

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Evidenčné číslo: FCHPT-5414-61831

Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT z pohľadu priemyselného riadenia

Diplomová práca

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie

Evidenčné číslo: FCHPT-5414-61831

Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT z pohľadu priemyselného riadenia

Diplomová práca

Študijný program: automatizácia a informatizácia v chémii a potravinárstve

Študijný odbor: 5.2.14. automatizácia

Školiace pracovisko: Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky

Vedúci záverečnej práce: Ing. Richard Valo, PhD.

Bratislava 2016

Bc. Branislav Jaroš



ZADANIE DIPLOMOVEJ PRÁCE

Študent: **Bc. Branislav Jaroš**

ID študenta: 61831

Študijný program: automatizácia a informatizácia v chémii a potravinárstve

Študijný odbor: 5.2.14. automatizácia

Vedúci práce: Ing. Richard Valo, PhD.

Názov práce: **Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT z pohľadu priemyselného riadenia**

Špecifikácia zadania:

Systém disponuje tromi vstupnými veličinami

1. napätím žiarovky, ktorá reprezentuje vyhrievacie teleso a zdroj tepla zároveň,
2. napätím ventilátora (služi na ochladzovanie teploty v systéme),
3. napätím svetelnej diódy, ktorá je druhým možným zdrojom svetla optického kanálu.

Na výstupe je možné merať 2 veličiny (priamo alebo po predbežnej filtrácii):

1. teplotu vo vyhrievanom priestore,
2. intenzitu osvetlenia.

Tento výmenník tepla bude riadený pomocou PLC od spoločnosti SAIA-BURGESS.

PLC je relatívne malý priemyselný počítač používaný pre automatizáciu procesov v reálnom čase – riadenie strojov, alebo výrobných liniek v továrni. PLC sú odlišné od bežných počítačov nielen tým, že spracovávajú program cyklicky ale aj tým, že ich periférie sú priamo prispôbosené na pripojenie sa k technologickým procesom.

Na priblíženie a uľahčenie procesu riadenia sú k dispozícii priemyselné vizualizačné prostriedky tak na lokálnej (napr. dotykový panel) ako aj vzdialenej úrovni (napr.: webstránka).

Úlohy:

1. Zoznámenie sa s procesom. (opis správaní, identifikácia)
2. Zoznámenie sa s riadiacou a vizualizačnou technológiou. (tvorba návodov)
3. Pripojenie PLC s výmenníkom. (opis použitých modulov a zapojenie)
4. Navrh riadiacich algoritmov a celkovej štruktúry režimov. (riadenie žiarovky, riadenie ventilátora, riadenie led. režim kombinujúci vybrané sľučky)
5. Návrh a tvorba vizualizácie.
6. Preskúmať možnosti vytvorenia web prístupu s dostupným HW a SW.

Rozsah práce: 50

Chcem sa poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce
Ing. Richardovi Valovi, PhD.
za odborné vedenie, trpezlivosť a pomoc pri
vypracovaní mojej diplomovej práce.

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá praktickým prepojením, konfiguráciou komunikácie a vytvorením riadiaceho systému zariadení programovateľný logický automat, vyvinutý spoločnosťou Saia-Burgess a tepelno-optickej sústavy uDAQ28/LT od spoločnosti Digicon.

Práca popisuje jednotlivé komponenty sústavy, ich technické údaje a vymeniteľné prvky. Následne je uvedený postup zapojenia, opis riadiaceho systému a posledná časť je venovaná tvorbe vizualizácie.

Kľúčové slová: Saia; Digicon; riadenie; PLC; vizualizácia

Abstract

The diploma thesis is about practical connection, configuration of communication and creating control algorithms for programmable logic controller developed by company Saia-Burgess and thermo-optical device uDAQ28/LT from Digicon company.

Thesis describes each component, their technical data and exchangeable parts. Following with the set-up manual, control system description and last part consist of creating visualisation.

Keywords: Saia; Digicon; control; PLC; visualisation

Obsah

Úvod	16
1 Teoretická časť	17
1.1 Programovateľné logické automaty	17
1.1.1 Vlastnosti PLC	17
1.1.2 Architektúra PLC	18
1.1.3 Princíp činnosti	19
1.2 Programovateľné automaty Saia PCD2	20
1.2.1 Priemyselné zbernice a siete	20
1.2.2 Adresovanie vstupov/výstupov	21
1.3 Saia PCD2.M5540	22
1.3.1 Technické parametre	23
1.3.2 Batéria	23
1.3.3 Stav CPU	24
1.4 Moduly	25
1.4.1 Rozdelenie modulov	25
1.4.2 Použité moduly	26
1.4.3 Napájanie	30
1.5 Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT	31
1.5.1 Vstupy/výstupy	31
1.5.2 Signály tepelno-optickej sústavy	32
1.6 PG5	33
1.6.1 Programovacie nástroje	33

1.6.2	Fupla	34
2	Praktická časť	38
2.1	Prepojenie PLC s tepelno-optickou sústavou	38
2.1.1	Napájanie PLC	38
2.1.2	Zapojenie vstupov do PLC	41
2.1.3	Zapojenie výstupov z PLC	42
2.1.4	Softvérové nastavenia	44
2.1.5	Nastavenia siete	48
2.1.6	Nastavenie IP	48
2.2	Riadiaci systém	50
2.2.1	Použité premenné	50
2.2.2	Popis riadenia	51
2.2.3	Manuálny režim	54
2.3	Tvorba vizualizácie	56
2.3.1	Prehľad	56
2.3.2	Blok udalostí	57
2.4	Výsledné okná	60
2.4.1	Zber dát	61
2.4.2	Identifikácia a návrh regulátora	62
2.4.3	Priebeh riadenia	63
3	Záver	64
4	Použitá literatúra	65

Zoznam obrázkov

1.1	Schéma štruktúry PLC	18
1.2	Operačný cyklus PLC	19
1.3	Saia PCD2.M5540	22
1.4	Stavy CPU	24
1.5	Saia PCD2.M5540	25
1.6	Schéma Saia PCD2.W340	26
1.7	Schéma Saia PCD2.W410	28
1.8	Saia PCD2.R6000	29
1.9	Saia PCD7.R550M04	29
1.10	Napájanie	30
1.11	Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT	31
1.12	9-pinový konektor	32
1.13	Ukážka funkčného bloku pre modul pcd2.w340	34
1.14	Nastavenie kanálov	34
1.15	Ukážka funkčného bloku pre modul pcd2.w410	35
1.16	Blok prepínača	35
1.17	PID blok	36
1.18	PID blok	37
2.1	Trojžilový kábel	38
2.2	Zdroj napätia	39
2.3	Zdroj napätia, rozdelenie vodičov	39
2.4	Prepojenie PLC so zdrojom	40

2.5	Konektor a modul	41
2.6	Prepojenie vstupného modulu s analógovým konektorom	41
2.7	Konektor a modul – výstup	42
2.8	Prepojenie výstupného modulu s analógovým konektorom	43
2.9	Výsledné zapojenie PLC	43
2.10	Pridanie zariadenia	44
2.11	S-Bus USB	45
2.12	"Memory slots" konfigurácia	46
2.13	"Onboard I/O slots" konfigurácia	46
2.14	"Download" tlačidlo	47
2.15	"Download" nastavenia	47
2.16	nastavenie IP	48
2.17	FTP server	48
2.18	Web server nastavenie	49
2.19	Prepínanie riadenia	51
2.20	Výpočet odchýlky	52
2.21	Overenie teploty	52
2.22	Rozhodovanie o chladení	53
2.23	Overenie teploty	53
2.24	Prepínanie režimov ventilátora	54
2.25	Prepočet manuálneho režimu	54
2.26	Tvorba novej vizualizácie	56
2.27	Premenné	56
2.28	Objekty	57
2.29	Vlastnosti objektu "Event Box"	58
2.30	Premena jednotiek	58
2.31	Premena jednotiek, odoslanie do PLC	59
2.32	Prepočet integračnej časovej konštanty do PLC tvaru	59
2.33	Úvodné okno	60
2.34	Manuálny režim	60
2.35	PID riadenie	61

2.36 Zber dát	61
2.37 Porovnanie identifikovaného modelu s procesom	62
2.38 Priebeh riadenia s experimentálnym PI regulátorom	63

Úvod

Programovateľné logické automaty už od svojho vzniku v roku 1968 poskytujú flexibilné riešenie problémov v odvetví automatizácie. V súčasnosti sú PLC najpoužívanejšími riadiacimi systémami. Uplatňujú sa pri riadení strojov, v energetike, diaľkovom meraní a regulácií, monitorovaní alebo diagnostike systémov.

