojna oprema, potrebna za prikaz simulacije, je opisana v drugem poglavju. Podrobneje je opisan krmilnik ter moduli preko katerih krmilimo naprave.

Uporabljena programska oprema je del programskih orodij, ki jih ponuja podjetje OMRON za učinkovito uporabo in programiranje njihovih krmilnikov. V našem primeru je uporaba dveh programskih orodij dovolj za doseganje zelenih rezultatov in izvedbo avtomatizacije rastlinjaka.

1.1 Rastlinjak

Rastlinjak omogoča ustvariti primerne klimatske pogoje za vzgajanje rastlin, kadar so naravni pogoji za to neugodni. V osnovi ima možnost uravnavanja temperature, svetlobe in namakanja.

Ogrevanje rastlinjaka

Za ogrevanje rastlinjaka potrebujemo grelec. Ta je lahko električni, plinski, termalni (topla voda),...

Električni grelci so zelo zanesljivi. Omogočajo hiter vklop in izklop gretja glede na termostat in tako ogrevajo natanko toliko kolikor je to potrebno. V kombinaciji z ventilatorjem so lahko vgrajeni direktno v rastlinjak. Njihova slabost je velika poraba električne energije, zato je smiselno zamenjati klasični električni grelec za toplotno črpalko.

Plinski grelci, priključeni na plinsko omrežje, so primerna alternativa električnim grelcem. Tu so mišljeni grelni agregati, ki s pomočjo izmenjevalca toplote preprečujejo izpust izpušnih plinov v rastlinjak. Plinski grelec lahko služi tudi kot vir energije za segrevanje vode radiatorskega sistema.

Termalni grelec je mišljen kot naravni izvir tople vode, ki jo lahko uporabimo za ogrevanje rastlinjaka. Seveda se za segrevanje vode lahko uporabi tudi sončna energija zbrana s sončnimi kolektorji. Pri ogrevanju na sončno energijo je potrebno zagotoviti še primerno velik zalogovnik, ki premosti oblačna obdobja.

Namakalni sistem

Za namakanje se uporabljajo različni načini:

- kapljično namakanje s cevjo ali kapljalnikom,
- namakanje s pršenjem, kjer je pršilni sistem nameščen nad rastlinami ali pa kot samostoječ v rastlinjaku,

- namakanje z meglilnikom. Poleg namakanja je meglilnik zelo učinkovit za nanos zaščitnih sredstev na rastline.

Osvetlitev

Dodatna razsvetljava v rastlinjaku omogoča podaljševanje dneva v zimskem, spomladanskem in jesenskem času. Prav tako lahko služi kot nadomestek sončne svetlobe ob oblačnem vremenu. Različne rastline potrebujejo različno količino svetlobe, zato je potrebno zagotoviti ustrezno moč svetil ter njihov spekter.

Prezračevanje

Vse rastline potrebujejo ogljikov dioksid za potek fotosinteze, zato je potrebno občasno prezračevanje rastlinjaka. Pri tem je potrebno zagotoviti tudi dober pretok zraka v samem rastlinjaku, da svež zrak doseže vse rastline. Notranji ventilatorji omogočijo kroženje zraka v rastlinjaku in s tem tudi preprečijo temperaturno slojevitost ter izenačujejo vlažnost zraka.

Poglavje 2

Strojna oprema

2.1 Krmilnik OMRON C200HX

Krmilnik OMRON C200HX – CPU44 [2] je eden izmed mnogih krmilnikov japonskega podjetja OMRON. Večinoma se uporablja v industriji za avtomatizacijo procesov. Je samostojna enota, ki nima priključkov za priklop zunanjih naprav in senzorjev, zato se uporablja v kombinaciji z moduli, ki jih priključimo na podnožje krmilnika. Vsak modul ima svojo funkcijo. Na voljo so vhodni moduli, izhodni moduli, časovni moduli (števcji), temperaturni moduli, analogno/digitalni moduli, komunikacijski moduli ter drugi specialni moduli [1].

V našem primeru poteka povezava med krmilnikom in osebnim računalnikom preko perifernih vrat na krmilniku in COM vrati na osebnem računalniku. Za povezavo je uporabljen poseben povezovalni kabel CIF01.

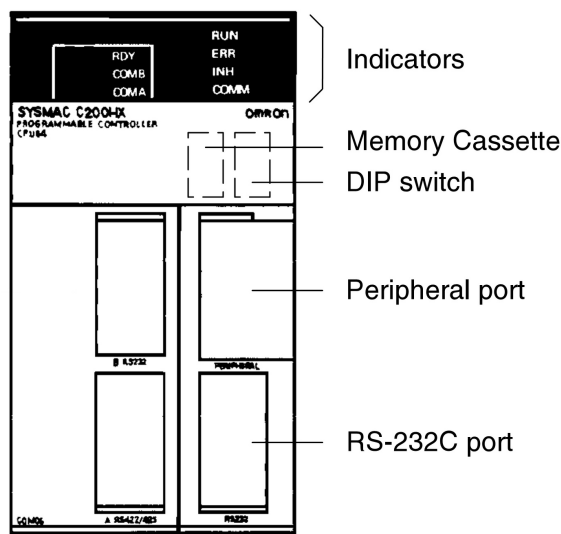
Območje delovanja krmilnika:

- temperatura okolice 0°C - 55°C,
- relativna vlažnost okolice 10% - 90%.

Krmilnik ne sme biti izpostavljen:

- direktni sončni svetlobi,
- hitrim temperaturnim spremembam, kjer je možnost kondenzacije,
- korozivnim ali vnetljivim plinom,
- prekomerni količini prahu, slanem zraku, kovinskemu prahu, vibracijam.

Kljub temu, da gre za krmilnik, ki je namenjen obratovanju v industriji, je potrebno zagotoviti primerno okolje v katerem bo deloval. Večinoma je vgrajen v električno omarico, ki je postavljena ločeno od prostorov v katerih potekajo industrijski procesi. Zunanji izgled krmilnika prikazuje slika 2.1.



Slika 2.1: Zunanji izgled krmilnika OMRON C200HX (vir: [1]).

Pomen indikatorjev krmilnika je predstavljen v tabeli 2.1, ki vsebuje opis vseh možnih stanj indikatorjev. Sestavo pomnilniškega prostora krmilnika pa predstavlja tabela 2.2. Dolžina pomnilniške besede je 16 bitov.

Indikator	Barva	Stanje	Opis
RUN	Zelena	Sveti	Normalno delovanje v MONITOR ali RUN načinu.
ERR	Rdeča	Utripa	Napaka, ki ne ustavi delovanja krmilnika.
		Sveti	Napaka, ki prekine izvajanje krmilnika. V tem primeru se izklopi RUN indikator ter izklopijo se vsi izhodi na izhodnih modulih.
INH	Oranžna	Sveti	Zastavica "Load OFF(SR 25215)" je vklopljena. Aktivno stanje zastavice povzroči izklop vseh izhodov na izhodnih modulih.
COMM	Oranžna	Sveti	PLC komunicira preko perifernih ali RS-232C vrat.
RDY	Zelena	Ne sveti	Komunikacijska plošča ni aktivna zaradi strojne napake na plošči.
		Utripa	Napaka v protokolnih nastavitvah krmilnika.
		Sveti	Komunikacijska plošča deluje pravilno in komunikacija je mogoča.
COMB	Oranžna	Utripa	Komunikacija je v teku z napravo priklopljeno na vrata B
COMA	Oranžna	Utripa	Komunikacija je v teku z napravo priklopljeno na vrata A

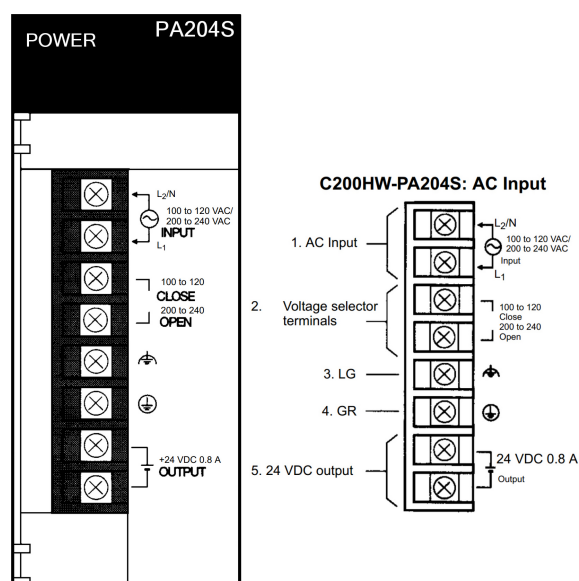
Tabela 2.1: Opis indikatorjev krmilnika OMRON C200HX (vir: [1]).

Pomnilnik	Uporabniški pomnilnik (UM)	31,2k besed
	Normalni podatkovni pomnilnik (DM)	6144 besed (DM 0000 – DM 6143)
	Fiksni podatkovni pomnilnik (DM)	512 besed (DM 6144 – DM 6655)
	Povečan podatkovni pomnilnik (DM)	3000 besed (DM 7000 – DM 9999)
	Razširjen podatkovni pomnilnik (EM)	6144 besed x 3 banks EMi 0000 – EMi 9999 ; i=0,1,2

Tabela 2.2: Struktura pomnilnika v krmilniku OMRON C200HX (vir: [2]).

2.2 Napajalnik C200HW-PA204S

Za napajanje krmilnika je uporabljen poseben napajalnik C200HW-PA204S [1], ki je narejen kot modul in ga priključimo na skupno podnožje s krmilnikom. Izgled tega napajalnika je prikazan na sliki 2.2.



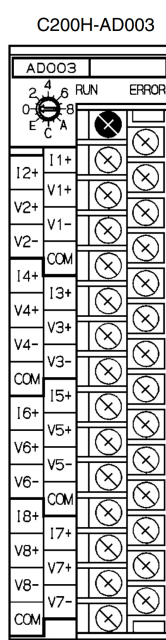
Slika 2.2: Zgradba napajalnika za krmilnik OMRON C200HX (vir: [1]).

1. AC Input – Priklop za izmenično napetost 100-120V ali 200-240V
2. Voltage selector terminals – Konektorja za izbiro napetosti:
 - Sklenjena – Izbrana napetost 100V-120V
 - Prekinjena – Izbrana napetost 200V-240V
3. LG - Line ground – Služi za filtriranje šumov, največja dovoljena dolžina žice je 20m. Priklop na LG izboljša odpornost na šume.
4. GR - Ground – Ozemljitev
5. 24V DC output – Izhod enosmerne napetosti 24V

2.3 Moduli krmilnika C200HX

2.3.1 Analogno – Digitalni modul C200H-AD003

Analogni digitalni modul omogoča povezavo različnih analognih signalov, tako napetostnih kot tokovnih. Modul AD003 [3], na sliki 2.3, omogoča priklop osmih vhodnih signalov, ki jih pretvori v digitalno vrednost z ločljivostjo 4000 točk.



Slika 2.3: Modul C200H-AD003 (vir: [3]).

Na modulu je možno izbrati številko enote od 0 do F. Za krmilnik C200HX-CPU44 je dovoljena le izbira številke od 0 do 9. Številko moramo izbrati tako, da se ne pokriva z drugimi specialnimi moduli.

Pomen indikatorjev na modulu predstavlja tabela 2.3, ki vsebuje opis vseh možnih stanj indikatorjev. Modul vsebuje tudi lastne funkcije. Te funkcije so predstavljene v tabeli 2.4 in jih lahko programsko nastavljam. Za priklop temperaturnih senzorjev smo uporabili vhodni razpon 4-20mA. Pri priklopu

Indikator	Barva	Stanje	Opis
RUN	Zelena	Sveti	Enota deluje normalno.
		Utripa	Enota deluje v nastavitvenem načinu.
		Ne sveti	Enota ne deluje.
ERROR	Rdeča	Sveti	Prišlo je do napake. Koda napake se shrani v bite od 08 do 15 besede n+9. n = 100+10*številka enote.
		Ne sveti	Brez napake.

Tabela 2.3: Opis indikatorjev modula C200H-AD003 (vir: [3]).

Funkcija	Obrazložitev
Izbira vhodnega razpona	Vhodni razpon se nastavi glede na vhodni signal, ki je lahko med 1-5V/4-20mA, 0 do 10V ter -10 do 10V.
Povprečna vrednost	Sešteje vrednosti vhodnih podatkov in izračuna povprečno vrednost za 2, 4, 8 ali 16 vzorcev.
Maksimalna vrednost	Zadrži maksimalno vrednost vhodnih podatkov.
Zaznavanje odklopa	Pri razponu 1-5V/4-20mA, je možno zaznati prekinjeno povezavo vhodnega signala. Zaznan odklop se signalizira s postavitvijo ustreznega bita na 1. Bit napake se shrani v ustrezni bit od 00 do 07 besede n+9, kjer bit 00 besede n+9 predstavlja vhod1 in bit 07 besede n+9 vhod8.

Tabela 2.4: Opis funkcij modula C200H-AD003 (vir: [3]).

svetlobnega senzorja pa vhodni razpon od 0V do 10V. Pri vseh priklopljenih senzorjih smo uporabili funkcijo povprečne vrednosti. Uporabili smo možnost izračuna povprečja zadnjih 16-ih vzorcev, ki zabiše morebitna minimalna odstopanja zaradi nepravilnega zaznavanja vrednosti senzorjev.

2.3.2 Vhodni modul C200H-ID212

Vhodni modul C200H-ID212 [6], na sliki 2.4, omogoča priklop stikal, ki služijo kot vhodna informacija. Vhod predstavlja:

- logično vrednost 1, če je napetost na priključku nad 14,4V,
- logično vrednost 0, če je napetost na priključku pod 5V.



Slika 2.4: Modul C200H-ID212.

Specifikacija modula je prikazana v tabeli 2.5.

Število vhodov	16
Nazivna vhodna napetost	24 VDC
Delovna vhodna napetost	20,4 - 26,4 VDC
Vhodna impedanca	3k Ω
Vhodni tok	7mA (pri 24VDC)
ON - Vklopna napetost	14,4 VDC minimum (logična 1)
OFF - Izklopna napetost	5,0 VDC maksimum (logična 0)
Odzivni čas (ON/OFF)	1,5ms maksimum (pri 24VDC, 25 ° C)

Tabela 2.5: Opis modula C200H-ID212 (vir: [6]).

2.3.3 Izhodni modul C200H-OC225

Izhodni modul C200H-OC225 [6], na sliki 2.5, omogoča priklop različnih bremen. Vendar lahko priključimo le bremena z enakim načinom napajanja, ker imajo vsi izhodi skupen priključek "COM". Na modul lahko torej priključimo le vsa bremena, ki se napajajo z 230V izmenične napetosti, ali pa vsa bremena, ki se napajajo z 24V enosmerne napetosti. Specifikacija modula je prikazana v tabeli 2.6.



Slika 2.5: Modul C200H-ID212.

Število izhodov	16 (hkrati je lahko aktivnih le 8 izhodov)
Maksimalna napetost bremena	250 VAC, 24 VDC
Maksimalen tok bremena	2A/izhod, 8A/modul
Odzivni čas (ON/OFF)	10ms maksimum

Tabela 2.6: Opis modula C200H-OC225 (vir: [6]).

2.4 Senzorja

2.4.1 Temperaturni senzor - PT100

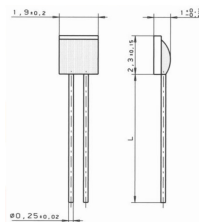
Temperaturnega senzorja PT100 [9], na sliki 2.6, ni mogoče priklopiti direktno na analogno/digitalni modul C200H-AD003. Zato je kot vmesni člen uporabljen pretvornik DatCon C-PT-P2 [10], na sliki 2.7, ki pretvori temperaturno spremembo upornosti PT100 uporovnega elementa v enosmerni tokovni signal. Pretvornik je umerjen za merjenje temperature od -50°C do 100°C . Enosmerni tok na izhodu pretvornika je v velikosti od 4mA (-50°C) do 20mA (100°C) in takšen signal je ustrezen za priklop na modul. Lastnosti senzorja so prikazane v tabeli 2.7.

Parameter	Simbol	Vrednost	Enota
Odzivni čas senzorja na zraku	$T_{0,5}$	3	s
	$T_{0,9}$	13	s
Delovni temperaturni razpon	T_{op}	-50... +400	$^{\circ}\text{C}$
Temperaturni koeficient	TC	3850	ppm/K
Upornost senzorja	R0	100	Ω

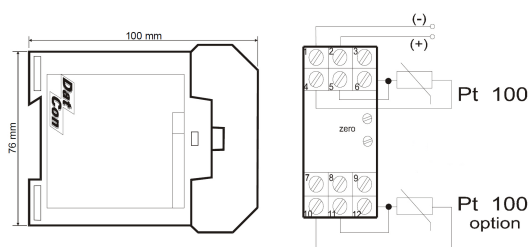
Tabela 2.7: Lastnosti senzorja PT100 (vir: [9]).

$T_{0,5}$ – Potreben čas za prikaz 50% spremembe temperature okolice.

$T_{0,9}$ – Potreben čas za prikaz 90% spremembe temperature okolice.



Slika 2.6: PT100 upor (vir: [9]).



Slika 2.7: DatCon C-PT-P2 pretvornik (vir: [10]).

2.4.2 Svetlobni senzor - Foto upor LDR07

Svetlobni senzor, na sliki 2.8, omogoča zaznavanje osvetljenosti od 0 luks do približno 20000 luks. Glede na njegovo karakteristiko lahko ugotovimo, da zazna osvetljenost do 500 luks zelo natančno. Od 500 luks dalje pa so vrednosti precej nenatančne in je zato najbolj primeren za aplikacije, kjer želimo zaznati ali gre za temno ali svetlo okolico. Lastnosti senzorja so prikazane v tabeli 2.8.



Slika 2.8: Svetlobni senzor LDR07 (vir: [11]).

Parameter	Vrednost
Maksimalna delovna napetost	300 V DC
Upornost pri 100lux	10k Ω
Upornost pri 10lux	5k Ω
Moč	250mW

Tabela 2.8: Lastnosti foto upora LDR07 (vir: [11]).

Za kalibriranje svetlobnega senzorja smo uporabili merilni instrument “Votcraft MS 4 IN 1 #DT-8820” [15]. Meritve so opravljene le v nekaterih točkah. Za ostale pa je narejena aproksimacija skozi izmerjene vrednosti. Vse izmerjene vrednosti so opravljene ročno, torej je možnost napake velika. Kljub morebitni napaki so meritve dovolj natančne za izvedbo simulacije.

Graf, na sliki 2.9, prikazuje uporabljene funkcije za pretvorbo vrednosti senzorja svetlobe v luks. Luks predstavlja osvetljenost in se ga meri v lumnih na kvadratni meter: $1\text{ luks} = 1\text{ lm}/\text{m}^2$, lm –lumen.