Už pri návrh PCD2 sa spoločnosť Saia-Burgess zameriavala na široké spektrum využitia tohto PLC. Vzhľadom na jeho modulárnu štruktúru sa jeho funkcia môže zmeniť jednoduchou výmenou zásuvných modulov.

V mojej práci sa venujem modelu PCD2.M5540, celkovému zapojeniu vodičov od elektrickej zásuvky až po jednotlivé moduly. Po zapojení je potrebné nastavenie softvéru aby sme mohli bez problémov prijímať vstupy a odosielať akčné zásahy.

Tepelno-optický proces uDAQ28/LT predstavuje excelentnú učebnú pomôcku, ktorú využijeme ako skutočný systém, na ktorom si vyskúšame funkcie PLC. Obsahuje tri vstupné a dve výstupné veličiny, ktoré sa ďalej rozdeľujú na filtrované a nefiltrované.

PCD2.M5540 spolu s tepelno-optickým procesom tvoria sústavu, ktorú sa budeme snažiť prepojiť a následne navrhnuť riadiaci systém. Všetky použité funkcie potom premietneme do vizualizácie, ktorá poskytuje užívateľovi možnosť ovládať proces a ukladať namerané dáta.

Kapitola 1

Teoretická časť

1.1 Programovateľné logické automaty

Programovateľný logický automat, PLC, (z anglického Programmable Logic Controller) je priemyselný počítač schopný riešiť či už jednoduché alebo komplexné úlohy riadenia v odvetí automatizácie. Jeho základná činnosť je prijímanie signálov, spracovanie podľa programu a následné odoslanie výstupu.

1.1.1 Vlastnosti PLC

- podpora vstupno-výstupných jednotiek – spracovanie prirodzených a unifikovaných signálov
- hardvérová a softvérová flexibilita – možnosť jednoduchšej výmeny modulov podľa požiadaviek riadenia
- vysoká odolnosť – dlhodobá bezporuchová činnosť v priemyselných podmienkach
- jednoduchá údržba – v prípade poruchy sa zlý prvok dá vymeniť aj nekvalifikovaným pracovníkom
- cena – menšie náklady ako pri použití riadiacich počítačov

Riadiace systémy sa skladajú z rôznych komponentov, medzi ktorými neustále prebieha výmena informácií, pomocou signálov. Signál vzniká pridelením energie (napätia, prúdu, sily, tlaku). Poznáme rôzne druhy signálov:

- prirodzený signál – jeho rozsah a vlastnosti závisia od toho kde vznikol
- jednotný signál – má presne definovaný rozsah, možné alternatívy
- unifikovaný signál – jednoznačná celosvetová definícia, bez alternatívy
 - napätie 0...10 V
 - prúd 0...20 mA, 4...20 mA
 - tlak 20..100kPa

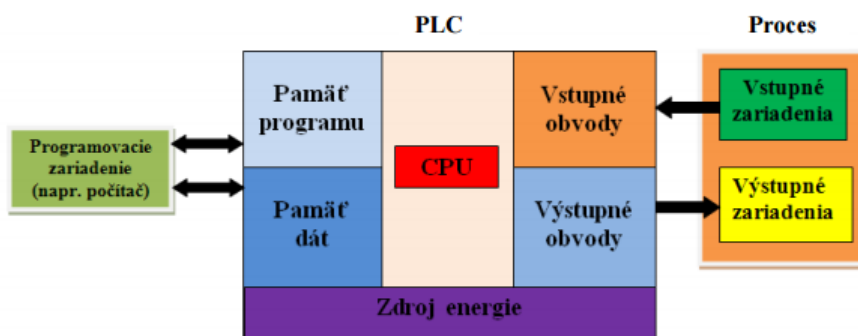
Kedže princíp činnosti každého člena sústavy je rôzny, na stabilnú komunikáciu je potreba upravovať signály pomocou prevodníkov.

1.1.2 Architektúra PLC

Základom PLC je centrálna procesorová jednotka – CPU, na ktorej beží užívateľský program a základný firmvér, ktorý môžeme označiť za operačný systém PLC. Ten zabezpečuje celkovú komunikáciu a vykonávanie programu v PLC.

Užívateľský program a údaje sú ukladané do operačnej pamäti, väčšinou s možnosťou zálohy do FLASH pamäte alebo modulu, ktorého súčasťou je pamäťová karta.

Vstupno-výstupné moduly slúžia na zber informácií riadeného systému a následnú realizáciu akčného zásahu. Na jednotku CPU sa pripájajú pomocou systémovej zbernice.

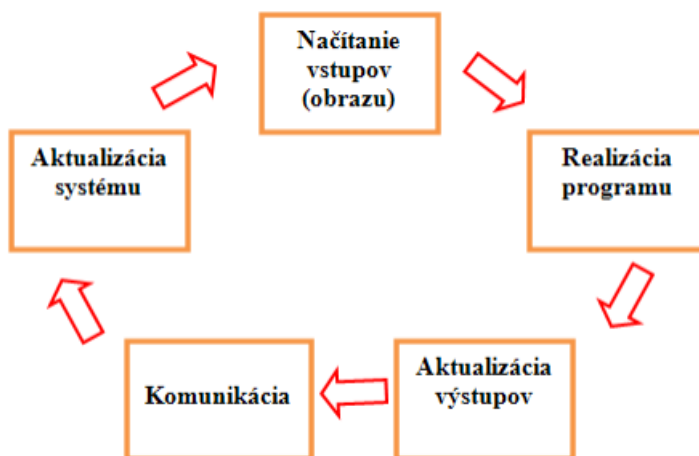


Obr. 1.1: Schéma štruktúry PLC

1.1.3 Princíp činnosti

PLC po spustení vykonáva program cyklicky. Na konci programu sa systém automaticky presunie na začiatok a cyklus sa opakuje. Väčšina PLC pracuje so vstupno-výstupnými signálmi využitím "obrazu procesu" – z anglického "Process image", teda neprístupuje sa priamo na jednotlivé moduly. Tento obraz sa nachádza v špeciálnej oblasti operačnej pamäte a spracováva ho automaticky jednotka CPU.

Na začiatku programu sa načíta uložený obraz vstupných signálov, následne sa vykoná užívateľský program, ktorý zapíše akčné zásahy do výstupnej oblasti obrazu procesu. Táto oblasť sa prenáša na reálne výstupné moduly, teda dochádza k aktualizácii výstupov. V poslednej časti sa aktualizujú systémové premenné, časovače, stavové premenné a pripravuje sa na nový cyklus. Doba, za ktorú sa vykoná jeden operačný cyklus procesora sa nazýva čas cyklu. Táto hodnota je ovplyvnená počtom vstupov a výstupov, zložitou programom a pohybuje sa rádovo v desiatkach až stovkách milisekúnd.