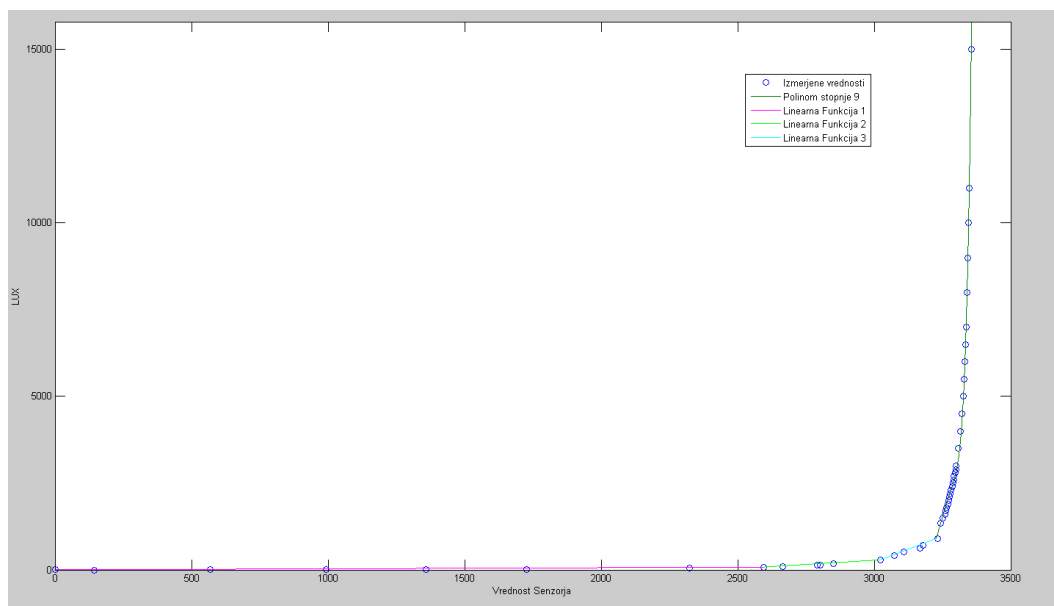
Orodje MATLAB [13] in funkcijo “polyfit” smo uporabili za iskanje polinoma, ki poteka čez dane točke. Najden polinom (2.1) ustreza le delu danih točk, zato smo za vse ostale točke uporabil linearne funkcije po odsekih, ki v ostalih točkah predstavljajo boljši približek kot polinom. Linearne funkcije predstavljajo enačbe (2.2, 2.3, 2.4). Funkcije se uporabijo le na osebнем računalniku, kjer želimo videti vrednost luks. Vrednost luks, ki jo nastavimo v nastavitvah, se s pomočjo funkcij pretvori v vrednost primerno za krmilnik. Pretvorba je potrebna, ker krmilnik uporablja samo vrednosti, ki jih pridobi direktno z zaznavanjem parametrov senzorja svetlobe in ne vrednosti luks.

Uporabljene funkcije

Polinom

$$\begin{aligned}
 p = & 5.67747574297068e - 018 * x^9 - 155.067489196138e - 015 * x^8 \\
 & + 1.88113555085787e - 009 * x^7 - 13.3030319485891e - 006 * x^6 \\
 & + 60.4377266215686e - 003 * x^5 - 182.929986037484e + 000 * x^4 \\
 & + 368.874889916764e + 003 * x^3 - 477.853280036284e + 006 * x^2 \\
 & + 360.854253622226e + 009 * x^1 - 121.029085935537e + 012
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

x – vrednost senzorja od 3227 dalje



Slika 2.9: Vrednost svetlobnega senzorja glede na osvetljenost.

Linearna funkcija 1

$$f_1 = \frac{83}{2596} * x_1 \quad (2.2)$$

x_1 – vrednost senzorja od 0 do 2596

Linearna funkcija 2

$$f_2 = \frac{290 - 83}{3024 - 2596} * x_2 + \left(83 - \left(\frac{290 - 83}{3024 - 2596} * 2596\right)\right) \quad (2.3)$$

x_2 – vrednost senzorja od 2596 do 3024

Linearna funkcija 3

$$f_3 = \frac{900 - 290}{3227 - 3024} * x_3 + \left(290 - \left(\frac{900 - 290}{3227 - 3024} * 3024\right)\right) \quad (2.4)$$

x_3 – vrednost senzorja od 3024 do 3227

2.5 Ostala oprema za izvedbo simulacije

Ostala oprema za izvedbo simulacije rastlinjaka je zbrana v tabeli 2.9. Z opremo v tabeli 2.9 se skušamo čim bolj približati realni opremi, ki jo najdemo v rastlinjaku.

Trenutna oprema za simulacijo je kljub svoji majhnosti precejšen približek realnemu rastlinjaku. Zato bi teoretično lahko krmilnik krmilil pravi rastlinjak s trenutnim programom. Le električne povezave med moduli na krmilniku in opremo v rastlinjaku bi bilo potrebno prilagoditi.

Opis	Tip	Oznaka
Napajalnik za procesni računalnik [1]	C200HS-PA204S	-G1
Napajalnik 230V, 50Hz/ 24VDC, 20A [16]		-G2
Napajalnik 230V, 50Hz/ 5VDC, 2.4A [18]		-G3
Osnovna plošča [1]	C200HW-BC081	
Procesor [2]	C200HX-CPU44-E	-CPU1
Digitalni vhodni modul 24VDC [6]	C200H-ID212	-N1
2x Digitalni relejski izhodni modul [6]	C200H-OC225	-N2, -N3
Analogni vhodni modul, 8 vhodov [3]	C200H-AD003	-N7
3x Vtičnica na DIN letvi [14]		-XČ1,2,3
3x Črpalka [19]		-Č1,-Č2, -Č3
2x Zunanji ventilator 12VDC [21]		-MVZ1,-MVZ2
2x Notranji ventilator 12VDC [21]		-MVN1,-MVN2
Motor 3.6VDC z reduktorjem [20]		-MLOP1
3x Elektromagnetni ventil [22]		-Y1,-Y2,-Y3
4x Elektronski rele 24VDC, 2A [23]	MOZ	-K1,2,3,4
2x Pomožni rele 24VDC, 10A [24]	G2R-1-SND	-K7,-K8
2x Pomožni rele 230VAC, 5A [24]	G2R-2-SN	-K5,-K6
6x Induktivno stikalo [12]		-S1,2,3,4,5,6
Gobasta tipka z blokado [17]	XALK178F	-S7
2x Upor Pt 100 [9]	GR2105	-R3, -R4
Fotoupor [11]	LDR07	-R6
Pretvornik Pt 100 upora (4-20mA) [10]	C-PT-P2	-U1
2x Halogena svetilka 25W, 12VDC [25]		-H1, H2
2x Halogena svetilka 50W, 12VDC [26]		-R1, -R2
Vrstne sponke [27]	ZDU 2.5	-X2,-X4,-X5

Tabela 2.9: Seznam opreme za simulacijo.

2.6 Simulacijsko okolje

Izgled simulacijskega okolja je prikazan na slikah 2.10, 2.11, 2.12.

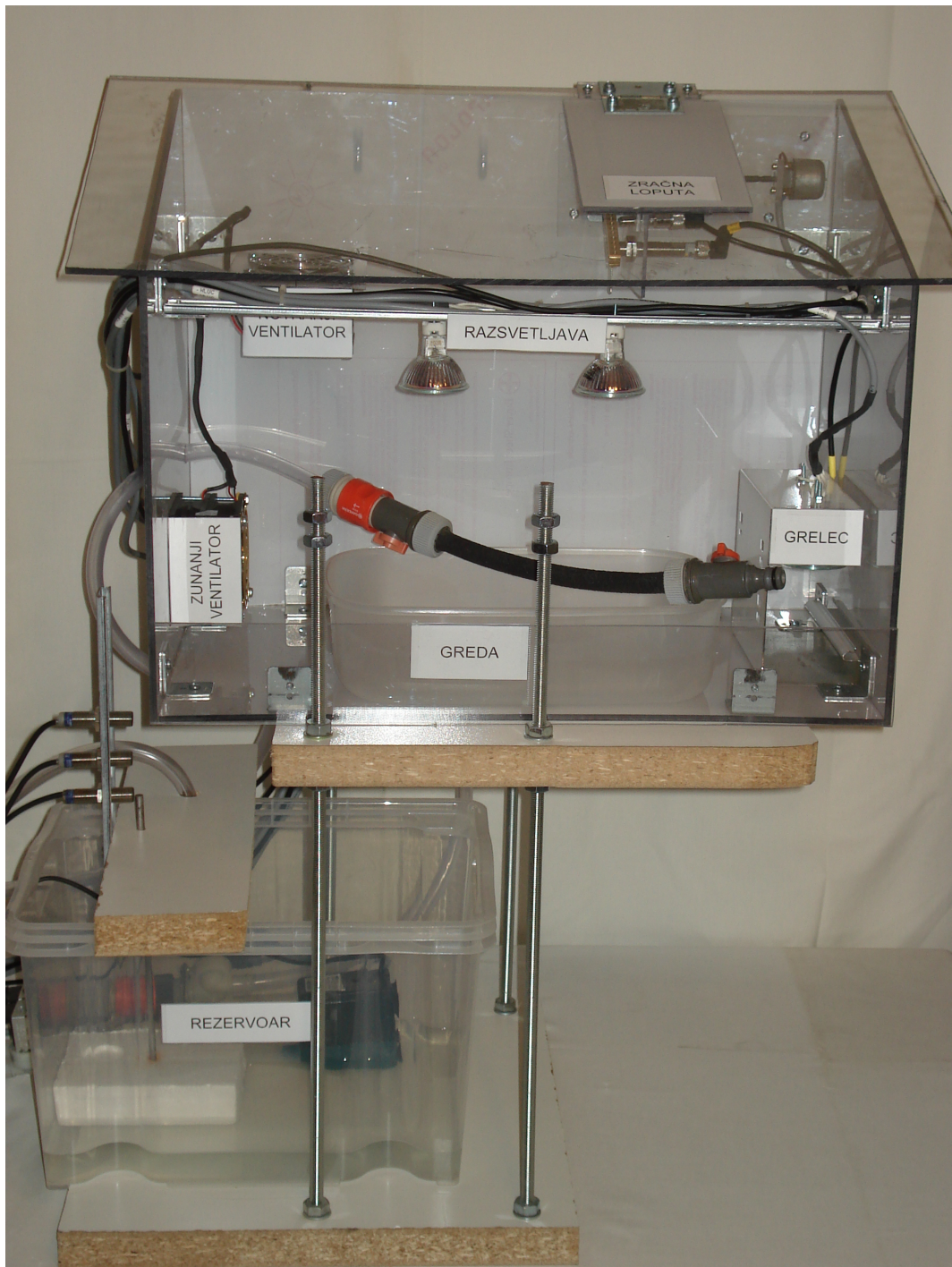
Slika 2.10 prikazuje simulacijo vodnjaka v katerem sta potopljeni dve črpalki. Prva služi za polnjenje rezervoarja, druga pa simulira pritok vode iz vodovoda. Na vrhu simuliranega vodnjaka je induktivno stikalo, ki s pomočjo plovca simulira minimum vode v vodnjaku.

V zgornjem delu slike 2.11 je prikazana simulacija rastlinjaka, v spodnjem delu pa simulacija rezervoarja. Simulacija rezervoarja vsebuje črpalko, dva elektromagnetna ventila ter tri induktivna stikala, ki prikazujejo nivo vode glede na plovec. Simulacija rastlinjaka vsebuje notranji ventilator, zunanji ventilator, motor z reduktorjem, ki preko vzvoda premika loputo, kapilarno cev, dve svetilki za razsvetljavo ter dve svetilki, ki simulirata grelec.

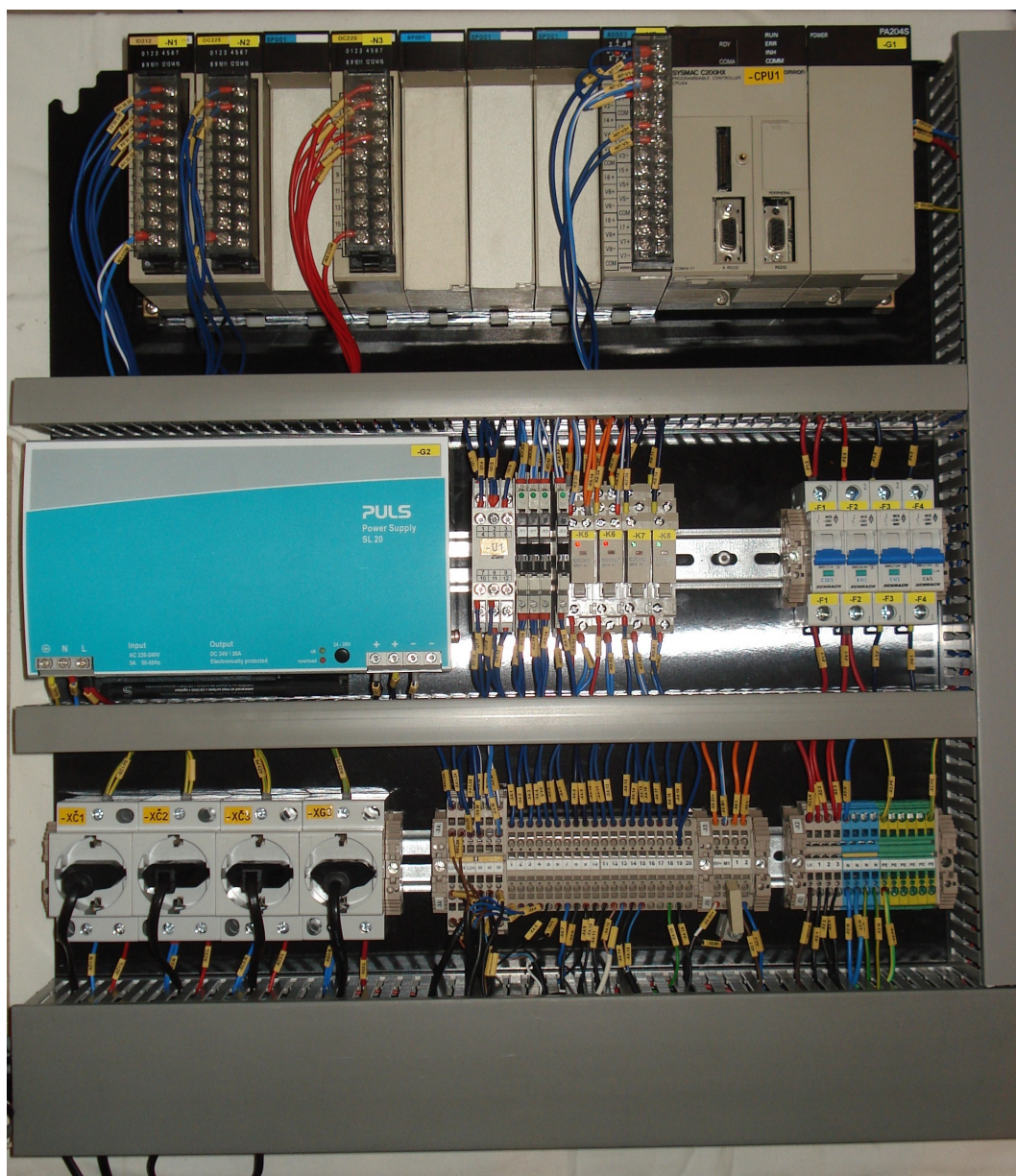
Slika 2.12 prikazuje izgled električne omarice. Na vrhu je krmilnik z moduli. V sredini je iz leve proti desni pritrjena naslednja oprema: napajalnik 230V, 50Hz / 24VDC, 20A, pretvornik Pt 100 upora, štirje elektronski releji 24VDC, dva pomožna releja 230VAC, dva pomožna releja 24VDC ter štiri varovalke. Na dnu so pritrjene štiri vtičnice ter sponke, na katere je priklopljena vsa ostala električna oprema.



Slika 2.10: Simulacija vodnjaka.



Slika 2.11: Simulacija rastlinjaka in rezervoarja.



Slika 2.12: Krmilnik in oprema potrebna za simulacijo.

Poglavje 3

Programska oprema

3.1 CX-Programmer

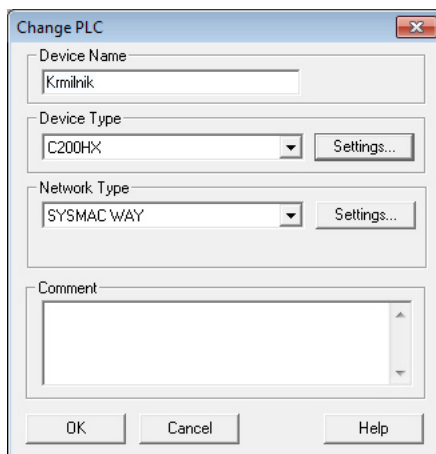
Orodje CX-Programmer [4] se uporablja za pisanje programa, ki se izvaja na krmilniku. Program je možno pisati klasično po vrsticah ali grafično, tako da se iz leve proti desni ustvarja povezave ter vmes dodaja logične elemente in funkcije. Programira se z lestvično logiko in takšen program se imenuje lestvični program (angl. *ladder program*), ki naj bi predstavljal električno shemo oziroma vezalno shemo. Grafična podoba programa ni vedno takšna kot bi bila električna shema, saj programiranje omogoča skoke. Ime “lestvični” izvira iz načina grafičnega prikaz, kjer imamo na straneh vertikalni povezavi in vmes samo horizontalne povezave, ki morajo vedno povezati levo vertikalno povezavo z desno.

3.1.1 Ustvarjanje novega projekta

Vsak projekt vsebuje lestvični program, simbole, naslovni prostor vhodno izhodnih modulov, komunikacijske nastavitve, razširitvene funkcije ter podatkovni prostor. Začnemo z opcijo “File/New...”, ki ustvari nov program.

Pojavi se okno “Change PLC”, prikazano na sliki 3.1, ki omogoča doda-

tno poimenovanje krmilnika ter zahteva izbiro naprave oziroma krmilnika za katerega želimo napisati program. Nato izberemo ustrezne mrežne nastavitve, v katerih izberemo vmesnik, preko katerega bo potekala komunikacija med osebnim računalnikom in krmilnikom. Za pravilno delovanje komunikacije in pravilen zapis (sintakso) programa je potrebno preveriti tudi dodatne nastavitve (Settings...). Preveriti moramo, ali se nastavitve za program ujemajo z nastavitvami našega krmilnika. Te nastavitve je možno pridobiti iz priročnika za krmilnik [2].

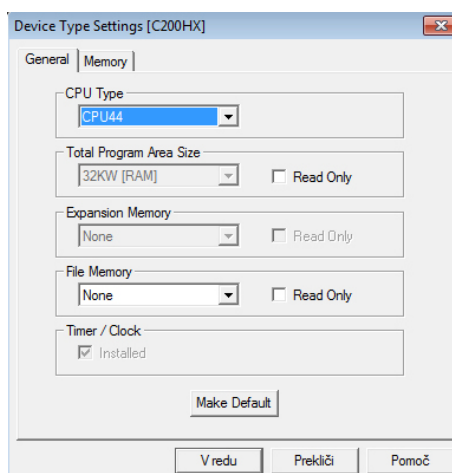


Slika 3.1: Izbira krmilnika (vir: [7]).

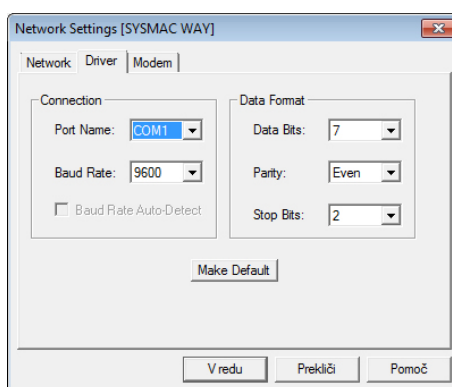
V oknu “Change PLC” izberemo:

- Ime naprave (Device Name): Krmilnik
- Tip naprave (Device Type): C200HX
- Tip povezave (Network Type): SYSMAC WAY

V dodatnih nastavitvah (Settings...) za trenutno izbran tip naprave, prikazanih na sliki 3.2, pod tip CPU (CPU Type) izberemo CPU44. Ostale nastavitve ostanejo nespremenjene.



Slika 3.2: Dodatne nastavitve krmilnika (vir: [7]).



Slika 3.3: Komunikacijske nastavitve krmilnika (vir: [7]).

Izbira komunikacijskih nastavitvev je prikazana na sliki 3.3. V zavihku gonilnik (Driver) nastavimo naslednje vrednosti:

- Ime vrat (Port Name): COM1
- Hitrost komunikacije (Boud Name''): 19200 bitov na sekundo

Nastavitve v ostalih zavihkih so nastavljene na privzeto vrednost in so primerne za naš krmilnik. Določene opcije so lahko onemogočene, ker jih trenu-

tni krmilnik ne podpira ali pa jih ni možno spreminjati, ker je na voljo le ena nastavitev.

Po končani izbiri nastavitve za krmilnik, se odpre nov projekt, ki prikazuje drevesno strukturo možnosti in nastavitve ter program našega krmilnika. Program je privzeto prikazan v grafičnem načinu in si ga lahko predstavljamo kot lestev s prečkami, kjer vsaka prečka predstavlja delček programa, ki mora biti zaključen oziroma električno povezan iz leve proti desni.

3.1.2 Vsebinski sklopi projekta

Simboli (Symbols)

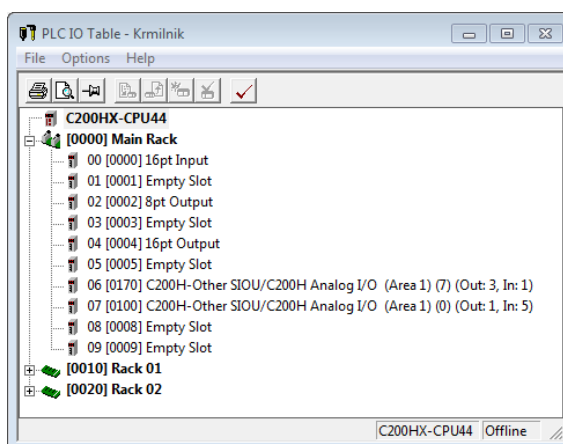
Sklop simboli vsebuje prednastavljene vrednosti za nekatere standardne funkcije in zastavice. V seznam kasneje dodamo vse potrebne spremenljivke oziroma bite ali besede, ki jih poimenujemo in jim določimo pomnilniške naslove.

Vhodno/Izhodna tabela (IO Table)

Vhodno/izhodna tabela vsebuje seznam modulov, ki so priklopljeni na skupno podnožje s krmilnikom. Krmilnik C200HX-CPU44 podpira priklop glavnega podnožja ter še dva dodatna. V našem primeru je uporabljeno samo glavno podnožje, ki vsebuje en vhodni modul, dva izhodni modula ter en specialni modul, ki pretvarja analogne vrednosti signalov v digitalne. Izgled vhodno/izhodne tabele prikazuje slika 3.4.

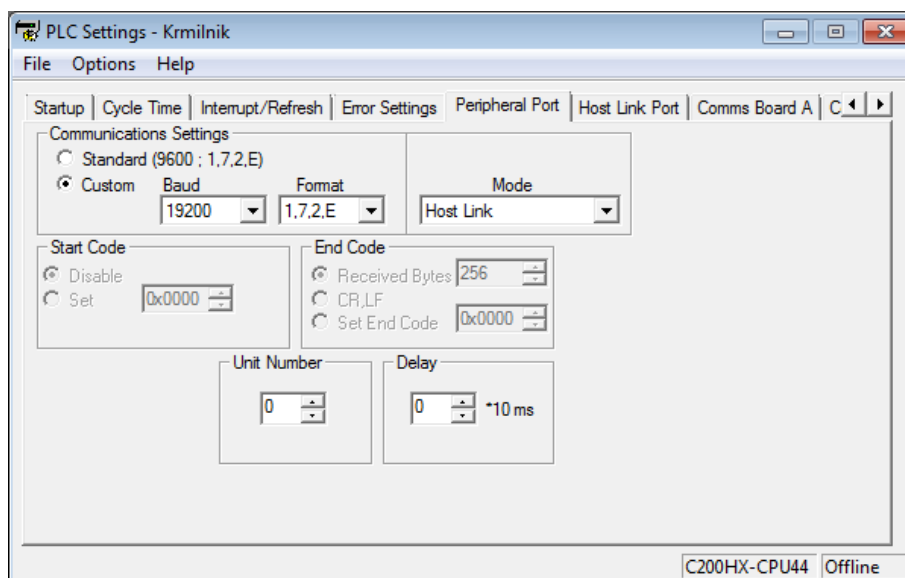
Nastavitve krmilnika (Settings)

Nastavitve krmilnika vsebujejo podrobne nastavitve za krmilnik. Privzete nastavitve so primerne za standardno komunikacijo in se ujemajo s tovarniškimi nastavitvami v krmilniku. Spremenimo le nastavitve v zavihku perifernih vrat (Peripheral Port), ki ga prikazuje slika 3.5. V razdelku komunikacijske na-



Slika 3.4: Seznam modulov priključenih na podnožje (vir: [7]).

stavitve (Communication Settings) izberemo po meri (Custom) in nastavimo hitrost komunikacije na 19200 bitov na sekundo.

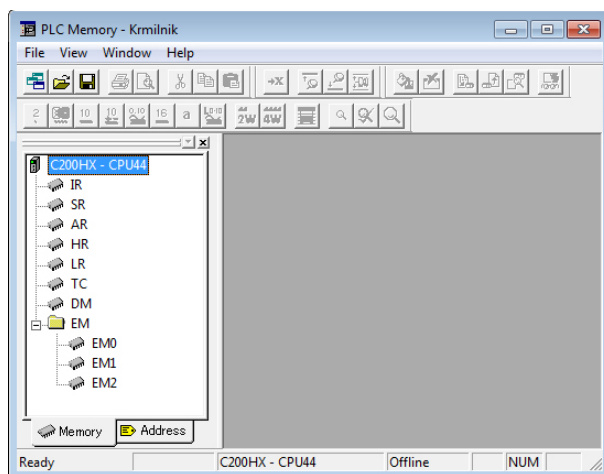


Slika 3.5: Nastavitve krmilnika in zavihek periferna vrata (vir: [7]).

Razširitvene instrukcije (Expansion Instructions)

Krmilnik ima poleg fiksnih instrukcij tudi možnost izbire nekaterih dodatnih instrukcij. Vse možne dodatne instrukcije so prikazane v seznamu pod besedo "Instructions" in jih je možno prirediti posameznim predalom v krmilniku. Vsak predal ima svojo številko, ki lahko predstavlja eno izbrano dodatno instrukcijo.

Pomnilnik (Memory)



Slika 3.6: Drevesni prikaz pomnilnika krmilnika (vir: [7]).

Struktura pomnilnika v krmilniku je prikazana na sliki 3.6 in vsebuje:

- IR - Internal Relay – Vsebuje naslove vhodno/izhodnih modulov.
- SR - Special Relay – Vsebuje zastavice in kontrolne bite.
- AR - Area Relay – Vsebuje zastavice in kontrolne bite.
- HR - Holding Relay – Podatkovni pomnilnik. Možno je dostopati do bita ali besede.

- LR - Link Relay – Vsebuje nastavitve za povezavo in podatke za izmenjavo med krmilniki.
- TC - Timer/Counter – Vsebuje število za časovnik ali števec.
- DM - Data Memory – Podatkovni pomnilnik. Možno je dostopati samo do besede.
- EM - Extended Memory – Dodatni podatkovni pomnilnik. Možno je dostopati samo do besede.

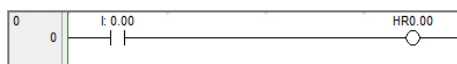
Programi (Programs)

V tem delu se nahajajo programi. Trenutno obstaja le en program z imenom "Avtomatizacija". Ta vsebuje seznam spremenljivk (točk, simbolov) ter dva razdelka. Prvi razdelek, z imenom "Program", predstavlja celoten program, ki teče na krmilniku in skrbi za vklop/izklop naprav ter spremlja vrednosti senzorjev. Drugi razdelek, z imenom "END", vsebuje samo eno funkcijo in to je "END(01)", ki jo je potrebno izvesti na koncu vsakega programa.

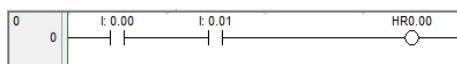
Za programiranje v grafičnem načinu se uporablja nekaj osnovnih gradnikov, ki omogočajo ustvarjanje povezave ter izbiro različnih funkcij.

Na levi strani slike 3.7 je prikazan vhodni kontakt, ki je aktiven, kadar je sklenjen, in neaktiven, kadar ni sklenjen. Na levi strani se vklaplja/izklaplja tuljava oziroma se spreminja vrednost bita z naslovom HR0.00 glede na stanje vhoda z naslovom I:0.00.

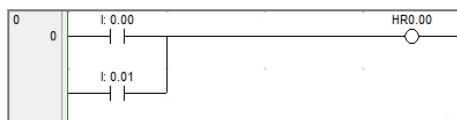
Z različnimi postavitvami kontaktov lahko ustvarimo različne logične funkcije. Prikaz funkcije IN je viden na sliki 3.8, ki vsebuje dva zaporedna kontakta. Funkcijo ALI pa prikazuje slika 3.9, ki vsebuje dva vzporedno povezana kontakta.



Slika 3.7: Direktna povezava vhodne točke z izhodno.



Slika 3.8: Funkcija IN ustvarjena s povezavo dveh vhodnih točk.



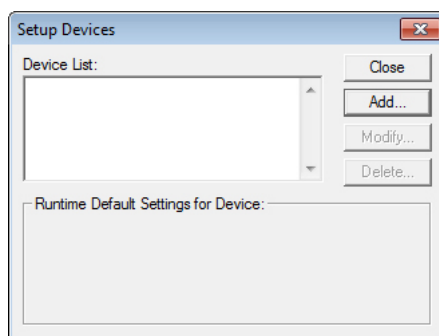
Slika 3.9: Funkcija ALI ustvarjena s povezavo dveh vhodnih točk.

3.2 CX-Supervisor

Orodje CX-Supervisor [5] se uporablja za izdelavo grafičnega vmesnika za osebni računalnik ali samostojni terminal. Grafični vmesnik služi za prikaz sistema, v našem primeru rastlinjaka, z grafičnimi podobami realnih objektov ter omogoča nadzor in upravljanje z njimi.

3.2.1 Ustvarjanje grafičnega vmesnika

Ustvarjanje grafičnega vmesnika začnemo z ustvarjanjem novega projekta. Pred začetkom ustvarjanja grafičnih podob poskrbimo še za izbiro in nastavitve krmilnika s katerim bo potekala komunikacija. To naredimo s klikom na ikono “Device Setup”, ki odpre okno za dodajane krmilnikov. Slika 3.10 prikazuje izgled okna za dodajanje krmilnikov.

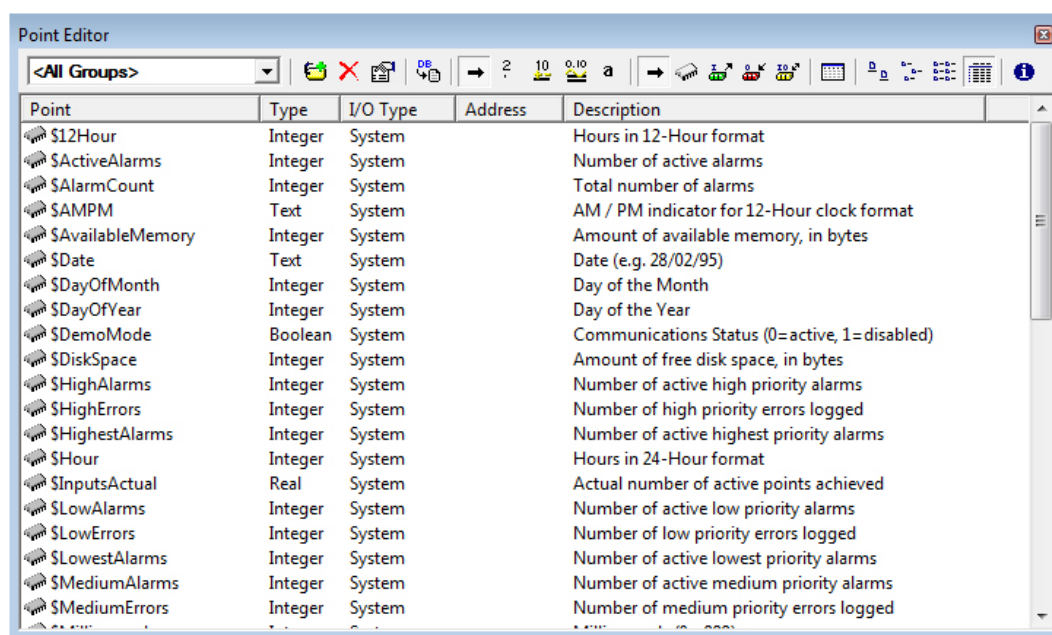


Slika 3.10: Okno za dodajanje krmilnikov (vir: [8]).

Krmilnik dodamo s klikom na gumb “Add...”.

Nastavitve krmilnika nastavimo enako kot smo to naredili v programskem orodju CX-Programmer, saj morajo biti za uspešno vzpostavitev komunikacije nastavitve identične z nastavitvami v našem krmilniku.

Naslednji korak je dodajanje točk, ki bodo povezovale krmilnik z našim vmesnikom. To naredimo z urejevalnikom točk (Point Editor), prikazanim na sliki 3.11, kjer vsaki točki pripadajo unikatne nastavitve. Te nastavitve



Point	Type	I/O Type	Address	Description
\$12Hour	Integer	System		Hours in 12-Hour format
\$ActiveAlarms	Integer	System		Number of active alarms
\$AlarmCount	Integer	System		Total number of alarms
\$AMPM	Text	System		AM / PM indicator for 12-Hour clock format
\$AvailableMemory	Integer	System		Amount of available memory, in bytes
\$Date	Text	System		Date (e.g. 28/02/95)
\$DayOfMonth	Integer	System		Day of the Month
\$DayOfYear	Integer	System		Day of the Year
\$DemoMode	Boolean	System		Communications Status (0=active, 1=disabled)
\$DiskSpace	Integer	System		Amount of free disk space, in bytes
\$HighAlarms	Integer	System		Number of active high priority alarms
\$HighErrors	Integer	System		Number of high priority errors logged
\$HighestAlarms	Integer	System		Number of active highest priority alarms
\$Hour	Integer	System		Hours in 24-Hour format
\$InputsActual	Real	System		Actual number of active points achieved
\$LowAlarms	Integer	System		Number of active low priority alarms
\$LowErrors	Integer	System		Number of low priority errors logged
\$LowestAlarms	Integer	System		Number of active lowest priority alarms
\$MediumAlarms	Integer	System		Number of active medium priority alarms
\$MediumErrors	Integer	System		Number of medium priority errors logged

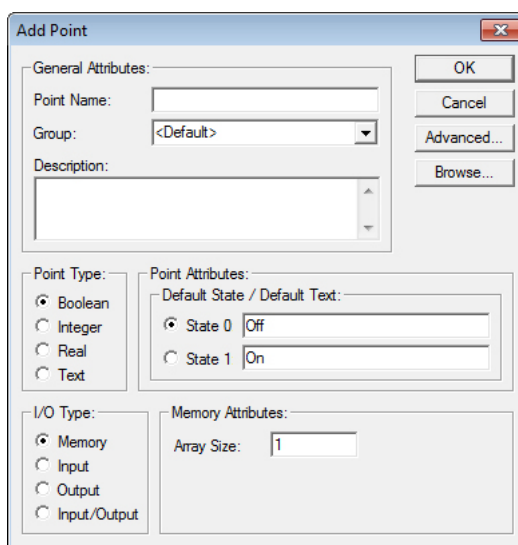
Slika 3.11: Urejevalnik vseh točk projekta (vir: [8]).

izberemo v oknu za dodajanje točke. Točko si lahko predstavljamo tudi kot spremenljivko, kateri dodelimo zelene lastnosti.

Iz slike 3.12 je razvidno, da imamo pri dodajanju točke na voljo:

1. Tip točke:

- Boolean – vrednost točke predstavlja en bit in je lahko le 0 ali 1
- Integer – vrednost točke je lahko med -2147483648 in 2147483647
- Real – vrednost točke je lahko med $\pm 1,7 E \pm 308$ z natančnostjo 15 decimal
- Text – vrednost točke lahko vsebuje 32768 znakov



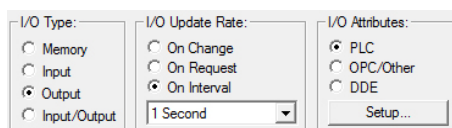
Slika 3.12: Dodajanje nove točke (vir: [8]).

2. Vhodno/Izhodni tip (I/O Type):

- Pomnilnik (Memory) – točka se nahaja v pomnilniku osebnega računalnika
- Vhod (Input) – točka sprejema podatke iz krmilnika
- Izhod (Output) – točka pošilja podatke v krmilnik
- Vhod/Izhod (Input/Output) – točka lahko sprejema in pošilja podatke iz/v krmilnik

Opcija “Memory” ima na voljo še izbiro velikosti tabele. Število pove, koliko elementov vsebuje tabela, in je lahko med 1 in 1024. Dostop do elementov pa se indeksira s števili med 0 in 1023.

Pri opcijah “Input”, “Output”, “Input/Output”, na sliki 3.13, je potrebno izbrati način osveževanja podatkov ter vir podatkov, torej kje v krmilniku se nahajajo.



Slika 3.13: Možnosti za nastavitve vhodnih točk (vir: [8]).