Obr. 1.2: Operačný cyklus PLC

1.2 Programovateľné automaty Saia PCD2

Na rozdiel od tradičného prístupu "obrazov procesu" sa švajčiarska firma Saia-Burgess rozhodla v svojich Saia®PCD2 priamo pristupovať k vstupom/výstupom. Pristupuje sa k nim vždy keď užívateľský program číta resp. zapisuje údaje. Vynechaním 'obrazov procesu' sa zaisťuje rýchlejšia komunikácia medzi CPU a I/O. PCD2 a ich modulárna štruktúra ponúka možnosť až 255/2048 vstupov/výstupov. Vnútorňá kapacita pamäte predstavuje 1MByte. Neodlúčiteľnou súčasťou každého PLC je komunikácia protokolom SAIA S-BUS. Ak by bola vyžadovaná vyššia prenosová rýchlosť, je možné použiť prídavný koprocesorový model, ktorý zahŕňa zložitejšie protokoly. Na jedno PCD2 PLC je možné použiť až dva takéto moduly.

1.2.1 Priemyselné zbernice a siete

SAIA®S-Bus

Tento jednoduchý a bezpečný protokol je súčasťou výbavy každého PLC bez nutnosti pridania rozširujúceho modulu.

Technické údaje

Master	38.4kBit/s, je možné pripojiť až 4 PLC typu Master
Slave	maximum 254 staníc

Tabuľka 1.1: Saia S-Bus

PROFIBUS DP a PROFIBUS FMS

Normalizované, otvorené sieťové protokoly pre prenos dát.

Technické údaje PROFIBUS DP

Master	12 MBit/s, je možné pripojiť až 4 PLC typu Master
Slave	maximum 124 staníc

Tabuľka 1.2: Profibus DP

Technické údaje PROFIBUS FMS

Pripojenie	500 kBit/s, max. 126 staníc
------------	-----------------------------

Tabuľka 1.3: Profibus FMS

Ethernet–TCP/IP

Ethernet pripojenie sprostredkováva koprocessorový modul. Koprocessor je procesor, ktorý sa špecializuje na rozšírenie funkcie primárneho procesoru zariadenia, alebo urýchlenie výpočtov.

Technické údaje

Pripojenie	10 Base-T/100 base TX(RJ45)
Prenosová rýchlosť	100/100 MBit/s
Protokoly a služby	TCP/IP alebo UDP/IP

Tabuľka 1.4: Ethernet

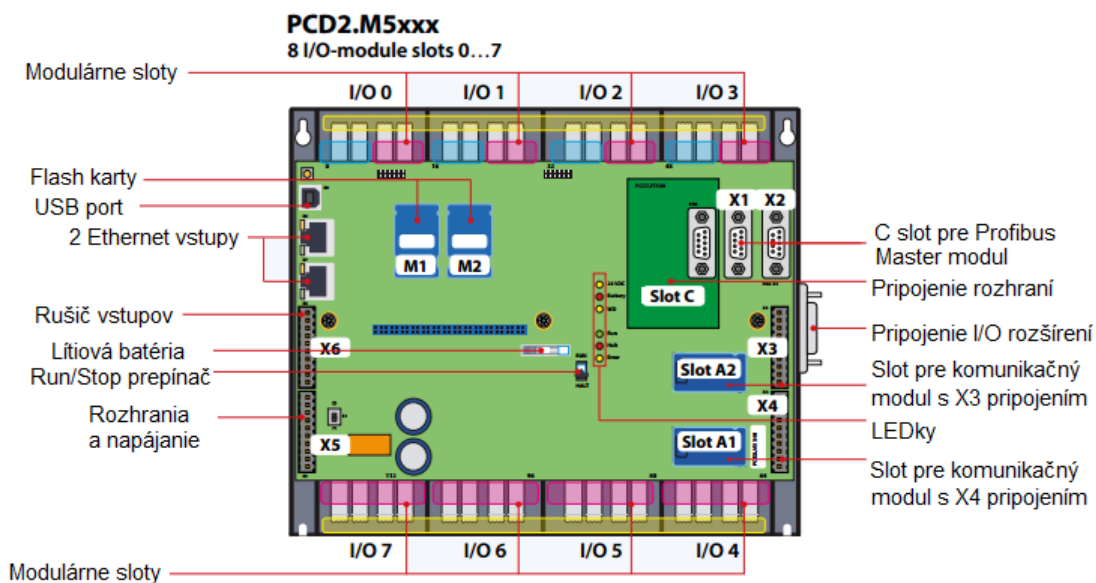
1.2.2 Adresovanie vstupov/výstupov

Adresovanie I/O prebieha podľa pozície modulu na internej I/O zbernici. Každý modul má k dispozícii 16 adries, nezávisle natom či využijeme všetky. K analógovým modulom sa dá priamo pristupovať pomocou predprogramovaných funkčných boxov pomocou editoru Fupla, ktorý je súčasťou programového celku Saia®PG5 Controls Suite.

1.3 Saia PCD2.M5540

- 8 pozícií pre I/O moduly
- Motorola CF5272/66 MHz procesor
- integrovaná pamäť 1 MB RAM

Pozície M1 a M2 sa dajú použiť pre Flash pamäte PCD7.R5xx. Do základne je možné vložiť I/O pamäťové moduly PCD.R6000 určené pre SD karty PCD7.SD-Rxxxx.



Obr. 1.3: Saia PCD2.M5540

1.3.1 Technické parametre

Všeobecné informácie

napájacie napätie	24 VDC s -20/+25% možnou odchýlkou
maximálna vnútorná záťaž	1400 mA/800 mA
počet digitálnych vstupov/výstupov	6 výstupov(24V), 2 vstupy(24V)
počet modulových slotov	8
max. počet digitálnych vstupov/výstupov	896
čas operácie[μ s]	bitové operácie 0,3....1.5 μ s, word 0.9 μ s
operačná pamäť RAM	1 MByte
Flash pamäť	2 MByte
úschova dát	1 až 3 roky pri použití lítiovej batérie

Komunikačné prostriedky na základni

RS-232,RS-485 /PGU	≤ 115 kbit/s
RS-485 Profibus-DP-Slave, Profi-S-Net	$\leq 1,5$ Mbit/s
USB 1.1(PGU)	≤ 12 Mbit/s
Ethernet, 2 vstupy	$\leq 10/100$ Mbit/s

Tabuľka 1.5: PCD2.M5540 technické parametre

1.3.2 Batéria

Ako poistka pri výpadku napätia sa používa lítiová "gombíková" batéria typu "Renata CR 2032". V prípade výpadku napájania batéria zabezpečí napájanie pre hodiny reálneho času v PLC, pamäť RAM, pamäť pre registre, čítače, históriu. Odhadovaná doba ochrany dát je 1 až 3 roky, v závislosti od spotreby RAM a ďalších komponentov.

Na PLC sa nachádza signalizačná dióda 'Battery', ktorá sa rozsvieti ak sa batéria odstráni, poškodí alebo v nej dôjde k poklesu napätia.