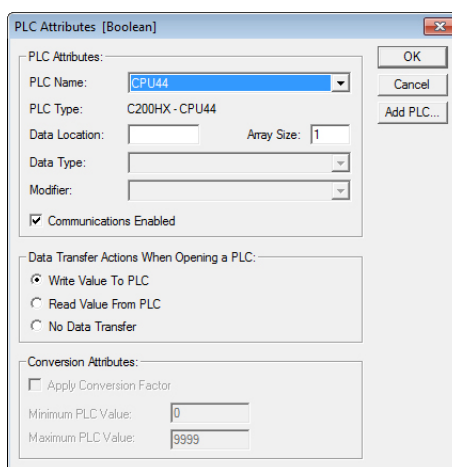
3. Osveževanje točke:

- Ob spremembi (On Change)
- Na zahtevo (On Request)
- Intervalno (On interval) – Izberemo želeni interval.

4. Lastnosti povezave (I/O Attributes):

- Direktna povezava s krmilnikom (PLC)
- Povezava preko serverja OPC
- Povezava s serverjem DDE

Vse naše točke vsebujejo direktno povezavo s krmilnikom in imajo izbrano možnost "PLC". Dodatne nastavitve za naš krmilnik je možno nastaviti s klikom na gumb "Setup...". Odpre se okno "PLC Attributes", ki je prikazano na sliki 3.14. V tem oknu lahko izberemo lokacijo podatkov, način prenosa ter pretvorbo, če je ta potrebna.



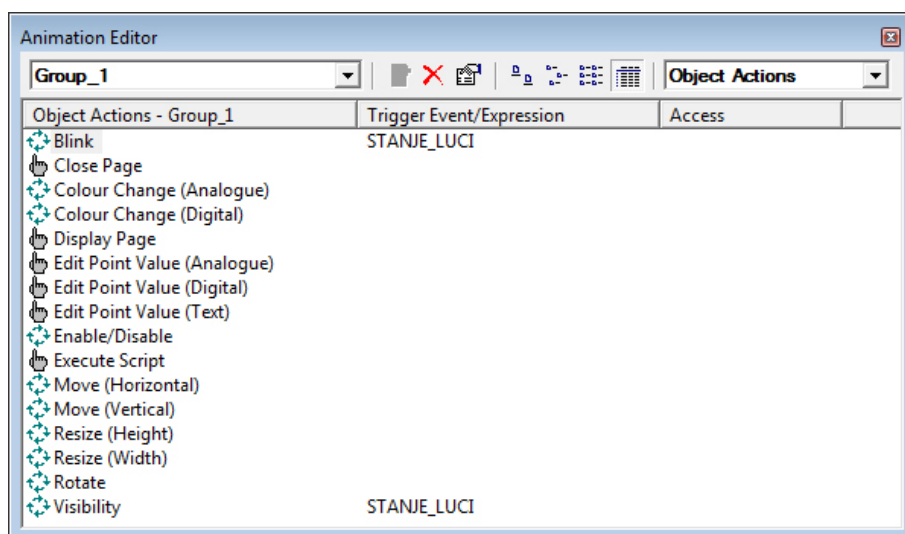
Slika 3.14: Dodatne nastavitve za izbrano točko (vir: [8]).

3.2.2 Upodabljanje grafičnega vmesnika

Po končanih nastavitvah za krmilnik in ustvarjenih zelenih točkah pričnemo z risanjem in ustvarjanjem animiranih grafičnih podob našega grafičnega vmesnika. Namen grafičnega vmesnika je čim bolj prikazati realne objekte s katerimi lahko manipuliramo. S tem namenom ustvarimo elemente, ki se premikajo glede na vrednosti senzorjev ali pa utripajo ob določenih dogodkih. Pri risanju si pomagamo z orodno vrstico grafičnih elementov. Na voljo imamo risanje črt, krivulj, likov, gumbov, grafov ter teksta. Vsak narisan element lahko vsebuje dodatne nastavitve, ki omogočajo animacijo. Med različnimi tipi elementov se število dodatnih nastavitvev razlikuje.

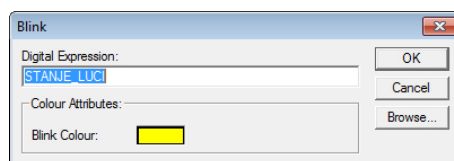
Na sliki 3.15 je prikazan urejevalnik animacij, kjer so vidne vse možnosti animacije za skupino elementov "Group_1". Ta skupina elementov v našem grafičnem vmesniku predstavlja vklopljeno ali izklopljeno razsvetljavo. Iz urejevalnika animacij je razvidno, da sta uporabljeni le dve možnosti:

- Utripanje (Blink)
- Vidnost (Visibility)



Slika 3.15: Urejevalnik animacij elementov (vir: [8]).

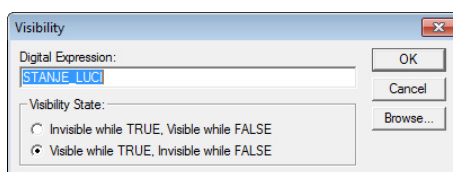
Obe možnosti imata enak pogoj za sprožitev dogodka (Trigger Event/Expression). Pogoj je “STANJE_LUCI”. Pri animaciji utripanja pomeni, da bo skupina elementov začela utripati, ko bo vrednost pogoja izpolnjena oziroma 1. Utripanje je realizirano s spreminjanjem barve, ki jo je možno poljubno izbrati. Za izbiro barve je potreben dvojni klik na tekst “Blink” in odpre se okno, prikazano na sliki 3.16, ki omogoča nastavitve pogoja ter izbiro barve, v katero se elementi spremenijo ob izpolnjenem pogoju.



Slika 3.16: Nastavitve za animacijo utripanja (Blink) (vir: [8]).

Pri možnosti vidnost (Visibility), prikazano na sliki 3.17, izberemo pogoj, pri katerem bodo elementi vidni za uporabnika grafičnega vmesnika.

Vsak element ali skupina elementov ima svoje nastavitve glede animacije in ne vplivajo direktno eden na drugega. V kolikor želimo z nekim elementom



Slika 3.17: Nastavitev za vidnost objekta (Visibility) (vir: [8]).

vplivati na druge, moramo napisati ustrezno skripto, ki v določenem stanju izbranega elementa priredi zelene vrednosti ali stanja drugim elementom.

Skripte je možno pisati v “Visual Basic Script” ali v “CX-Supervisor Script” jeziku. Jezika sta si zelo podobna; sintaksa se razlikuje le malenkostno v obliki velikih oziroma malih črk ter manjših spremembah pri postavljanju pogojev. Glavna prednost “CX-Supervisor Script” jezika je v preprosti uporabi ustvarjenih točk v projektu. Te lahko imensko uporabljamo v skripti kot spremenljivke in jih uporabimo v posebnih ukazih. Jezik “Visual Basic Script” posebnih ukazov ne omogoča.

Poglavje 4

Avtomatizacija rastlinjaka

4.1 Program na krmilniku

Program na krmilniku izvaja instrukcije, ki omogočijo avtomatsko uravnavanje zelenih parametrov v rastlinjaku. Napisan mora biti tako, da se lahko izvaja neodvisno od prisotnosti osebnega računalnika. Torej moramo imeti vse potrebne podatke in nastavitve shranjene v pomnilniku krmilnika.

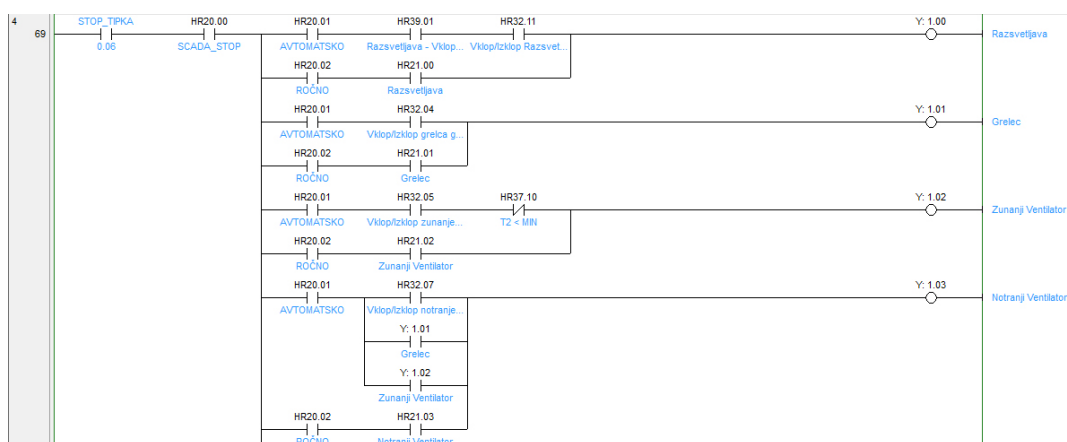
Program začnemo z ustvarjanjem preslikav vhodov in izhodov modulov v pomnilnik krmilnika. Naslovi vhodov in izhodov na modulu so fiksni. V pomnilnik jih lahko preslikamo bit za bitom v območje HR. To naredimo zaradi lažje kontrole trenutnega stanja v katerem se nahajajo.

Izhodne vrednosti iz analogno/digitalnega modula preslikamo v podatkovni pomnilnik DM, saj tako postanejo te vrednosti vidne tudi grafičnemu vmesniku. Izhodna vrednost analogno/digitalnega modula je v velikosti ene besede, ki je 16 bitna. V pomnilnik DM preslikamo tudi skupek vhodnih in izhodnih signalov, ki smo jih združili v pomnilniku HR. S tem poenostavimo branje in vpis vrednosti iz grafičnega vmesnika.

Sedaj lahko začnemo z avtomatizacijo rastlinjaka oziroma pri kakšnih po-

gojih naj se določena naprava vklopi ali izklopi.

Pred pogoji, ki bodo krmilili izhode na izhodnih modulih, je potrebno najprej postaviti varovalno stikalo. V našem primeru je to fizična tipka stop, ki omogoči izklop vseh aktivnih izhodov. Poleg fizične tipke je zaporedno vezana še vrednost "SCADA_STOP", ki ima enako funkcijo. To vrednost spreminja grafični vmesnik glede na željo uporabnika.



Slika 4.1: Del programa na krmilniku.

Na sliki 4.1 je prikazan del programa, ki krmili razsvetljava, grelec ter zunanji in notranji ventilator. Za vsak izhod sta narejeni dve veji, ki omogočata izbiro med ročnim in avtomatskim delovanjem.

Avtomatski del vsebuje tiste kontakte oziroma pogojne bite, ki predstavljajo trenutno stanje senzorjev ali dosežene mejne vrednosti za določen senzor. Po potrebi so prisotni tudi varnostni kontakti, ki preprečujejo poškodbe strojne opreme ali preliv vode iz rezervoarja.

Ročni del vsebuje tiste kontakte, ki predstavljajo vrednost postavljeno s strani grafičnega vmesnika. Grafični vmesnik direktno vklopi ali izklopi določen bit. Pri ročnem režimu delovanja obstaja tudi nekaj omejitev, tako kot pri avtomatskem. Te omejitve so ravno tako namenjene preprečevanju poškodb strojne opreme. S tem namenom je črpalko v vodnjaku nemogoče vklopiti, če

v vodnjaku ni dovolj vode, kljub našemu ukazu v grafičnem vmesniku, naj deluje.

Krmiljenje razsvetljave

Avtomatsko

Prvi kontakt, poimenovan HR39.01, predstavlja urnik razsvetljave in pove, ali je glede na trenutni čas potrebno vklopiti razsvetljavo ali ne. Drugi kontakt HR32.11 predstavlja osvetljenost rastlinjaka. Kadar je torej osvetljenost rastlinjaka pod zeleno vrednostjo, se kontakt aktivira oziroma postavi na 1 ter omogoči vklop razsvetljave.

Ročno

Imamo samo en kontakt brez drugih omejitev. Kontakt HR21.00 predstavlja tipko za vklop/izklop v grafičnem vmesniku. Kadar je torej kontakt aktiven, se razsvetljava vklopi, sicer pa je izklopljena.

Krmiljenje grelca

Avtomatsko

Grelec se vklopi, kadar se temperatura v rastlinjaku zniža pod zeleno vrednostjo. Takrat se aktivira kontakt HR32.04, ki je odvisen od temperaturnega senzorja 2 na dnu rastlinjaka.

Ročno

Kontakt HR21.01 predstavlja tipko za vklop/izklop grelca v grafičnem vmesniku. Grelec nima dodatnih omejitev za izklop ob pregrevanju, ker se predvideva, da bo imel lastno termično zaščito.

Krmiljenje zunanjega ventilatorja

Avtomatsko

Zunanji ventilator se vklopi ob doseženi maksimalni dovoljeni temperaturi v rastlinjaku. Doseženo vrednost indicira kontakt HR32.05. Maksimalno vrednost pa nastavimo po želji in jo lahko kadarkoli spremenimo s pomočjo grafičnega vmesnika. Naslednji kontakt HR37.10 služi kot varnostni element, ki ne dovoli vklopa zunanjega ventilatorja v primeru dosežene ekstremno nizke temperature na dnu rastlinjaka. To vrednost zazna senzor za temperaturo 2.

Ročno

Kontakt HR21.02 predstavlja tipko za vklop/izklop zunanjega ventilatorja v grafičnem vmesniku. Dodatnih varnostnih omejitev ni, saj ventilator lahko obratuje v vseh pogojih. Ob morebitnih ekstremnih temperaturah je dolžnost uporabnika, da spremlja dogajanje.

Krmiljenje notranjega ventilatorja

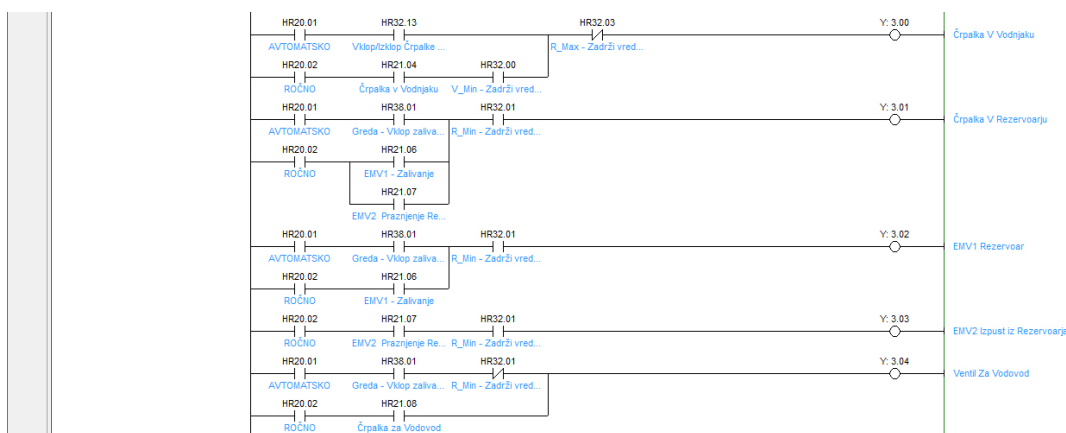
Avtomatsko

Notranji ventilator deluje vedno, kadar sta vklopljena grelec in zunanji ventilator. To omogočita kontakta Y:1.01 in Y:1.02, ki direktno predstavljata vklopljen/izklopljen grelec oziroma zunanji ventilator. Kontakt HR32.07 predstavlja dovoljeno odstopanje med temperaturo na vrhu in dnu rastlinjaka. To vrednost podata senzorja za temperaturo 1 in 2. V kolikor je dovoljeno temperaturno odstopanje preseženo, se vklopi notranji ventilator, ki poizkuša izenačiti temperaturno razliko. Z mešanjem zraka se hkrati tudi izenačuje relativna vlažnost v rastlinjaku.

Ročno

Kontakt HR21.03 predstavlja tipko za vklop/izklop notranjega ventilatorja v grafičnem vmesniku. Dodatne varnostne omejitve niso potrebne.

Na sliki 4.2 je prikazan del programa, ki krmili črpalke in ventile, ki so priključeni na 2. izhodni modul. Vse naprave priključene na ta modul delujejo z napetostjo 230V.



Slika 4.2: Del programa na krmilniku. Krmiljenje izhodov na 2. izhodnem modulu (230V).

Krmiljenje črpalke v vodnjaku

Avtomatsko

V rezervoarju želimo imeti vedno dovolj vode za zalivanje. Črpalka prične s črpanjem, kadar je nivo vode v rezervoarju pod srednjo vrednostjo, in preneha s črpanjem, ko voda doseže maksimum v rezervoarju. Za to skrbi kontakt HR32.13, ki se aktivira glede na stanje srednjega in maksimalnega nivoja vode v rezervoarju.

Ročno

Kontakt HR21.04 predstavlja tipko za vklop/izklop črpalke v grafičnem vmesniku.

Pri krmiljenju črpalke imamo dva varnostna kontakta. Prvi, HR32.00, prepreči delovanje črpalke, če je nivo vode v vodnjaku prenizek. Drugi, HR32.03, prepreči prekomerno črpanje vode v rezervoar.

Krmiljenje zalivanja iz rezervoarja

Avtomatsko

Elektromagnetni ventil in črpalka v rezervoarju se vklopita, kadar je glede na urniku izbrano zalivanje grede. Vklop signalizira kontakt HR38.01, ki vpliva na vklop ventila in črpalke hkrati. Vklop lahko prepreči kontakt HR32.01, ki signalizira minimum v rezervoarju. Torej, kadar je nivo vode v rezervoarju pod minimumom, zalivanje iz rezervoarja ni mogoče.

Ročno

Kontakt HR21.03 predstavlja tipko za vklop/izklop elektromagnetnega ventila 1 v grafičnem vmesniku. Našo željo po vklopu zalivanja iz rezervoarja lahko onemogoči varnostni kontakt HR32.01, ki prepreči možnost okvare črpalke zaradi prenizkega nivoja vode v rezervoarju.

Krmiljenje izpusta vode iz rezervoarja

Ročno

Kontakt HR21.07 predstavlja tipko za vklop/izklop elektromagnetnega ventila 2 v grafičnem vmesniku. Varnostni kontakt HR32.01 prepreči delovanje črpalke, če je nivo vode v vodnjaku prenizek.

Avtomatski način tukaj ni potreben, ker je praznjenje rezervoarja nepotreben del pri avtomatizaciji rastlinjaka. Praznjenje rezervoarja je le dodatek, ki se uporabi pri simulaciji. V naravi bi bilo praznjenje rezervoarja koristno, če bi vodo iz rezervoarja potrebovali izven rastlinjaka ali kadar bi potrebovali prazen rezervoar zaradi drugih vzdrževalnih del.

Krmiljenje ventila za vodovod

Avtomatsko

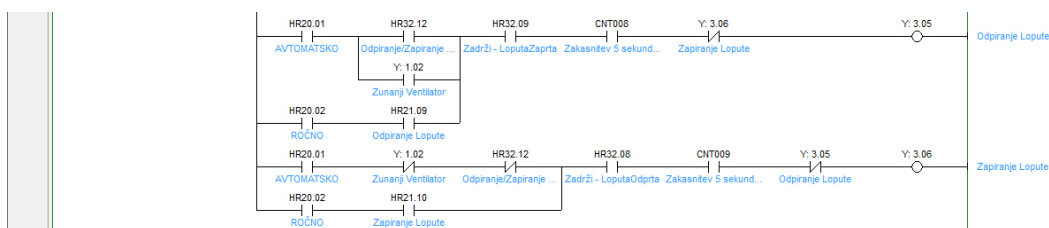
Z vodo iz vodovoda se zaliva le v primeru praznega rezervoarja. Prazen

rezervoar signalizira kontakt HR32.01, ki v neaktivnem stanju dovoli odpiranje ventila za vodovod. Seveda se v primeru praznega rezervoarja ventil odpre glede na nastavljen urnik zalivanja, ki ga predstavlja kontakt HR38.01.

Ročno

Kontakt HR21.08 predstavlja tipko za vklop/izklop elektromagnetnega ventila za vodovod v grafičnem vmesniku.

V našem primeru ni dodatnih varnostnih kontaktov. Lahko bi imeli še senzorje za kontrolo vlažnosti zemlje, ki bi onemogočili prekomerno zalivanje grede.



Slika 4.3: Del programa na krmilniku. Krmiljenje izhodov za odpiranje in zapiranje lopute.

Slika 4.3 prikazuje krmiljenje lopute. Poleg kontaktov za odpiranje in zapiranje vsebuje še varnostne kontakte, ki so nujno potrebni za pravilno delovanje. Krmiljenje smo priredili, tako da ustreza našemu simulacijskemu okolju in je direktno prenosljivo le v primeru identičnega priklopa druge naprave z enakim delovanjem.

Odpiranje lopute:

Avtomatsko

Prvi pogoj, da se loputa odpre, je previsoka temperatura v rastlinjaku. Zahtevo za vklop signalizira kontakt HR32.12, ko temperaturni senzor 1 doseže

temperaturo, ki je nastavljena kot mejna vrednost za odpiranje lopute. Drugi pogoj je aktiven zunanji ventilator. Kontakt Y:1.02 je direktno povezan s stanjem zunanjega ventilatorja. Tako se pri vklopu zunanjega ventilatorja nemudoma postavi zahteva za odpiranje lopute.

Ročno

Kontakt HR21.09 predstavlja tipko za odpiranje lopute v grafičnem vmesniku.

Naslednji trije kontakti služijo za pravilno delovanje odpiranja lopute. Kontakt HR32.09 zadrži vrednost induktivnega stikala, ki signalizira, da je trenutno loputa zaprta. V aktivnem stanju ostane vse dokler se loputa popolnoma ne odpre. Zadrževanje signala v aktivnem stanju je potrebno, ker se med premikom lopute izgubi signal, ki signalizira zaprto stanje lopute. Kontakt CNT008 predstavlja števec, ki zakasni odpiranje lopute za 5 sekund. To ne pomeni, da je čakalna doba od zahteve za odpiranje lopute do fizičnega vklopa vedno 5 sekund. Čas petih sekund predstavlja zakasnitev med akcijo zapiranja lopute in ponovnega odpiranja lopute. Kontakt Y:3.06 je varnostni kontakt, ki preprečuje istočasno odpiranje in zapiranje lopute. Kontakt je aktiven, kadar zapiranje lopute ni v teku.

Zapiranje lopute

Avtomatsko

Loputa se zapre, kadar je izklopljen zunanji ventilator in senzor temperature 1 izmeri temperaturo, ki je nižja od tiste za odpiranje lopute. Stanje zunanjega ventilatorja signalizira kontakt Y:1.02. Stanje trenutne temperature pa kontakt HR32.12.

Ročno

Kontakt HR21.09 predstavlja tipko za zapiranje lopute v grafičnem vme-

sniku.

Naslednji trije kontakti, ki so razvidni iz slike 4.3, služijo za pravilno delovanje zapiranja lopute. Njihova vloga je enaka kot pri odpiranju lopute.

Preostali del programa

Za pravilno delovanje kontaktov, uporabljenih za krmiljenje izhodov, je v programu uporabljenih še nekaj osnovnih funkcij.

- Funkcija RST - Reset: Postavi želeni bit na nič.
- Funkcija KEEP - Ohranjanje vrednost: Funkcija ima dva vhoda. S prvim aktivnim vhodom postavimo bit na 1 in funkcija ohranja vrednost, dokler z aktivnim drugim vhodom ne postavimo bita na 0.
- Funkcija CNT - Števec: Števec odšteva od postavljene vrednosti. Interval odštevanja je lahko 1 sekunda, 1 minuta, 1 ura ali poljubna funkcija.
- Funkcija CMP - Primerjava vrednosti: Primerja dve besedi in glede na rezultat ustrezno postavi zastavice za večje, manjše ali enako.
- Funkcija ADB - Binarno seštevanje: Funkcija binarno sešteje dve besedi in vrne rezultat v tretjo besedo ter postavi zastavico za prenos, če je potrebno.
- Funkcija ANDW - Logična operacija IN: Funkcija izvrši logično operacijo IN nad biti dveh besed. Primerjava poteka bit za bitom in rezultat se shrani v tretjo besedo.

V programu je dodana še simulacija časa, ki je namenjena za hiter prikaz dnevnega cikla avtomatizacije rastlinjaka. Simulacija časa pohitri čas, tako da se 24 urni cikel zgodi v nekaj minutah. Pri tem ne spreminja časa v krmilniku, ampak ustvari navidezni čas, ki nadomesti realnega.

4.2 Programiranje vmesnika

Grafični vmesnik na osebni računalniku lahko bere informacije iz krmilnika, pošilja zahteve za način delovanja ter zahteve za vklop/izklop naprav. Prav tako lahko spreminja parametre, ki vplivajo na delovanje v avtomatskem načinu.

Programiranje za grafični vmesnik je v večjem delu trivialno. Začnemo z ustvarjanjem točk, ki se nahajajo v pomnilniku osebnega računalnika in predstavljajo naše spremenljivke. Nato za vsak izhod in vhod na krmilniku naredimo primerne povezave do grafičnih elementov. Pri izgledu in nastavitvah vsakega elementa je potrebno izbrati željeno točko, s katero je element povezan. Seveda je potrebno vsak grafični element primerno narisati, tako da s svojo podobo ponazarja realne objekte. Skupno število grafičnih elementov je v našem grafičnem vmesniku nekaj tisoč. Velik del nastavitvev elementov predstavlja samo spremembo indeksov in povezovalnih točk, vendar je kljub preprostosti zamudno opravilo in predstavlja možnost napačnih vnosov.

Za animacijo elementov je velikokrat potrebno napisati krajšo skripto. Pri animaciji kapljanja vode na gredo je uporabljena skripta na sliki 4.4. Kot je razvidno iz slike, gre za igranje s števili, ki predstavljajo, kako naj se giblje ena kapljica po zaslonu. Same številke ne povedo dosti, saj dobijo svoj pomen šele v povezavi z grafičnim elementom. Spremenljivka *K1* vsebuje podatek, kako naj kapljica 1 pada. Spremenljivka *K1_1* pa vsebuje podatek, kako naj kapljica 1 izgine na gredi. Grafično je kapljica predstavljena kot kratka modra črta, ki se premika navzdol po zaslonu glede na vrednost spremenljivke *K1*. Izginjanje kapljice na gredi predstavlja spremenljivka *K1_1*. Ta pove, kako velik naj bo moder krog, ki se s časom manjša. Za aktivno animacijo padanja kapljice se trenutna skripta izvede vsakih 40 milisekund.

Skripto je potrebna tudi za izračun temperature in osvetljenosti, saj vrednost s katero operira krmilnik ni v stopinjah celzija oziroma luksih. Zato s

```

IF K1==-1 THEN
K1=0
ENDIF
K1=(K1+5) % 100
IF K1>90 THEN
K1_1=12
ENDIF
K1_1=K1_1-1

```

Slika 4.4: Skripta za animacijo kapljice.

```

T1_NovaVrednost=GetPointValue (VHOD_TEMP1, 0)
T1_SteviloVzorcev=10
T2_NovaVrednost=GetPointValue (VHOD_TEMP2, 0)
T2_SteviloVzorcev=10

T1_VrednostVzorcev= (T1_VrednostVzorcev
                    -T1_VrednostVzorcev/T1_SteviloVzorcev)
                    +T1_NovaVrednost
T1_Vrednost=T1_VrednostVzorcev/T1_SteviloVzorcev
TEMPERATURA1= ( (151/4000) *T1_Vrednost) -50

T2_VrednostVzorcev= (T2_VrednostVzorcev
                    -T2_VrednostVzorcev/T2_SteviloVzorcev)
                    +T2_NovaVrednost
T2_Vrednost=T2_VrednostVzorcev/T2_SteviloVzorcev
TEMPERATURA2= ( (151/4000) *T2_Vrednost) -50

```

Slika 4.5: Skripta za izračun temperature.

pomočjo skripte pretvorimo vrednosti, ki jih poda krmilnik, v nam poznane enote. Slika 4.5 prikazuje skripto, ki izračuna, koliko stopinj celzija predstavlja trenutna vrednost temperaturnega senzorja v krmilniku. Poleg pretvorbe temperature v stopinje celzija, ki jo predstavlja enačba (4.1), izračuna še povprečno vrednost zadnjih desetih vzorcev.

$$\text{Temperatura v } ^\circ\text{C} = \frac{\text{Število stopinj v temperaturnem razponu}}{\text{Ločljivost v temperaturnem razponu}} \\ * \text{Vrednost temperaturnega senzorja} - \text{odmik v } ^\circ\text{C} \quad (4.1)$$

Podobno kot za temperaturo, izračunamo osvetljenost v luksih s skripto. Funkcije za izračun osvetljenosti so napisane pri opisu svetlobnega senzorja v poglavju 2.4.2.

Poglavje 5

Navodila za upravljanje

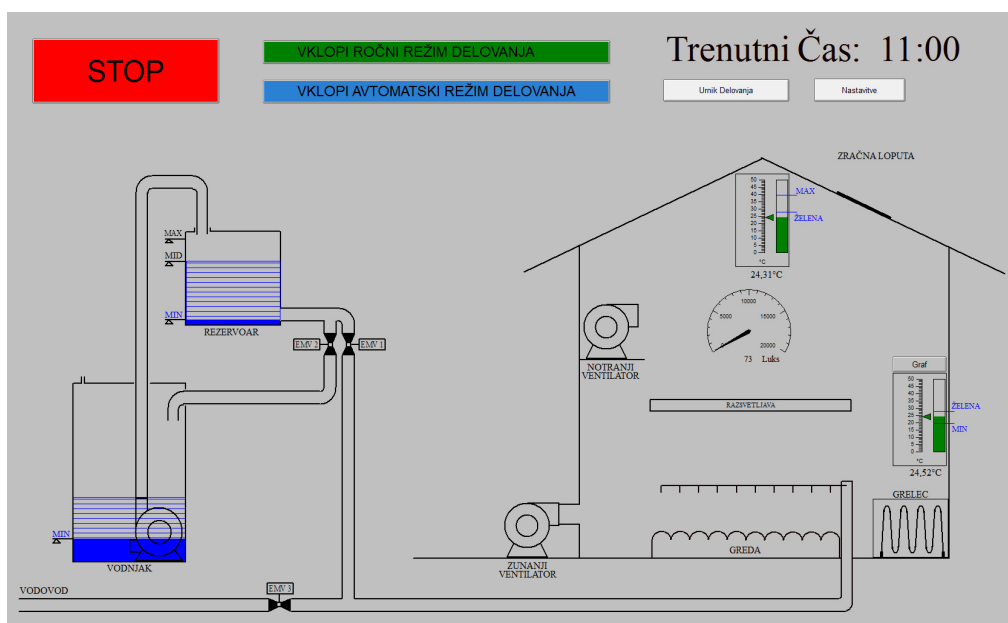
5.1 Izgled vmesnika na osebнем računalniku

Začetni izgled vmesnika prikazuje trenutno stanje rastlinjaka ter vsebuje gumbe do potrebnih nastavitev in izbiro načina delovanja rastlinjaka. Izgled vmesnika v stanju mirovanja je prikazan na sliki 5.1.

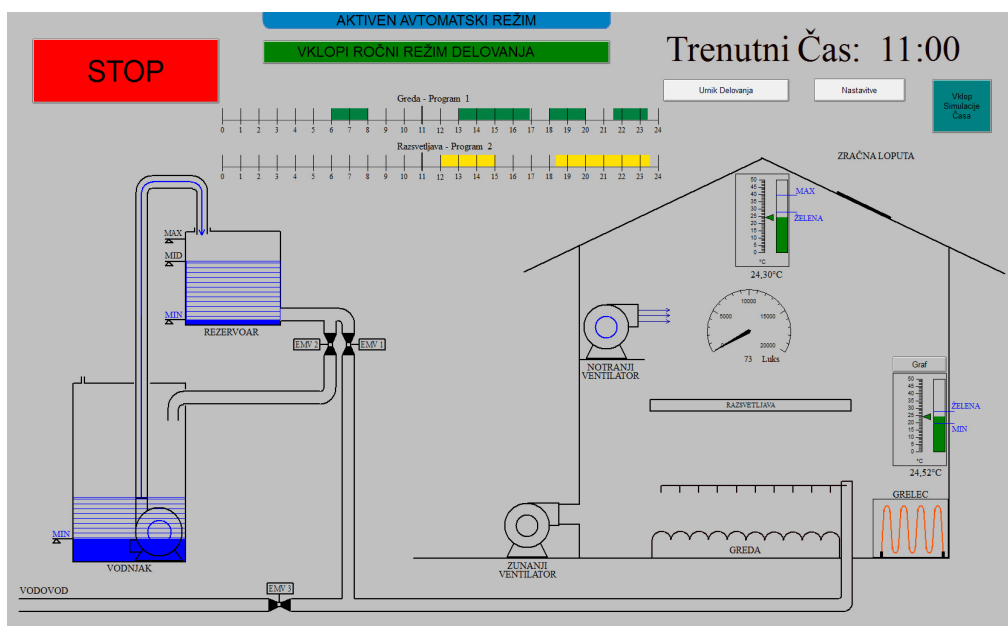
Vmesnik ima dva glavna načina delovanja, to sta ročni in avtomatski način delovanja.

Pred vklopom avtomatskega režima delovanja je potrebna nastavitve urnika delovanja ter nastavitve vrednosti senzorjev, saj bo le ob pravilno izbranih vrednostih avtomatsko vodenje rastlinjaka takšno, kot si ga želimo. Izgled vmesnika v avtomatskem režimu delovanja prikazuje slika 5.2.

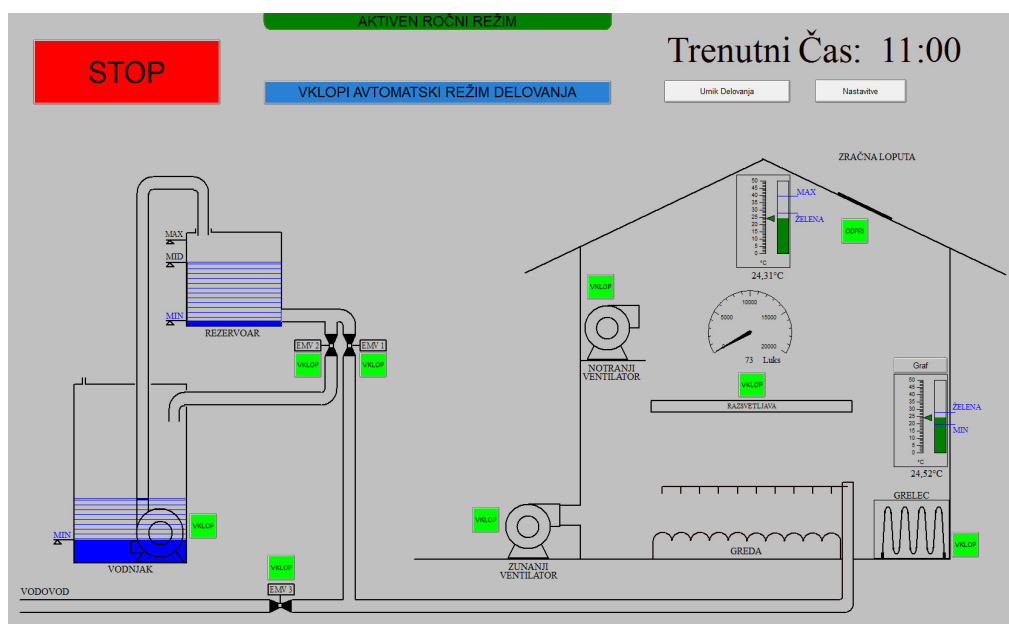
Ročni režim delovanja omogoča poljubno upravljanje z rastlinjakom. Povejajo se lahko nekatere omejitve, ki jih je potrebno upoštevati, drugače lahko pride do poškodb strojne opreme. Izgled vmesnika v ročnem načinu delovanja pa prikazuje slika 5.3.



Slika 5.1: Izgled vmesnika v stanju mirovanja.



Slika 5.2: Izgled vmesnika v avtomatskem režimu delovanja.



Slika 5.3: Izgled vmesnika v ročnem režimu delovanja.

5.2 Opis in Potek Delovanja

5.2.1 Tipka in gumb stop

Fizična tipka stop, na sliki 5.4, služi za trenutni izklop vseh naprav (napajanje izhodnih krmilnih tokokrogov) in izklop vseh programov. V primeru aktiviranja tipke stop se prikaže alarm. Po deblokiranju tipke stop je potreben še reset alarma. Po uspešnem resetu je naprava ponovno pripravljena za obratovanje. Funkcija gumba "STOP" v grafičnem vmesniku je enaka.



Slika 5.4: STOP Tipka.



Slika 5.5: Gumb "STOP" v grafičnem vmesniku.

Klik na rdeč gumb "STOP", na sliki 5.5, v grafičnem vmesniku sproži ak-

cijo, ki prekine delovanje črpalke, zapre vse ventile, izklopi ventilatorja, izklopi grelec ter prekine trenutni režim delovanja. Služi kot varnostni gumb, kadar želimo vse na hitro izključiti ali če želimo ustaviti delovanje sistema. Tudi po deblokadi gumba “STOP” s klikom na gumb “PREKINI STOP”, na sliki 5.6, sistem še vedno miruje, vse dokler ne izberemo načina delovanja s klikom na gumb “VKLOPI ROČNI REŽIM DELOVANJA” ali “VKLOPI AVTOMATSKI REŽIM DELOVANJA”.

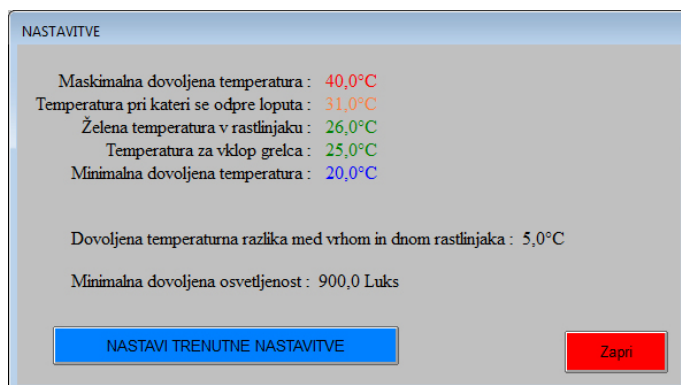


Slika 5.6: Aktiven gumb “STOP”.