1.3.3 Stav CPU

Hlavný procesor môže mať niekoľko stavov a to:
'Run, Run conditional, Run with error, Run cond. with error, Stop, Stop with error, Halt a System Diagnostics'

LED	Batt	Run	Halt	Error
farba	červená	zelená	červená	žltá
Run	o	●	o	o
Run cond.	o	●/o	o	o
Run with error	o	●	o	●
Run cond. with error	o	●/o	o	●
Stop	o	o	o	o
Stop with error	o	o	o	●
Halt	o	o	●	o
System diagnostics	o	●/o	●/o	●/o
Battery voltage	●	o	o	●

o LED vypnutá

● LED zapnutá

●/o LED bliká

Obr. 1.4: Stav CPU

stav	význam
Run	štandardný stav, na CPU beží užívateľský program
Run conditional	podmienенý stav, CPU sa zastaví keď bude splnená podmienka
Run with error	rovnako ako 'RUN' stav, ale s chybovými hláškami
Run cond. with error	rovnako ako 'RUN conditional' stav, ale s chybovými hláškami
Stop	Stop stav môže nastať z niekoľkých dôvodov: – nahrávanie aktualizácie programu – podmienka 'Run conditional' bola splnená – zásah programátora
Stop with error	rovnako ako 'STOP', ale s chybovými hláškami
Halt	Halt stav môže nastať z niekoľkých dôvodov: – spracovaný signál pre Halt – závažná chyba v programe – zlyhanie hardvéru – nenašiel sa program
System Diagnostics	diagnostika systému

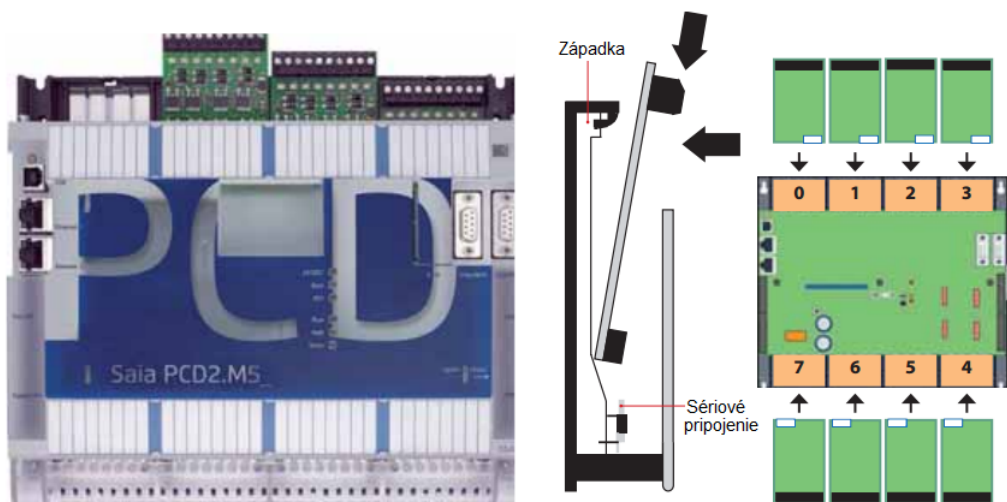
Tabuľka 1.6: Popis stavov CPU

1.4 Moduly

Podľa potrieb riadiaceho systému môžeme Saia PCD2 rozšíriť pomocou širokej škály zásuvných modulov. Pridanie/odobranie modulov je technicky nenáročná záležitosť, trvajúca niekoľko sekúnd.

1.4.1 Rozdelenie modulov

- PCD2.Axxx Digitálny, výstupný
- PCD2.Bxxx Digitálny, kombinácia vstupov/výstupov
- PCD2.Exxx Digitálny, vstupný
- PCD2.Fxxx Komunikačný modul
- PCD2.Hxxx Výpočtový modul
 - počítanie udalostí, meranie času/vzdialenosti
- PCD2.Rxxx Pamäťový modul
- PCD2.Wxxx Analógový vstupno/výstupný modul



Obr. 1.5: Saia PCD2.M5540

1.4.2 Použité moduly

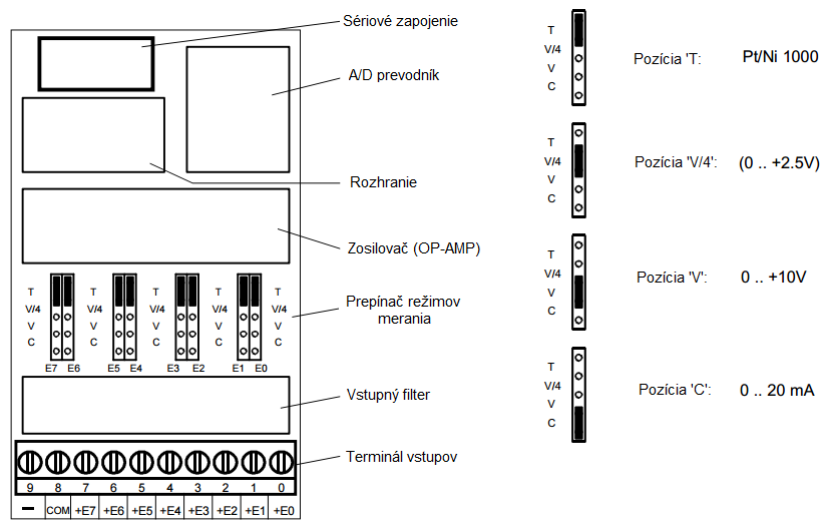
PCD2.W340

PCD2.W340 predstavuje vysokorychlostný analógový modul pre všeobecné použitie s 8 kanálmi, každý s 12 bitovým matematickým prevodníkom. S týmto modulom je možné merať napätie 0...10V, prúd 0...20 mA a k dispozícií sú aj rôzne odporové teplomery.

Technické parametre

Vstupný odpor	125Ω
Maximálny prúd pre odporový teplomer	2.0 mA
Presnosť pri 25°C	±0.3%
Prenosť opakovania	±0.05%
Teplotná odchýlka(0...+55°C)	±0.5%
Prevod signálu A/D	10μs
Napätiová ochrana	±50 VDC
Prúdová ochrana	±40 mA
Spotreba energie	<8 mA

Tabuľka 1.7: W340 technické parametre



Obr. 1.6: Schéma Saia PCD2.W340

Na module je možnosť zvoliť si z pomedzi troch režimov merania manuálnym spojením dvoch zodpovedajúcich kontaktov. Používa sa nato tzv. jumper. V našom prípade ho umiestnime na dvojicu označenú písmenom 'V' na meranie napätia v rozsahu 0...10 V. Svorky 0 až 7 môžeme využiť na privádzanie signálu z procesu na PLC. Svorky 8 a 9 sa využívajú na uzemnenie.

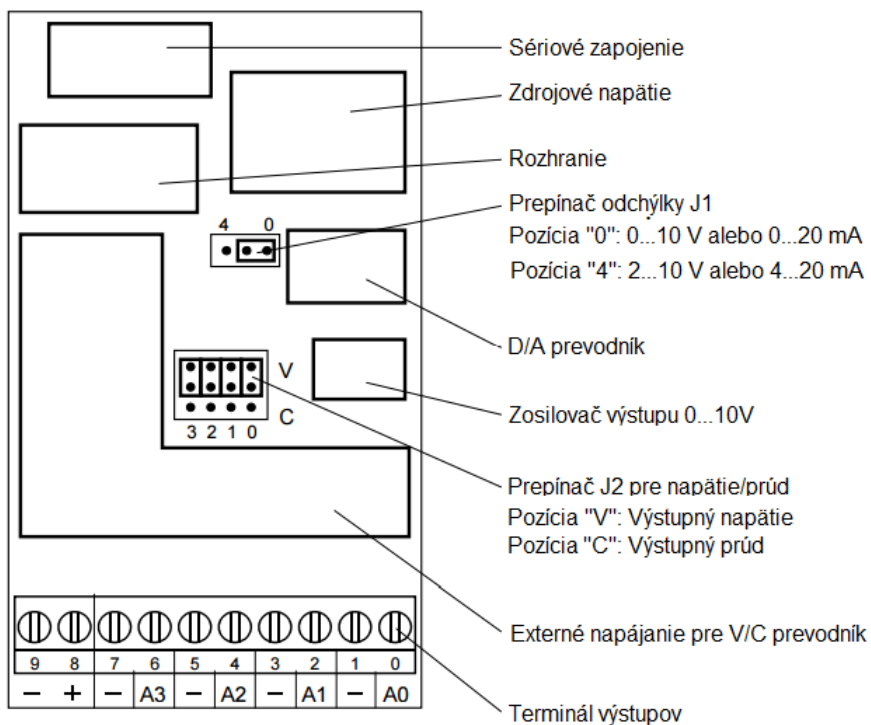
PCD2.W410

Výstupný analógový modul so štyrmi kanálmi, každý s 8 bitovým matematickým prevodníkom. Pomocou prepínača režimov môžeme merať buď napätie alebo prúd.