Gumb “PREKINI STOP” ponovno omogoči izbiro ročnega ali avtomatskega režima delovanja.

5.2.2 Nastavitve

S klikom na gumb “Nastavitve” se odpre okno, predstavljeno na sliki 5.7, ki omogoča vnos nastavitvev za temperaturo ter osvetljenost v rastlinjaku. Vse vrednosti nastavimo glede na potrebe rastlinjaka. Pri nastavljanju mejnih vrednosti za temperaturo moramo upoštevati, da morajo biti izbrane mejne vrednosti v ustrezni relaciji med seboj. Minimalna dovoljena temperatura mora predstavljati najnižjo vrednost ter maksimalna dovoljena temperatura mora predstavljati najvišjo vrednost. Ostale vrednosti morajo biti med minimalno in maksimalno. V kolikor izberemo neprimerno vrednost, bo program avtomatsko priredil vrednost. Prirejena vrednost bo najnižja dovoljena, glede na ostale vrednosti.



Slika 5.7: Okno z nastavitvami.

- **Vnos vrednosti**

S klikom (desni miškin gumb) na vrednost pred “ ° C” se odpre okno, ki omogoča vnos zelene vrednosti. Možen je vpis vrednosti med 0 in 100. Vrednost potrdimo s klikom gumb “Enter”. Za razveljavitev kliknemo gumb “Cancel”.

- **Shranjevanje vrednosti**

Po končanem vnosu vrednosti je potrebno nastavitve shraniti s klikom na gumb “SHRANI TRENUTNE NASTAVITVE”.

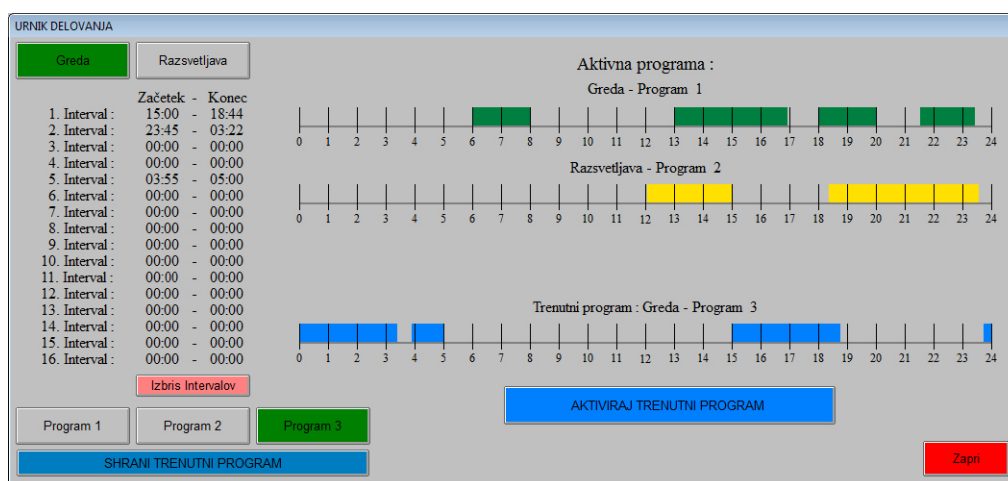
- **Razveljavitev sprememb / Izhod**

S klikom na gumb “Zapri” se zapre okno “NASTAVITVE” ter razveljavijo morebitne spremenjene nastavitve, ki še niso bile shranjene.

5.2.3 Urnik delovanja

S klikom na gumb “Urnik Delovanja” se odpre okno, prikazano na sliki 5.8, ki omogoča izbiro in nastavitve urnika za vklop razsvetljave ter zalivanja grede.

Okno prikazuje aktivna programa za zalivanje in razsvetljavo ter trenutni program, ki ga lahko spremenimo, shranimo ali nastavimo kot trenutno aktivnega. Za Gredo in Razsvetljavo lahko prednastavimo 3 različne programe in aktiviramo tistega, ki ga želimo trenutno izvajati.



Slika 5.8: Izbira intervalov za zalivanje grede ter razsvetljavo.

- **Izbira programa**

Za izbiro Programa 1 za Gredo kliknemo na gumb “Greda” ter nato še na gumb “Program 1”. Za izbiro Programa 1 za Razsvetljavo kliknemo na gumb “Razsvetljava” ter nato še gumb “Program 1”. Trenutno izbrani program je obarvan z zeleno/rumeno, vse ostale možnosti so obarvane sivo.

- **Vnos Intervalov**

S klikom na čas pod besedo “Začetek”/“Konec” se odpre okno, ki omogoča vnos zelene vrednosti začetka/konca intervala v isti vrstici. Možen je vpis

vrednosti med 0 in 23 za uro ter med 0 in 59 za minuto. Vrednost potrdimo s klikom gumb "Enter". Za razveljavitev kliknemo gumb "Cancel".

- **Izbris Intervalov**

Klik na gumb "Izbris Intervalov" prepíše vse trenutno prikazane intervale in jih nastavi na 00:00 - 00:00. Tako nastavljen interval ni aktiven.

- **Shranjevanje programa**

Po končanem vnosu intervalov lahko nastavitve shranimo s klikom na gumb "SHARNI TRENUTNI PROGRAM".

- **Aktiviranje trenutno izbranega programa**

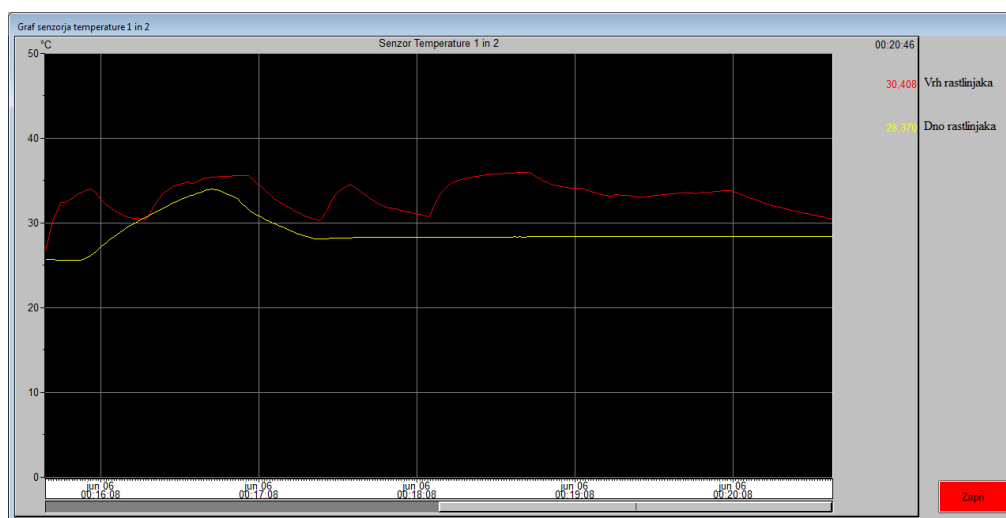
Trenutno izbrani program lahko aktiviramo s klikom na gumb "AKTIVIRAJ TRENUTNI PROGRAM". Z aktivacijo trenutnega programa se star aktivni program prepíše z novim.

- **Razveljavitev sprememb / Izhod**

S klikom na gumb "Zapri" se zapre okno "Urnik Delovanja" ter razveljavijo morebitni spremenjeni intervali, ki še niso bili shranjeni.

5.2.4 Graf vrednosti senzorjev

Na grafu iz slike 5.9 so vidne vrednosti temperaturnih senzorjev 1 in 2, ki se osvežujejo vsako sekundo. Gumb "Zapri" zapre okno "Graf senzorja temperature 1 in 2", vendar ne prekine beleženja temperature. Pri ponovnem odpiranju okna "Graf senzorja temperature 1 in 2" se prikažejo vrednosti senzorjev zabeležene v zadnjih nekaj minutah.



Slika 5.9: Prikaz temperature senzora 1 in 2.

5.2.5 Ročni režim delovanja

Klik na gumb “VKLOPI ROČNI REŽIM DELOVANJA”, prikazan na sliki 5.10, aktivira ročni režim delovanja in prekine morebitni avtomatski režim delovanja.

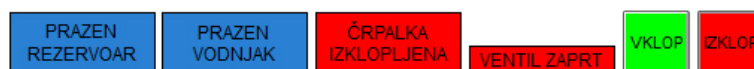


Slika 5.10: Gumb za izbiro ročnega režima delovanja.

V ročnem režimu delovanja lahko uporabnik poljubno črpa vodo iz vodnjaka, zaliva gredo, vklaplja in izklaplja razsvetljavo ter segreva in prezračuje rastlinjak. Omejitve predstavljajo ekstremni nivoji vode v vodnjaku in rezervoarju, ki sprožijo varnostni mehanizem ob nedovoljenih oziroma prekoračenih vrednostih. Tako pri praznem vodnjaku ali polnem rezervoarju ni mogoče vklopiti črpalke. Varnostni mehanizem skrbi, da črpalka ne obratuje brez vode, saj se brez vodnega hlajenja hitreje pokvari. Maksimum v rezervoarju preprečuje prelivanje vode in s tem prepreči nezaželeno odtekanje vode ter

druge nevšečnosti. Kadar črpalka ne deluje ali je izklopljena zaradi določene omejitve, se to prikaže na zaslonu kot opozorilo v modrem okvirju, ki pove, za kakšno omejitev gre. Sporočila, ki se pojavijo ob omejitvah, so: “REZERVOAR POLN”, “PRAZEN VODNJAK” in so prikazana na sliki 5.11. Prav tako se prikaže še sporočilo v rdečem okvirju “ČRPALKA IZKLOPLJENA” ali “VENTIL ZAPRT”, ki označuje trenutno stanje črpalke oziroma ventila.

Uporabnik upravlja naprave preko gumbov “VKLOP” / “IZKLOP” na grafičnem vmesniku. Klik na gumb “VKLOP” vklopi ali odpre tisto napravo, ki je prikazana ob gumbu. Klik na gumb “IZKLOP” izklopi ali zapre tisto napravo, ki je prikazana ob gumbu.



Slika 5.11: Opozorila ter gumba za vklop in izklop.

5.2.6 Avtomatski režim delovanja

Klik na gumb “VKLOPI AVTOMATSKI REŽIM DELOVANJA”, prikazan na sliki 5.12, aktivira avtomatski režim delovanja in prekine morebitni ročni režim delovanja.



Slika 5.12: Gumb za izbiro avtomatskega režima delovanja.

V avtomatskem režimu delovanja krmilnik sam skrbi za polnjenje rezervoarja, zalivanje grede, uravnavanje temperature ter osvetljenost rastlinjaka glede na izbrani program.

Rezervoar se prične polniti, ko nivo vode v njem pade pod srednjo vrednost, in se polni, dokler ni poln. Polnjenje rezervoarja se lahko prekine predčasno, v kolikor zmanjka vode v vodnjaku.

Temperatura se uravnava s pomočjo ventilatorjev in grelca. Notranji ventilator meša zrak znotraj rastlinjaka in s tem izenačuje temperaturo med zrakom na dnu in zrakom na vrhu rastlinjaka. Vklon notranjega ventilatorja povzroči prevelika temperaturna razlika med zrakom na dnu in zrakom na vrhu rastlinjaka. Vklon zunanjega ventilatorja služi za prezračevanje in ohlajanje rastlinjaka, kadar je to potrebno.

Zalivanje grede poteka po predhodnih nastavitvah urnika, ki ga je mogoče spreminjati preko grafičnega vmesnika na osebem računalniku. Za zalivanje se najprej uporabi voda v rezervoarju. V kolikor je zmanjka, se uporabi voda iz vodovoda za zagotavljanje dovolj velike količine vode, ki je potrebna za zalivanje.

Vklon in izklon razsvetljave prav tako potekata glede na urnik, vendar se pri tem upošteva še osvetljenost rastlinjaka s strani sonca. V kolikor je svetlobe s strani sonca dovolj, se razsvetljava izklopi. Urnik za razsvetljavo poljubno nastavimo s pomočjo grafičnega vmesnika.

Poglavje 6

Zaključek

Programiranje krmilnika poteka v programskem jeziku “ladder logic”, kjer se uporabljajo osnovne funkcije kot so negacija, in, ali, shift (pomik bitov) ter obsežen nabor drugih zahtevnejših funkcij. Prednost predstavlja možnost programiranja v grafičnem načinu, saj je vizualni način bolj pregleden kot standardni zapis kode po vrsticah.

Del programiranja je bil izveden tudi na grafičnem vmesniku na osebнем računalniku. Na grafičnem vmesniku poteka nadaljnja obdelava podatkov iz krmilnika in vpisovanje vrednosti nazaj v krmilnik. Zato na grafičnem vmesniku teče v ozadju več skript, ki skrbijo za izgled vmesnika in osveževanje vrednosti iz krmilnika. Pri tem nas enostavnost in priročnost obdelave podatkov iz krmilnika ne smeta zavesti, saj program na krmilniku predstavlja jedro in program v grafičnem vmesniku ne sme vplivati na ključno delovanje sistema. Torej ne glede na program, ki se izvaja na osebнем računalniku, se mora program na krmilniku izvajati nemoteno v skladu z varnostnimi zahtevami.

Pri izdelavi programa na krmilniku smo imeli največ težav z določanjem naslovnega prostora analogno/digitalnega modula, saj nismo poznali celotne razporeditve pomnilnikov. Krmilnik ima namreč več ločenih pomnilnikov, ki služijo različnim namenom kot so spremenljivke, signali, vrednosti iz analogno/digitalnih modulov idr.. Kljub težavam pri izdelavi programa za krmil-

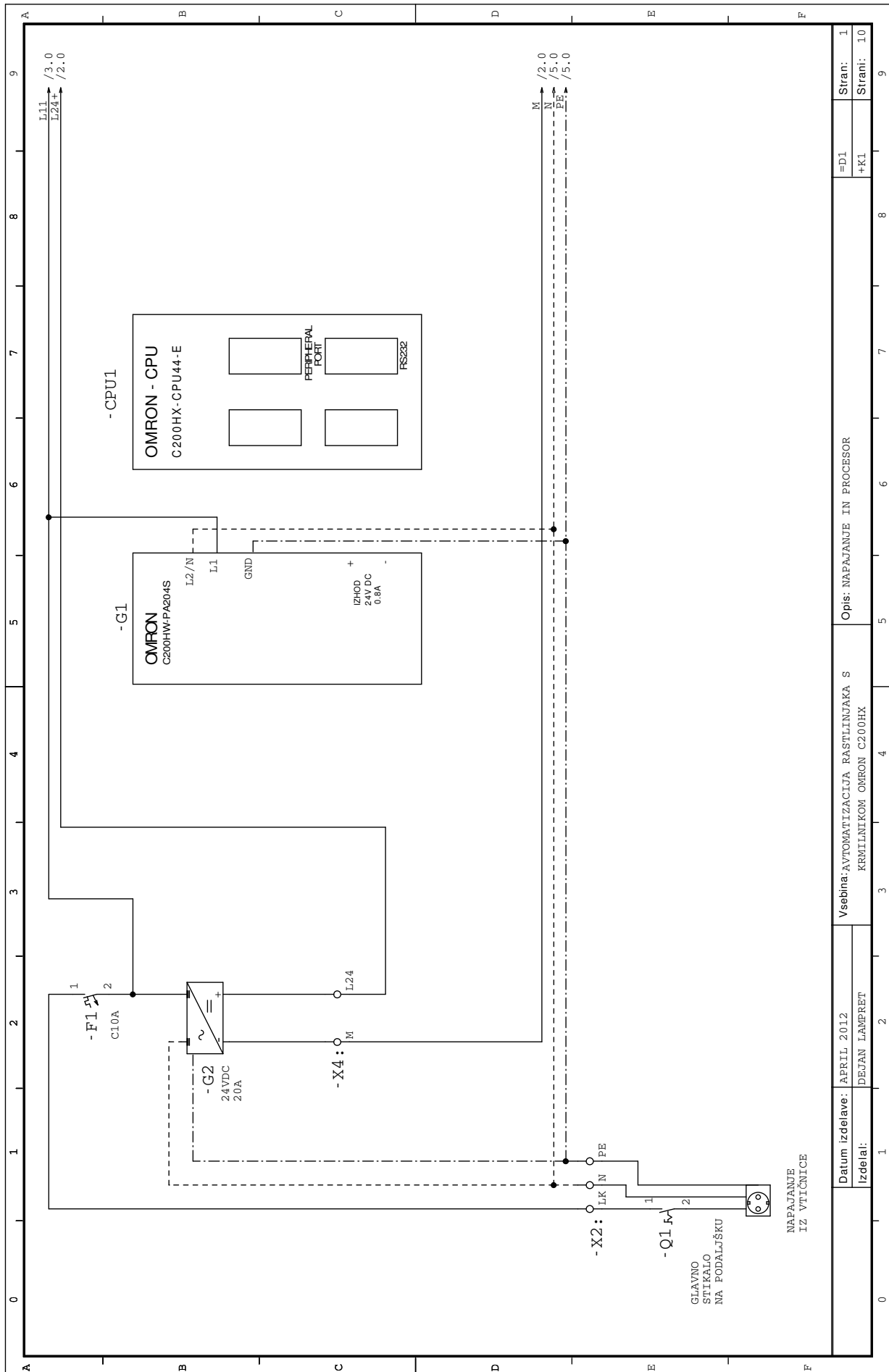
nik, je izdelava grafičnega vmesnika zahtevala največ časa. Potreben je bil vnos vseh vhodnih in izhodnih signalov ter kontrolnih vrednosti, nato pa vsakega od njih logično pravilno vključiti v eno izmed skript, ki se izvedejo ob določenem dogodku ali pa se neprestano izvajajo v ozadju. Skupek vseh podatkov je prikazan v grafičnem vmesniku, kjer so narisani elementi povezani s signali. Tako dobi grafični vmesnik dinamično podobo in nam prikaže lažje predstavljivo sliko o dogajanju v realnosti.