Technické parametre

Rozsah signálov podľa režimu riadenia	0...10 V 0...20 mA 4...20 mA
Veľkosť	8 bitov (0...255)
Prevod signálu A/D	$<5\mu s$
Impedancia	0...10 V: $\geq 3 k\Omega$ 0...20 mA: 0...500 Ω 4...20 mA: 0...500 Ω
Prenosť výstupu	0...10 V: 1% ± 50 mV 0...20 mA: 1% ± 0.2 mA 4...20 mA: 1% ± 0.2 mA
Zvyškový prúd	0...10 V: 1% < 15 mVpp 0...20 mA: 1% $< 50\mu A$ pp 4...20 mA: 1% $< 50\mu A$ pp
Spotreba energie	1 mA

Tabuľka 1.8: W410 technické parametre



Obr. 1.7: Schéma Saia PCD2.W410

V našom prípade použijeme nastavenie prepínača odchýlky J1 na pozíciu "0" a prepínača J2 do pozície "V". Tento modul navyše vyžaduje externé napájanie 24 VDC zo zdroja, ktoré privádzame pomocou svoriek číslo 8 a 9. Svorky 0,2,4,6 predstavujú štyri výstupné signály, ktoré posielame do riadeného systému. Svorky 1,3,5,7 majú na starosti uzemnenie.

Pamäťové rozšírenia

Použitelnosť Saia PCD2 sa dá rozšíriť pomocou rôznych typov FLASH pamäti . Pamäťové karty môžu slúžiť na uloženie užívateľského programu ako aj na zálohu dát.

PCD2.R6000

Tento I/O modul, ktorý sa založí do základne, poskytuje rozširujúci slot pre SD pamäťovú kartu s veľkosťou až 1024 megabajtov. V našom prípade používame pamäťovú kartu PCD7.R.SD1024, ktorá spĺňa štandardy pre použitie v priemysle.



Obr. 1.8: Saia PCD2.R6000

PCD7.R550M04

Toto pamäťové rozšírenie sa pripája priamo na základňu do jedného zo slotov M1 resp. M2, ako vidíme na obr. 1.3. Pamäť je primárne určená pre systémové súbory, riadiaci program a jeho zálohu.



Obr. 1.9: Saia PCD7.R550M04

1.4.3 Napájanie

Ako zdroj 24 V jednosmerného napätia potrebného na prevádzku PLC a modulov používame Saia Power Q.PS-AD2-2402F, ktorý v sebe zahŕňa:

- ochranu proti skratu
- ochranu proti preťaženiu
- IP20 certifikát
- možnosť pripevnenia na 'rail' k PLC

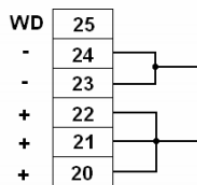
Technické parametre

Vstupné napätie	115...230 V Ω
Vstupná frekvencia	47...67 Hz
Vstupný prúd	1,0...0,7 A
Výstupné napätie/prúd	24 VDC \pm 3% / 2.5A
Zvyškový prúd	\leq 80 mVpp
Tolerancia okolitej teploty	-25...+70°C

Tabuľka 1.9: Zdroj napätia technické parametre



(a) Q.PS-AD2-2402F



(b) schéma napájania

Obr. 1.10: Napájanie

Po zapnutí PLC, LED dióda 'Supply 24 VDC' oranžovou farbou indikuje prítomnosť vyhovujúceho napätia. Integrovaná ochrana proti prepólovaniu zabezpečí že aj pri zlom zapojení sa PLC nepoškodí.

1.5 Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT

Ako reálny proces, na ktorom máme možnosť otestovať modulárne PLC, sme si zvolili Tepelno-optickú sústavu od spoločnosti Digicon.

1.5.1 Vstupy/výstupy

K dispozícii máme:

štyri výstupné veličiny

- teplotu [0-5V/0-100°C]
- filtrovanú teplotu [0-5V/0-100°C]
- svetelnú intenzitu [0-5V/0-100%]
- filtrovanú svetelnú intenzitu [0-5V/0-100%]

tri vstupné veličiny

- napätie na žiarovke [0-5V/0-20W]
- napätie na dióde [0-5V/0-100% výkonu]
- napätie na ventilátore [0-5V/0-6000 RPM]

Tepelno-optická sústava je napájaná 12V/2A DC sieťovým adaptérom. Komunikácia prebieha prostredníctvom USB rozhrania alebo cez 9-pinový analógový sériový port.



(a) Predná strana



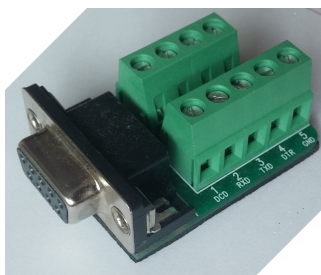
(b) Zadná strana

Obr. 1.11: Tepelno-optická sústava uDAQ28/LT

Svorka	typ	funkcia
1	výstup	teplota
2	výstup	filtrovaná teplota
3	výstup	svetelná intenzita
4	výstup	filtrovaná sv. intenzita
5	GND	zem
6	vstup	žiarovka
7	vstup	ventilátor
8	vstup	LED
9	GND	zem

Tabuľka 1.10: Signály tepelno-optickej sústavy

1.5.2 Signály tepelno-optickej sústavy



Obr. 1.12: 9-pinový konektor

Príslušné svorky sa následne prepoja so zodpovedajúcimi modulmi. Z výstupov z procesu používame iba svorky 1 a 3. Spojením zeme 5 a zeme 9 posielame signál, ktorý informuje proces že na riadenie sa používa analógový konektor a nie USB port.

1.6 PG5

Saia PG5 je súčasťou "Saia PG5 Controls Suite", ktorý predstavuje kompletný balík aplikácií potrebných pre programovanie a servis PLC. Pri tvorbe riadiacich systémov v tomto prostredí sa najčastejšie používajú grafické aplikačné moduly, pomocou ktorých dokážeme implementovať väčšinu úloh. Spoločnosť Saia-Burgess zahrnula do programu predpripravené knižnice pre projekty z oblasti automatizácie.

Nástroj "Saia FBox-Editor" nám slúži na vývoj vlastných grafických modulov, podľa potreby riadiaceho systému.

Funkcie PG5:

- vytváranie projektov
- konfigurácia PLC
- kontrola spojenia
- ladenie programu za behu
- tvorba vizualizácie

1.6.1 Programovacie nástroje

PG5 obsahuje niekoľko rôznych editorov programovacích jazykov a nástrojov pre sieťovú komunikáciu.

Instruction List – program je vytvorený zápisom jednotlivých inštrukcií

HMI Editor – programovanie PLC, ktoré prichádzajú do častého styku s obsluhou a je potrebná vizualizácia

Graftec – programovanie procesov, ktoré sú riadené udalosťami, vytváranie sekvencií

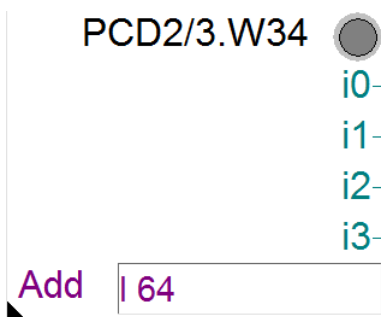
Fupla– grafický editor

1.6.2 Fupla

Grafický programovací jazyk, ktorý používa funkčné bloky tzv. "FBoxy" na realizáciu všetkých funkcií. Za jednoznačnú výhodu môžeme považovať jednoduchosť tvorby programu.

Načítanie vstupov

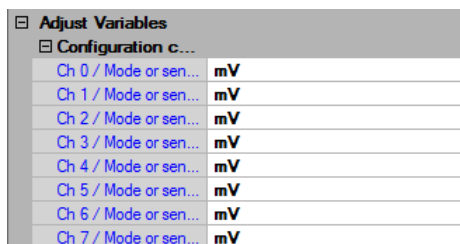
V našom prípade komunikácia prebieha cez analógový modul PCD2.W340, nastavený do režimu načítavania voltov. V prostredí fupla má každý modul vlastný funkčný blok, za pomoci ktorého vieme pracovať so vstupnými údajmi.



Obr. 1.13: Ukážka funkčného bloku pre modul pcd2.w340

Do kolónky "Add" zapisujeme fyzickú adresu modulu na základni. Porty "i0...i3" predstavujú jednotlivé svorky na module.

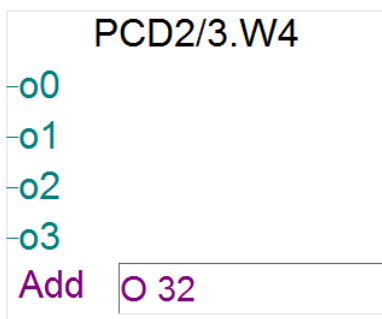
V prostredí Fupla editoru navyše môžeme dodatočne nastavovať vstupný formát pre každý kanál, podľa aktuálneho nastavenia jednotlivých prepínačov režimov ako môžeme vidieť na obr.1.6



Obr. 1.14: Nastavenie kanálov

Odosielanie výstupov

Na vysielanie akčných zásahov do procesu používame výstupný analógový modul PCD2.W410, nastavený na režim 0...10 V pre výstupné napätie, ako môžeme vidieť na obr.1.7

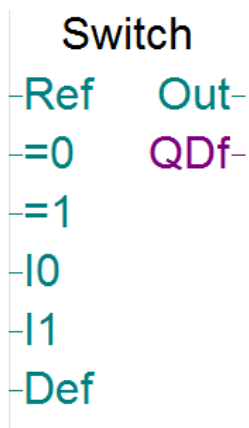


Obr. 1.15: Ukážka funkčného bloku pre modul pcd2.w410

"Add" predstavuje fyzickú adresu modulu na základni. Porty "o0...o3" slúžia na posielanie akčného zásahu na jednotlivé svorky modulu.

Blok prepínača

"Switch" blok používame ak máme v riadiacom systéme viacero akčných zásahov na jeden výstup a potrebujeme určiť v ktorom čase je ktorý aktívny.



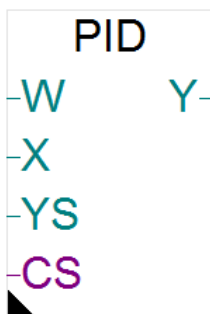
Obr. 1.16: Blok prepínača

Blok prepínača funguje na princípe porovnávania premennej 'Ref' s hodnotami premenných 0..7 a ak sa niektorá z nich zhoduje, na výstup "Out" sa posiela príslušný vstup I0...I7. V prípade že sa žiadna hodnota nezhoduje s referenciou, na výstup sa posiela predvolená hodnota "Def". Blok prepínača využijeme pri voľbe režimov PID/manuálny.

Vstup I0 má väčšiu prioritu ako I1, teda ak nastane situácia kedy je referencia zhodná pre obidva vstupy, na výstup sa posiela práve vstup I0.

PID blok

Pri našom riadení budeme využívať PID funkčný blok, do ktorého nám vstupuje niekoľko premenných a vystupuje akčný zásah.



Obr. 1.17: PID blok

Do funkčného bloku posielame žiadanú hodnotu ako signál "W". "X" symbolizuje aktuálne nameranú riadenú veličinu. Premenná "YS" obsahuje hodnotu akčného zásahu, ktorá sa použije pri začiatku regulácie na naštartovanie riadenia. Väčšinou sa táto hodnota určuje ako aktuálna hodnota akčného zásahu. "CS" reprezentuje binárny signál na použitie "YS" hodnoty.

Ďalšie funkcie, ako napríklad definovanie premenných ako zložky P,I alebo D môžeme definovať v časti "Properties". Konštanty pre násobujeme koeficientom "256", keďže PID "Fbox" pracuje s 8 bitovým prevodníkom. Perióda vzorkovania sa môže pohybovať v rozmedzí 0,1...3600,0 sekúnd.

Faktor P reprezentuje proporcionálnu zložku regulátora. Výpočet prebieha nasledovne:

$$(1.1) \quad Fp = (1/Zr) * 256$$

Zr – hodnota zosilnenia

Faktor I reprezentuje integrálnu zložku regulátora. Výpočet prebieha nasledovne:

$$(1.2) \quad Fi = (T0/Ti) * 256$$

T0 – perióda vzorkovania

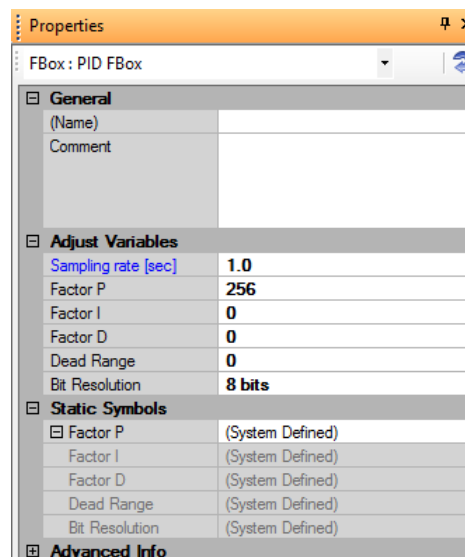
Ti – integračná časová konštanta

Faktor D reprezentuje derivačnú zložku regulátora. Výpočet prebieha nasledovne:

$$(1.3) \quad Fd = (Td/T0) * 256$$

T0 – perióda vzorkovania

Td – derivačná časová konštanta



Obr. 1.18: PID blok

Kapitola 2

Praktická časť

2.1 Prepojenie PLC s tepelno-optickou sústavou

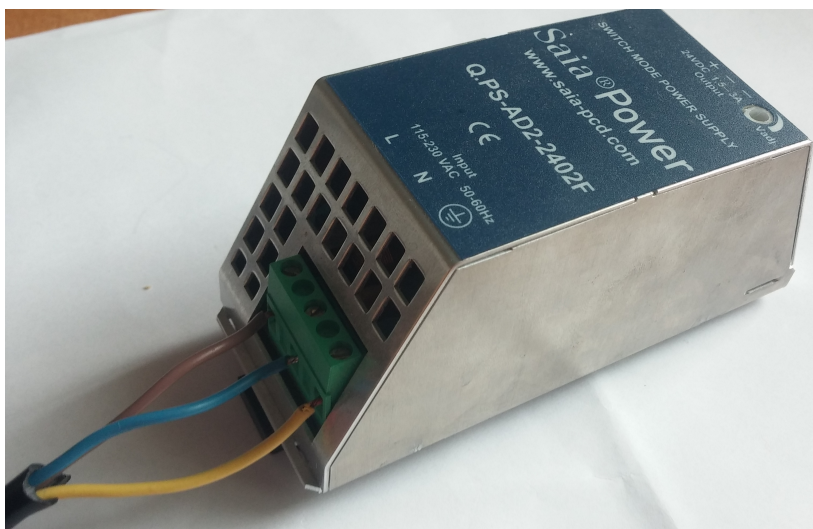
2.1.1 Napájanie PLC

Začínáme s obyčajným trojžilovým káblom, ktorý napojíme na zdroj napätia a do siete.