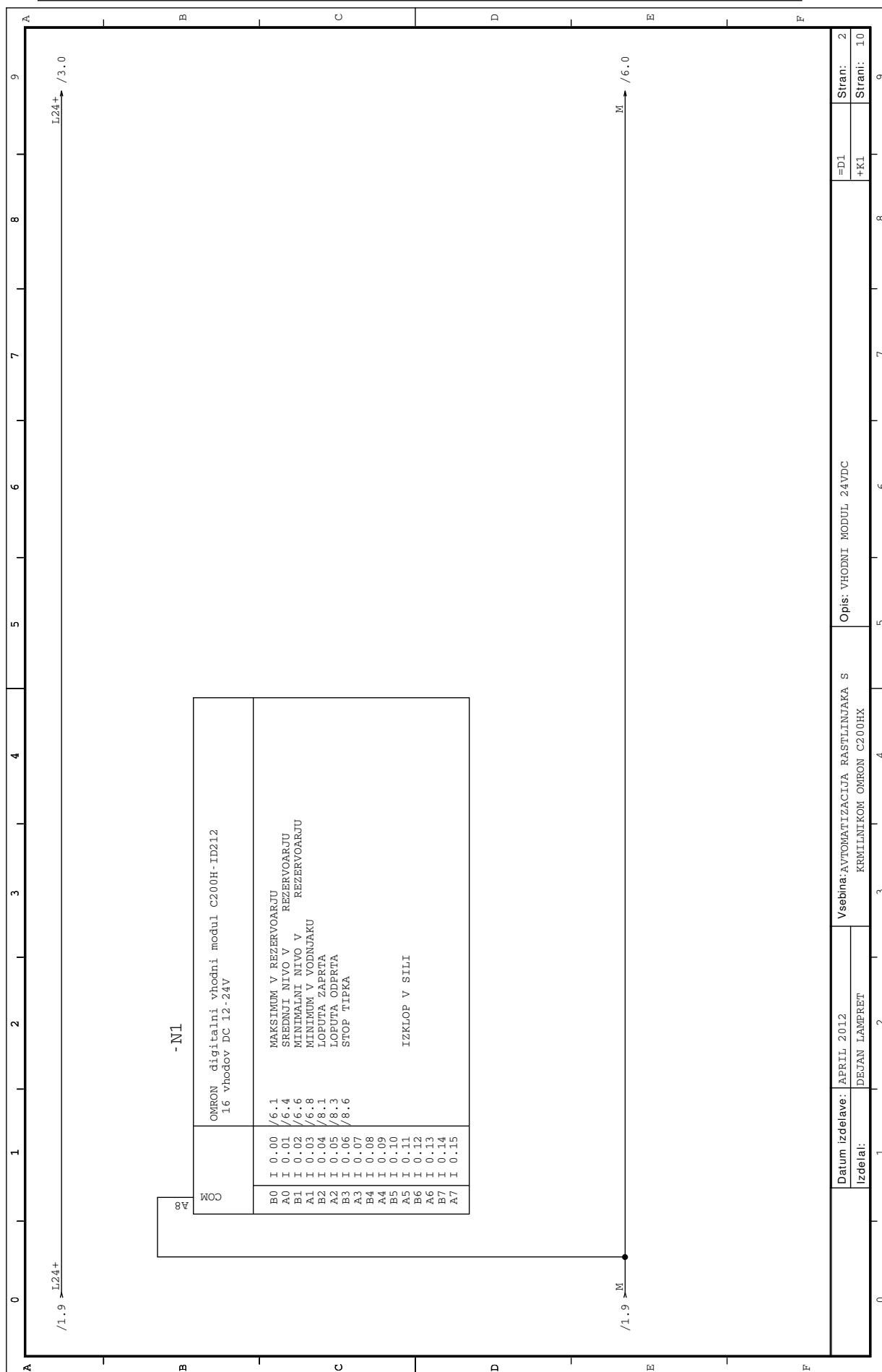
Krmilnik OMRON C200HX je primeren za avtomatizacijo rastlinjaka. Njegova zmogljivost presega potrebe naše naloge, saj omogoča priklop velikega števila modulov, ki jih mi ne potrebujemo. Njegovo celotno zmogljivost, procesorsko in razširitveno, bi potrebovali pri avtomatizaciji večjega rastlinjaka, ki bi vseboval večje število namakalnih sistemov in drugih opcij po želji uporabnika.

Dodatek A

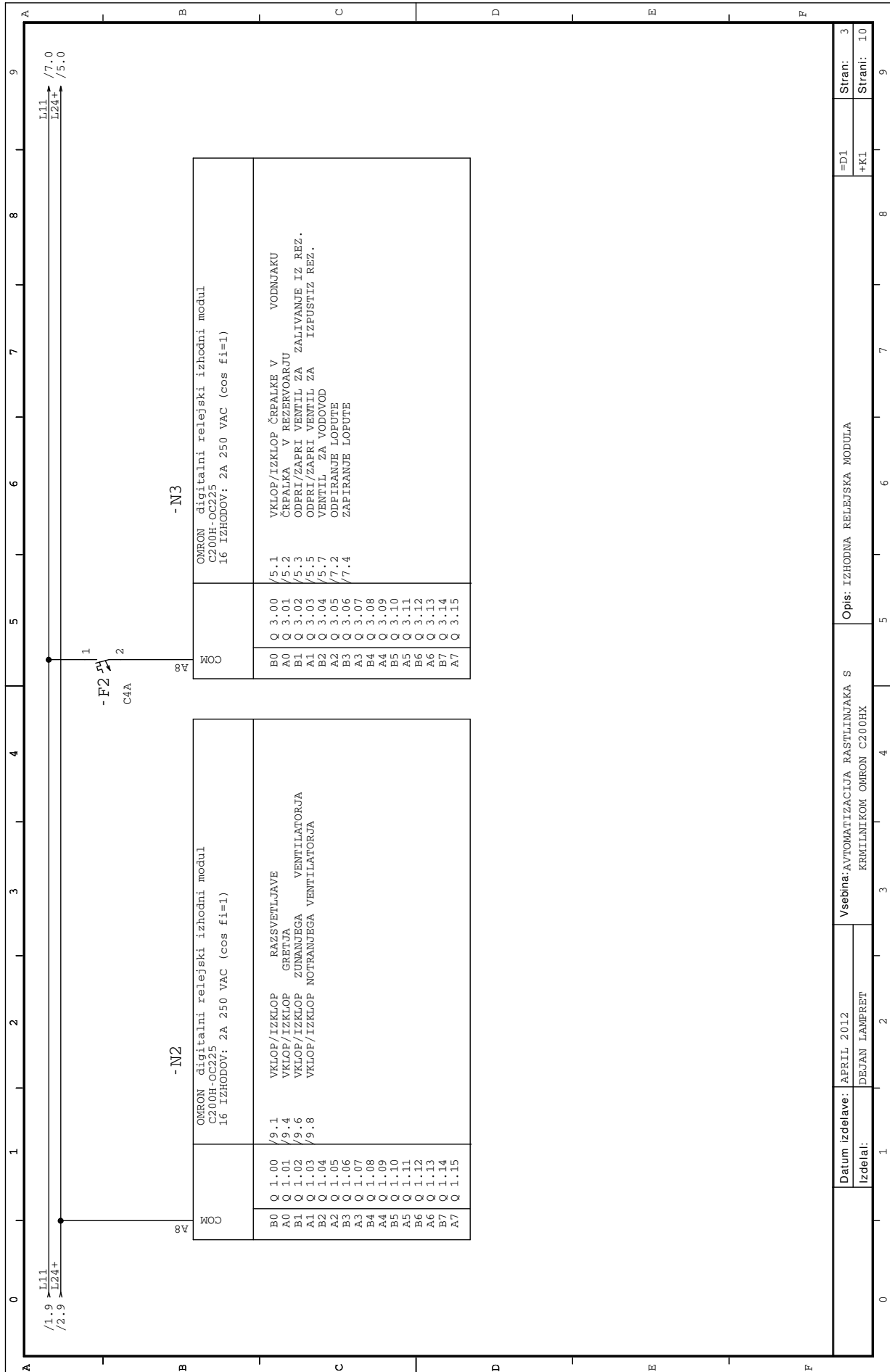
Električna shema simulacije rastlinjaka

66 DODATEK A. ELEKTRIČNA SHEMA SIMULACIJE RASTLINJAKA

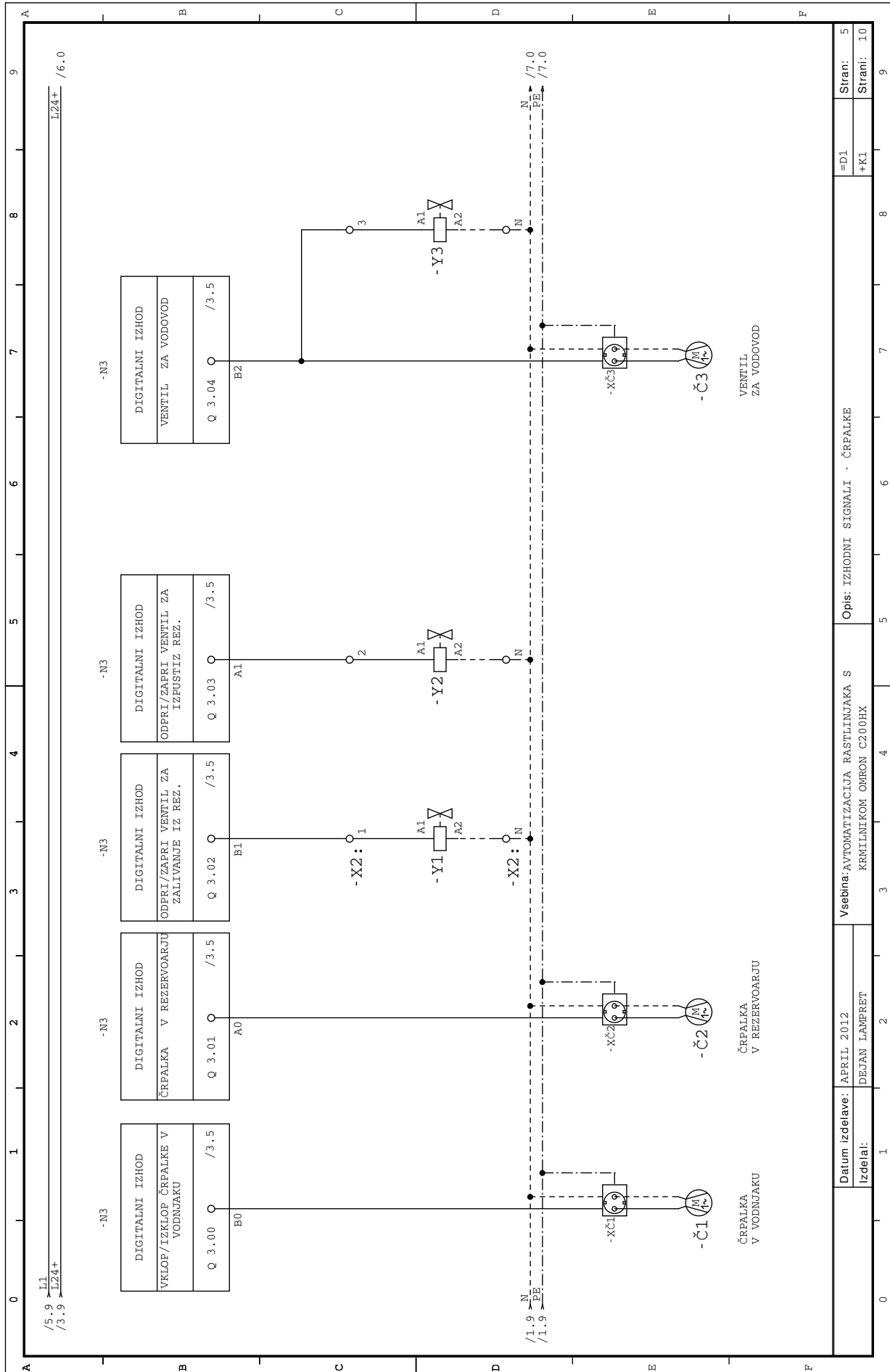




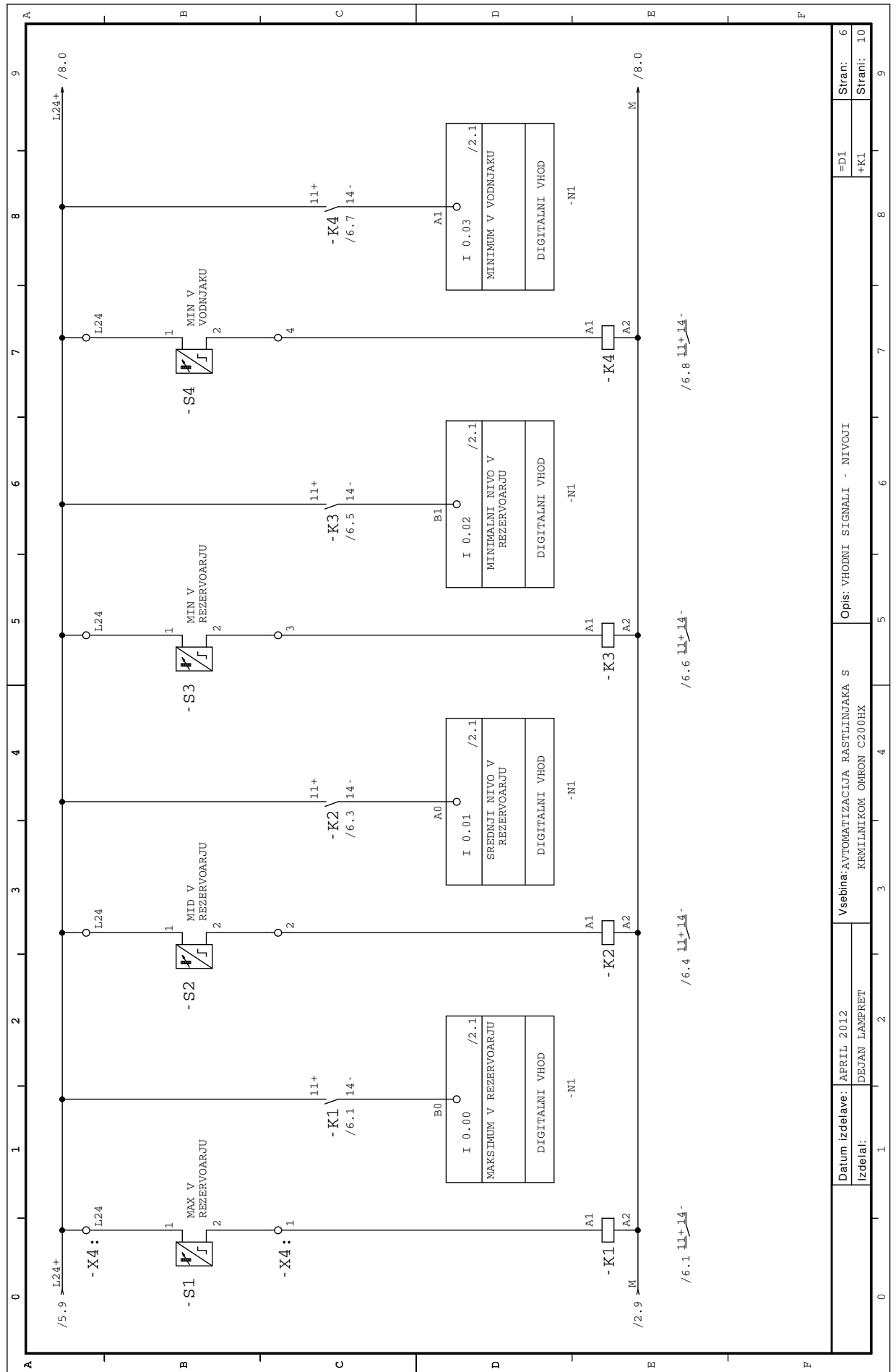
68 DODATEK A. ELEKTRIČNA SHEMA SIMULACIJE RASTLINJAKA



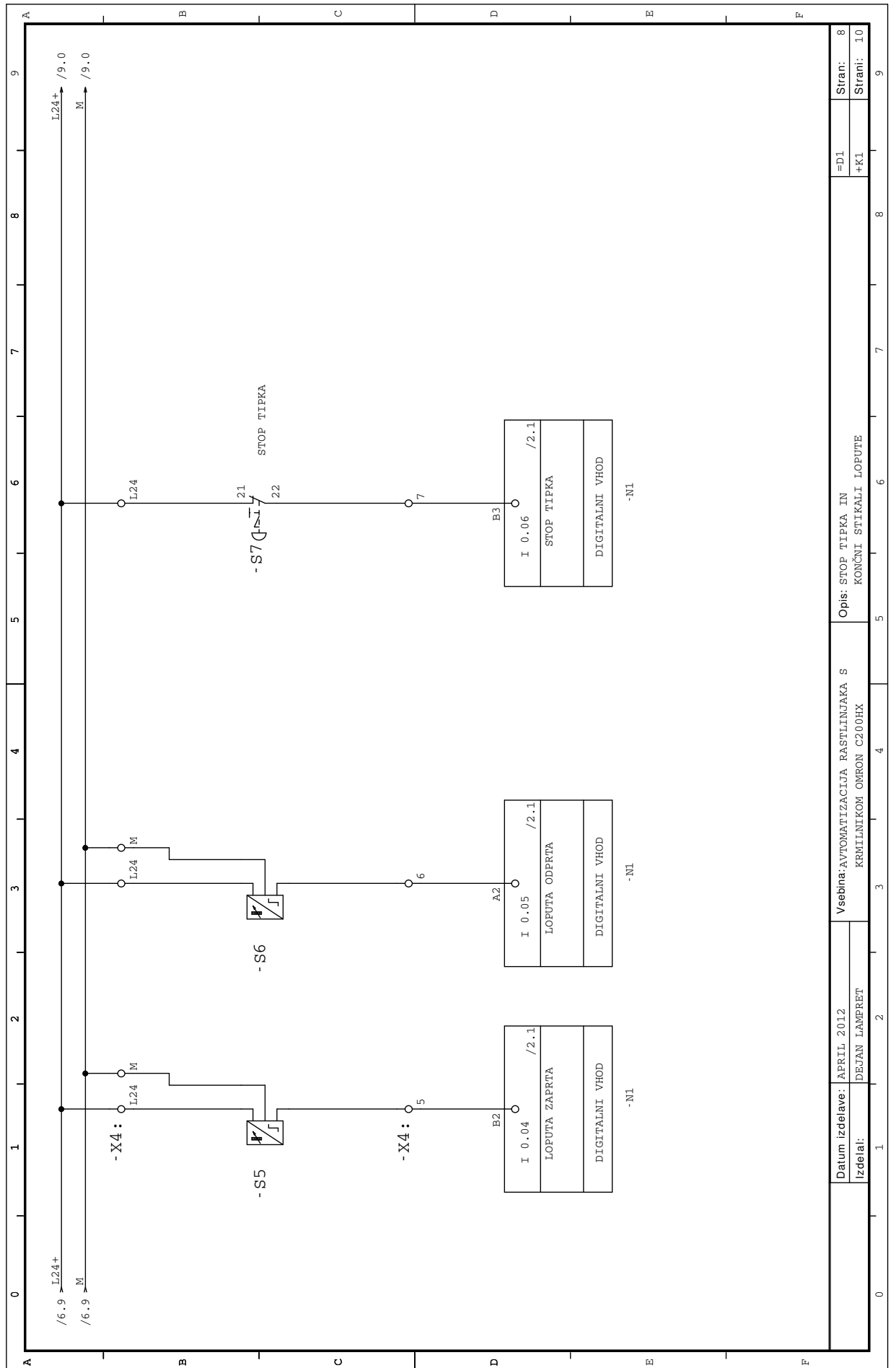
70 DODATEK A. ELEKTRIČNA SHEMA SIMULACIJE RASTLINJAKA



Datum izdelave: APRIL 2012		Vsebinska AVTOMATIZACIJSKA RASTLINJAKA S		Opis: IZHODNI SIGNALI - ČRPAKKE		=D1		Strani: 5	
Izdelač: DEJAN LAMPRET		KRMILNIKOM OMRON C200HX				+K1		Strani: 10	