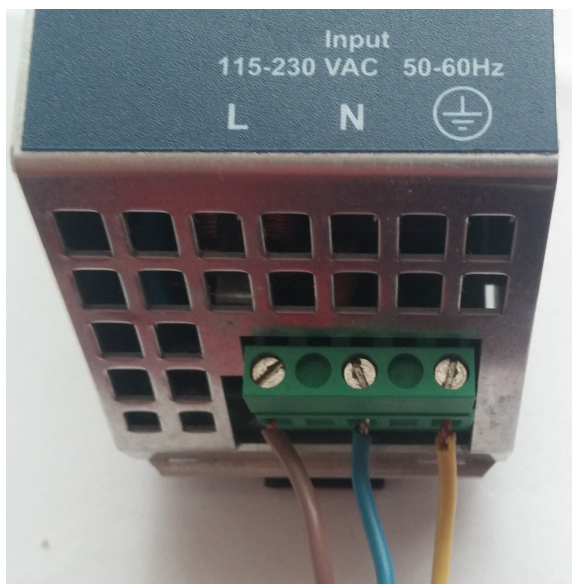


Obr. 2.1: Trojžilový kábel

Hnedý vodič predstavuje fázu a do zdroja sa zapája pod písmeno L. Modrý vodič je neutrálny vodič a zapojíme ho pod písmeno N. Žlto-zelený vodič predstavuje uzemnenie a zapojíme ho do zvyšnej svorky.

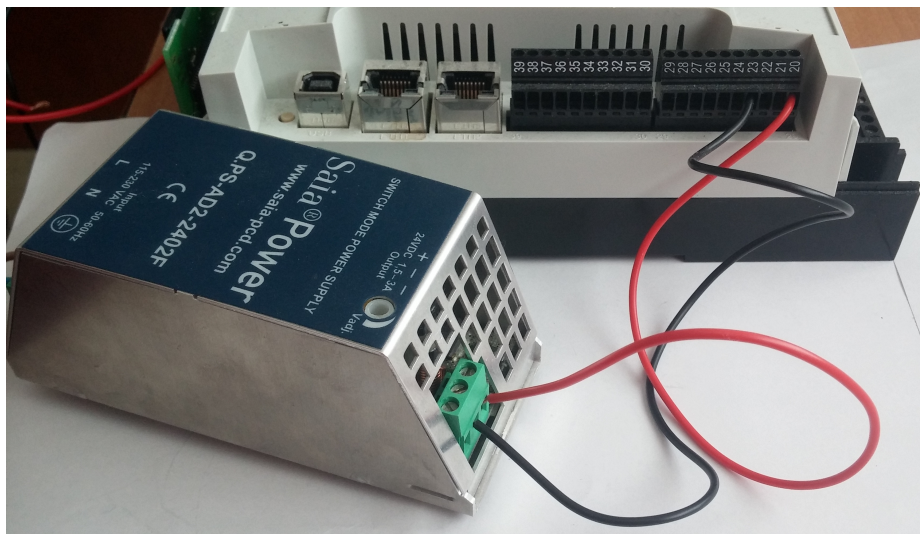


Obr. 2.2: Zdroj napätia



Obr. 2.3: Zdroj napätia, rozdelenie vodičov

Podľa schémy 1.10b prepojíme zdroj napätia s PLC. Svorku č. 20 prepojíme káblom s "+" svorkou na zdroji napätia. To isté spravíme so svorkou č.23 a "-" svorkou na zdroji.



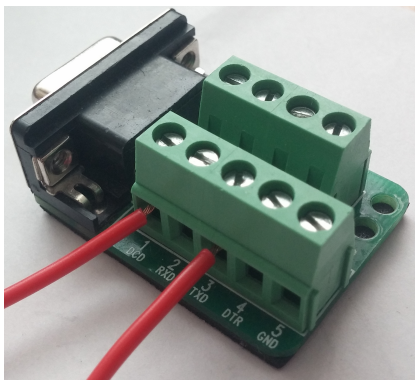
Obr. 2.4: Prepojenie PLC so zdrojom

Po zapojení hlavného kábla do siete, oranžová LED dióda "24 VDC" na základni signalizuje že napätie je vyhovujúce.

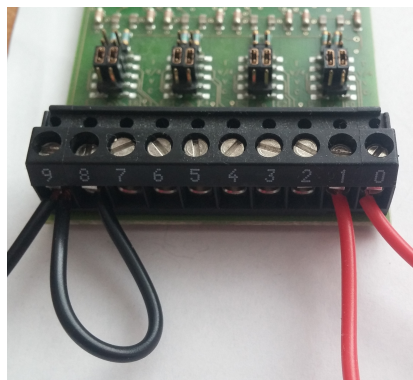
2.1.2 Zapojenie vstupov do PLC

Následne chceme prepojiť moduly PLC s procesom. Nato nám bude slúžiť 9-pinový analógový konektor. Podľa tabuľky 1.10 potrebujeme teplotu a svetelnú intenzitu. Svorky 1 a 3 prepojíme so svorkami 0 a 1 na module PCD2.W340.

Podľa aktuálneho nastavenia modulu, musia byť zeme 8 a 9, viď obr. 1.6, prepojené. Zo svoriek 8 a 9 navyše vychádzajú ďalšie káble ktorými sa prepojí uzemnenie s ostatnými časťami PLC.

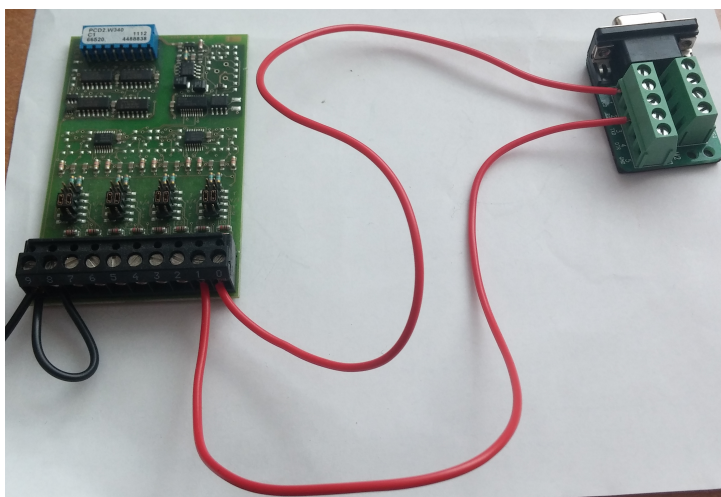


(a) analogový konektor – vstupy



(b) zapojenie modulu PCD2.W340

Obr. 2.5: Konektor a modul

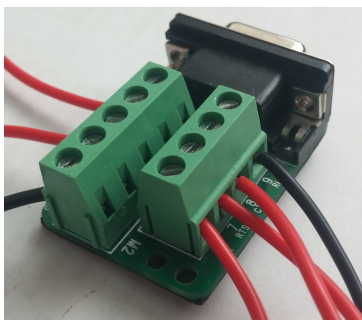


Obr. 2.6: Prepojenie vstupného modulu s analógovým konektorom

2.1.3 Zapojenie výstupov z PLC

Analógový konektor podľa tabuľky 1.10 pripojíme k modulu PCD2.W410.