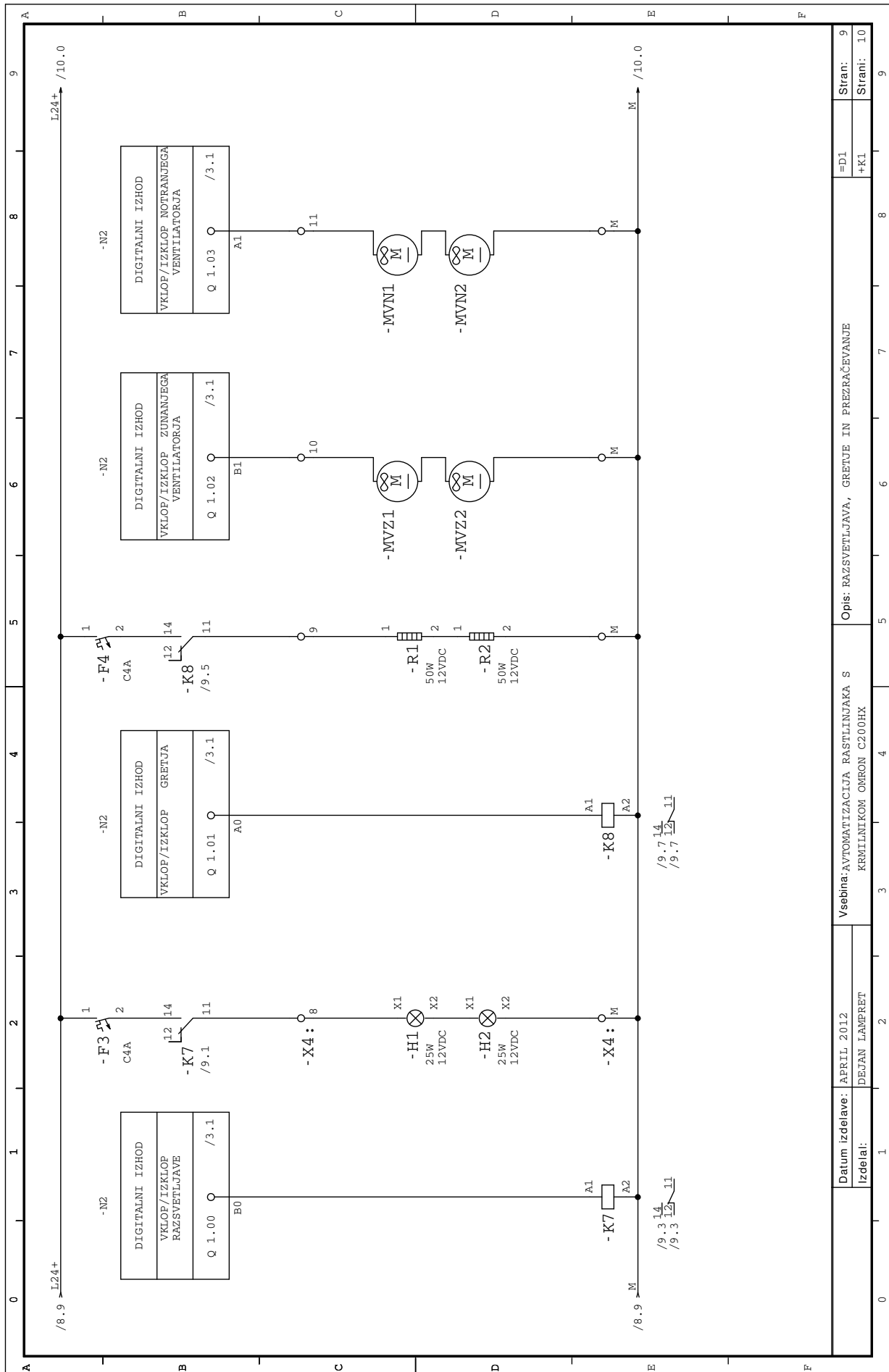


Datum izdelave: APRIL 2012		Vsebinska AVTOMATIZACIJSKA RASTLINJAKA S		Opis: VHODNI SIGNALI - NIVOVI		=D1		Strani: 6	
Izdelal: DEJAN LAMPRET		KRMILNIKOM OMRON C200HX				+K1		Strani: 10	

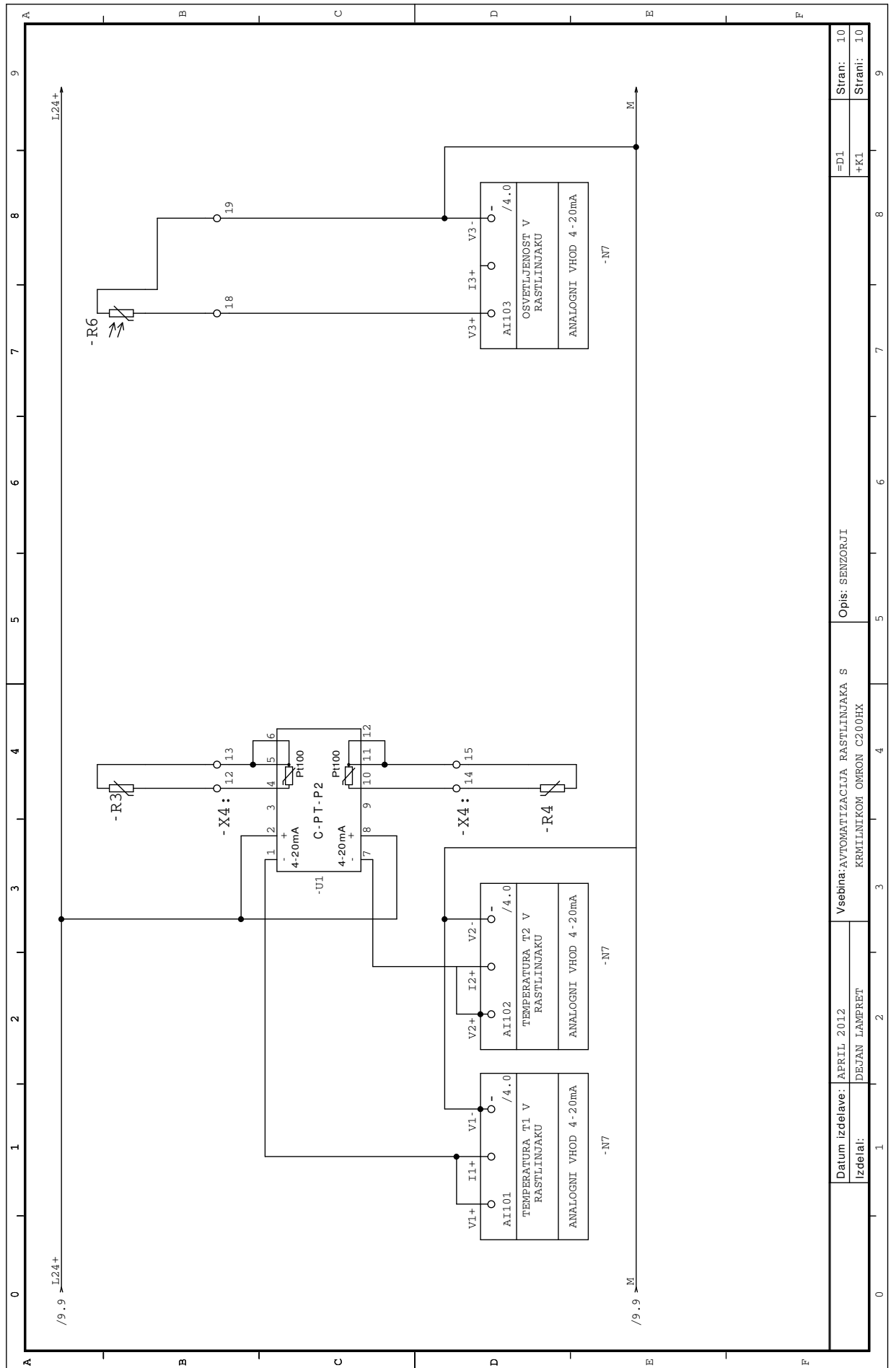


Datum izdelave: APRIL 2012		Vsebinska: AVTOMATIZACIJA RASTLINJAKA S		Opis: STOP TIPKA IN		=D1		Strani: 8	
Izdelal: DEJAN LAMPRET		KRMILNIKOM OMRON C200HX		KONČNI STIKALI LOPUTE		+K1		Strani: 10	

74 DODATEK A. ELEKTRIČNA SHEMA SIMULACIJE RASTLINJAKA



Datum izdelave: APRIL 2012		Vsebinska AVTOMATIZACIJSKA RASTLINJAKA S		Opis: RAZSVETLJAVA, GRETJE IN PREZRAČEVANJE		=D1		Strani: 9	
Izdajal: DEJAN LAMPRET		KRMILNIKOM OMRON C200HX				+K1		Strani: 10	



Datum izdelave: APRIL 2012		Vsebina: AVTOMATIZACIJA RASTLINJAKA S		Opis: SENZORJI		=D1		Strani: 10	
Izdelal: DEJAN LAMPRET		KRMILNIKOM OMRON C200HX				+K1		Strani: 10	

Slike

2.1	Zunanji izgled krmilnika OMRON C200HX (vir: [1]).	6
2.2	Zgradba napajalnika za krmilnik OMRON C200HX (vir: [1]). . .	8
2.3	Modul C200H-AD003 (vir: [3]).	9
2.4	Modul C200H-ID212.	11
2.5	Modul C200H-ID212.	12
2.6	PT100 upor (vir: [9]).	13
2.7	DatCon C-PT-P2 pretvornik (vir: [10]).	14
2.8	Svetlobni senzor LDR07 (vir: [11]).	14
2.9	Vrednost svetlobnega senzorja glede na osvetljenost.	16
2.10	Simulacija vodnjaka.	20
2.11	Simulacija rastlinjaka in rezervoarja.	21
2.12	Krmilnik in oprema potrebna za simulacijo.	22
3.1	Izbira krmilnika (vir: [7]).	24
3.2	Dodatne nastavitve krmilnika (vir: [7]).	25
3.3	Komunikacijske nastavitve krmilnika (vir: [7]).	25
3.4	Seznam modulov priklopljenih na podnožje (vir: [7]).	27
3.5	Nastavitve krmilnika in zavihek periferna vrata (vir: [7]).	27
3.6	Drevesni prikaz pomnilnika krmilnika (vir: [7]).	28
3.7	Direktna povezava vhodne točke z izhodno.	30
3.8	Funkcija IN ustvarjena s povezavo dveh vhodnih točk.	30
3.9	Funkcija ALI ustvarjena s povezavo dveh vhodnih točk.	30

3.10	Okno za dodajanje krmilnikov (vir: [8]).	31
3.11	Urejevalnik vseh točk projekta (vir: [8]).	32
3.12	Dodajanje nove točke (vir: [8]).	33
3.13	Možnosti za nastavitve vhodnih točk (vir: [8]).	34
3.14	Dodatne nastavitve za izbrano točko (vir: [8]).	35
3.15	Urejevalnik animacij elementov (vir: [8]).	36
3.16	Nastavitev za animacijo utripanja (Blink) (vir: [8]).	36
3.17	Nastavitev za vidnost objekta (Visibility) (vir: [8]).	37
4.1	Del programa na krmilniku.	40
4.2	Del programa na krmilniku. Krmiljenje izhodov na 2. izhodnem modulu (230V).	43
4.3	Del programa na krmilniku. Krmiljenje izhodov za odpiranje in zapiranje lopute.	45
4.4	Skripta za animacijo kapljice.	49
4.5	Skripta za izračun temperature.	49
5.1	Izgled vmesnika v stanju mirovanja.	52
5.2	Izgled vmesnika v avtomatskem režimu delovanja.	52
5.3	Izgled vmesnika v ročnem režimu delovanja.	53
5.4	STOP Tipka.	54
5.5	Gumb "STOP" v grafičnem vmesniku.	54
5.6	Aktiven gumb "STOP".	55
5.7	Okno z nastavitvami.	56
5.8	Izbira intervalov za zalivanje grede ter razsvetljava.	57
5.9	Prikaz temperature senzorja 1 in 2.	59
5.10	Gumb za izbiro ročnega režima delovanja.	59
5.11	Opozorila ter gumba za vklop in izklop.	60
5.12	Gumb za izbiro avtomatskega režima delovanja.	60

Tabele

2.1	Opis indikatorjev krmilnika OMRON C200HX (vir: [1]).	7
2.2	Struktura pomnilnika v krmilniku OMRON C200HX (vir: [2]).	7
2.3	Opis indikatorjev modula C200H-AD003 (vir: [3]).	10
2.4	Opis funkcij modula C200H-AD003 (vir: [3]).	10
2.5	Opis modula C200H-ID212 (vir: [6]).	11
2.6	Opis modula C200H-OC225 (vir: [6]).	12
2.7	Lastnosti senzorja PT100 (vir: [9]).	13
2.8	Lastnosti foto upora LDR07 (vir: [11]).	14
2.9	Seznam opreme za simulacijo.	18

Viri in literatura

- [1] OMRON Corporation, “Programmable Controllers C200HX-CPU□□-E/-ZE C200HG-CPU□□-E/-ZE C200HE-CPU□□-E/-ZE INSTALLATION GUIDE”, Št. kat. W302-E1-09, 2003.
- [2] OMRON Corporation, “Programmable Controllers C200HX/C200HG /C200HE OPERATION MANUAL”, Št. kat. W303-E1-09, 2004.
- [3] OMRON Corporation, “SYSMAC C200H-AD003/DA003/DA004 /MAD01 Analog I/O Units OPERATION MANUAL”, Št. kat. W325-E1-04, 2003
- [4] OMRON Corporation, “SYSMAC CX-Programmer Ver.9.□ CXONE-AL□□C-V4/AL□□D-V4 OPERATION MANUAL”, Št. kat. W446-E1-14, 2011.
- [5] OMRON Corporation, “CX-Supervisor User Manual Software Release 3.0”, 2009.
- [6] OMRON Corporation, “SYSMAC Programable Controllers C200H (CPU01-E/03-E/11-E) Installation Guide”, Št kat. W111-E1-10, 2001.
- [7] OMRON Corporation, “CX-Programmer”, Version 9.12, 2010
- [8] OMRON Corporation, “CX-Supervisor”, Version 3.0, 2009

- [9] Heraeus (2010) Platinum Resistance Temperature Detector L 220. Dostopno na:
http://heraeus-sensor-technology.com/media/webmedia_local/media/pdfs/en/l_220_e.pdf
- [10] DatCon d.o.o. (2012) "C-PT-P pretvornik za Pt 100 uporabne termometre". Dostopno na:
http://www.dat-con.si/sites/default/files/C-PT-P_0.pdf
- [11] Transfer Multisort Elektronik Sp. (2012) "Photoresistors, LDR07 series". Dostopno na:
http://www.tme.eu/html/EN/photoresistors-ldr07series/ramka_4030_EN_pelny.html
- [12] OMRON Corporation (2009) Long-barrel Inductive Proximity Sensor E2E2. Dostopno na:
http://www.ia.omron.com/product/family/451/index_dim.html
- [13] The MathWorks Inc. (2008) MATLAB. Dostopno na:
<http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- [14] Schrack Technik d.o.o. (2012) KATALOG ENERGETIKA IN INDUSTRIJA. Dostopno na:
<http://www.schrack.si/izdelki-trgovina/novice/vec-o-energetiki/>
- [15] Conrad Electronic d.o.o. (2012) Navodila za multifunkcijski merilnik 4 v 1. Dostopno na:
<http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/100000-124999/101040-an-01-sl-multifunkcijskimerilnik.pdf>
- [16] PULS GmbH (2012) Single-Phase Power SL20.100. Dostopno na:
<http://www.pulspower.com/pdf/sl20e100.pdf>

- [17] Schneider Electric (2012) Plastic control stations XAL D and XAL K.
Dostopno na:
[http://download.schneider-electric.com/files?L=sl&p=660&p_docId=41&p_docId=&p_Reference=36032-EN&p_EnDocType=Catalog%20Page&p_File_Id=16692875&p_File_Name=36032-EN-\(web\).pdf](http://download.schneider-electric.com/files?L=sl&p=660&p_docId=41&p_docId=&p_Reference=36032-EN&p_EnDocType=Catalog%20Page&p_File_Id=16692875&p_File_Name=36032-EN-(web).pdf)
- [18] FUJITSU (2012) AD3110 Adapter, 5V 2.4A. Dostopno na:
<http://www.laptop-adapters.org/laptop-ac-adapter/fujitsu-ad3110,35775.html>
- [19] Tetra (2012) WP Water Pump (WP 1000). Dostopno na:
https://www.tetra-service.net/tetra/go/D342E820219BFB922FE4DE78F5655775/?lang_id=2&bestellnr=188808
- [20] ZXD-Motor (2012) Micro Motor for Electric Shaver -3.6V, 6100rpm (FF-260). Dostopno na:
<http://zxdmotor.en.made-in-china.com/product/YoWxOHGMHicp/China-Micro-Motor-for-Electric-Shaver-3-6V-6100rpm-FF-260-.html>
- [21] TITAN (2012) 8025 Series. Dostopno na:
<http://www.titan-cd.com/pdf/dcfan/8025.pdf>
- [22] EKI d.o.o. (2012) ELEKTROMAGNETNI VENTILI. Dostopno na:
<http://www.eki.si/ev.html>
- [23] Weidmüller Interface GmbH (2012) MOZ 24Vdc / 24Vdc 2A.
Dostopno na:
<http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=en&ObjectID=8607370000>
- [24] OMRON Corporation (2009) General-purpose Relay G2R-□-S.
Dostopno na:
http://www.ia.omron.com/data_pdf/data_sheet/g2r-_-s_ds_csm42.pdf

- [25] OSRAM AG (2012) OSRAM DECOSTAR 51 Standard 35 W 12 V 36° GU5.3. Dostopno na:
http://www.osram.com/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1027740&mpid=ZMP_57778&vid=EU_ALL_eCat&lid=EN
- [26] OSRAM AG (2012) OSRAM DECOSTAR 51 Standard 50 W 12 V 36° GU5.3. Dostopno na:
http://www.osram.com/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_1027740&mpid=ZMP_57782&vid=EU_ALL_eCat&lid=EN
- [27] ELEKTROSPOJI d.o.o. (2012) SPONKE družine W, Z, IDC, KLBÜ.
Dostopno na:
http://www.elektrospoji.si/uploads/download/file_138_sponke_slo.pdf