- akčný zásah pre výkon žiarovky posielame zo svorky č.0 na svorku č.6 analógového konektoru
- akčný zásah pre výkon ventilátora posielame zo svorky č.2 na svorku č.7 analógového konektoru
- akčný zásah pre výkon LED svetla posielame zo svorky č.4 na svorku č.8 analógového konektoru



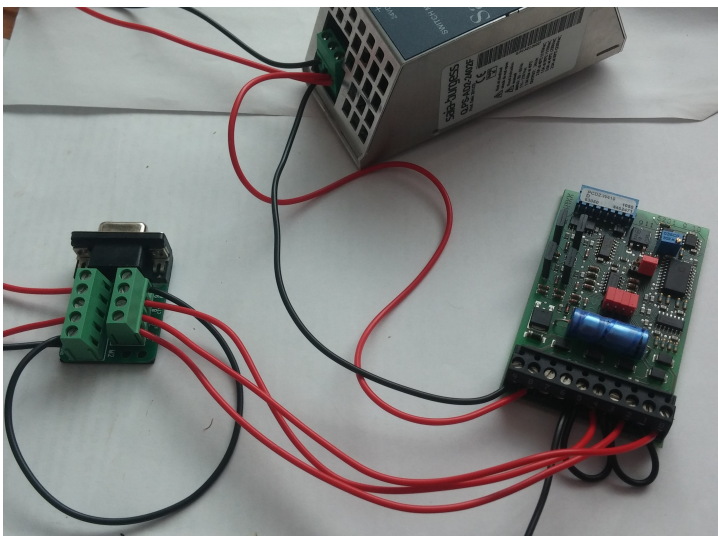
(a) analogový konektor – vstupy



(b) zapojenie modulu PCD2.W340

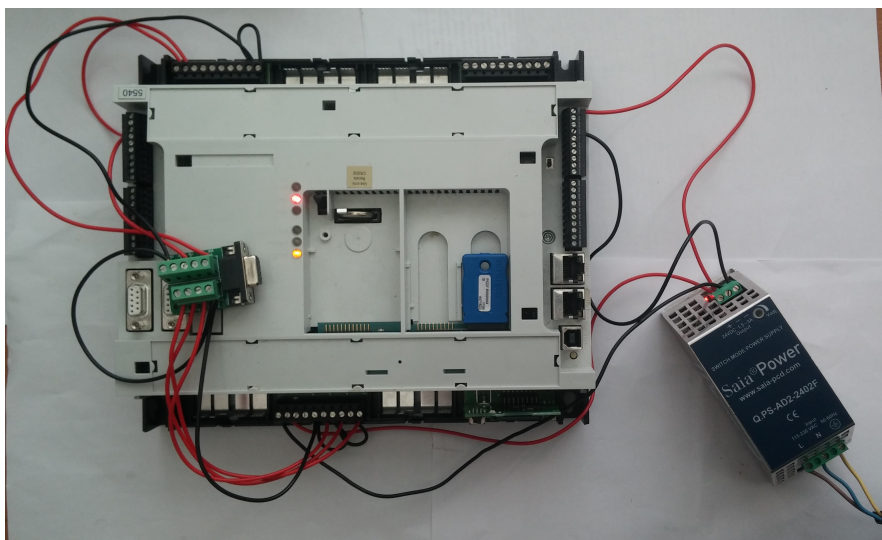
Obr. 2.7: Konektor a modul – výstup

Ako môžeme vidieť na obrázku 2.7b svorky 1,3 a 5 tvoria spoločné uzemnenie, ktoré vy-
stupuje zo svorky 5 a pokračuje na vstupný modul PCD2.W340. Navyše výstupný modul
PCD2.W410 potrebuje externé napájanie zo zdroja napätia, načo nám slúžia svorky 8 a
9, ktoré vstupujú do zdroja.



Obr. 2.8: Prepojenie výstupneho modulu s analógovým konektorom

Výsledné prepojenie PLC s analógovým konektorom, ktorý následne pripojíme na tepelno-optickú sústavu.



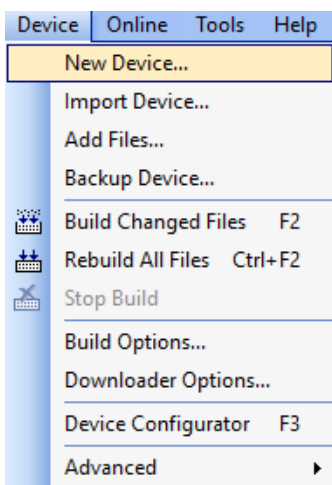
Obr. 2.9: Výsledné zapojenie PLC

2.1.4 Softvérové nastavenia

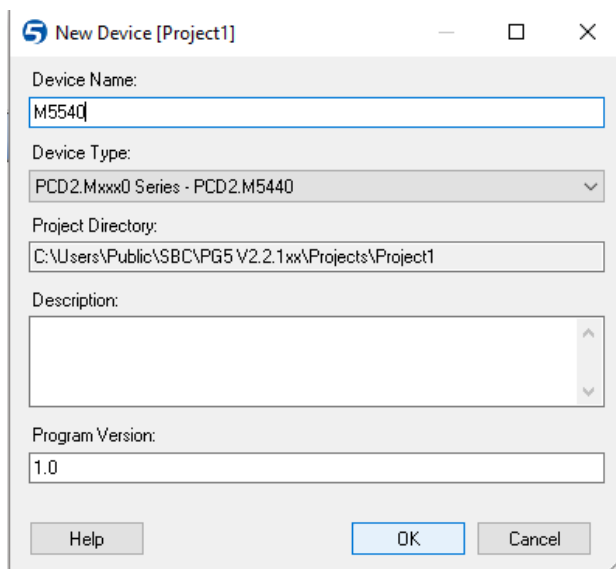
Po pripojení USB kábla a spustení PG5, program automaticky rozpozná pripojené PLC ako nové zariadenie. Ak k tomu nedôjde postupujeme nasledovne:

- v záložke "Device" vyberieme "New Device"
- zadáme ľubovoľné meno
- "Device Type" – PCD2.Mxxx0 Series - PCD2.M5540
- po pridaní zariadenia prejdeme do časti "Online Settings"
- "Select channel" – vyberieme možnosť "S-Bus USB"

Splnením týchto krokov sme úspešne pridali zariadenie a následne je potrebná jeho konfigurácia.

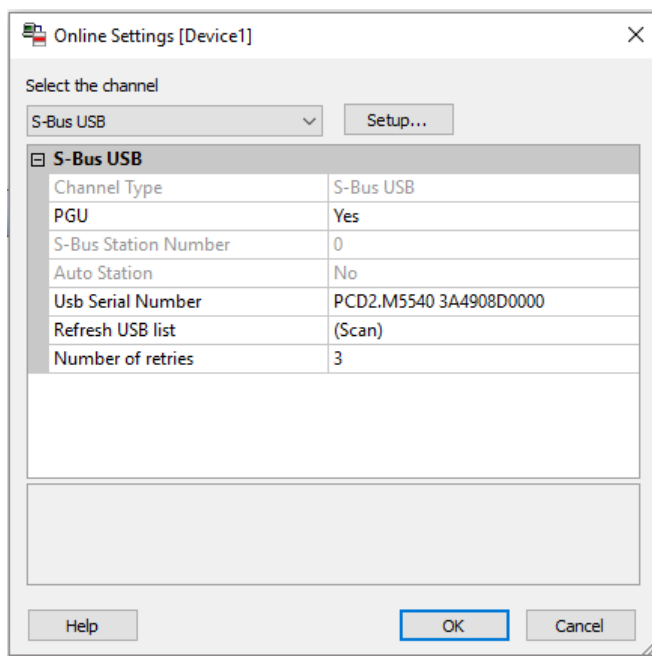


(a) nové zariadenie



(b) vlastnosti PLC

Obr. 2.10: Pridanie zariadenia



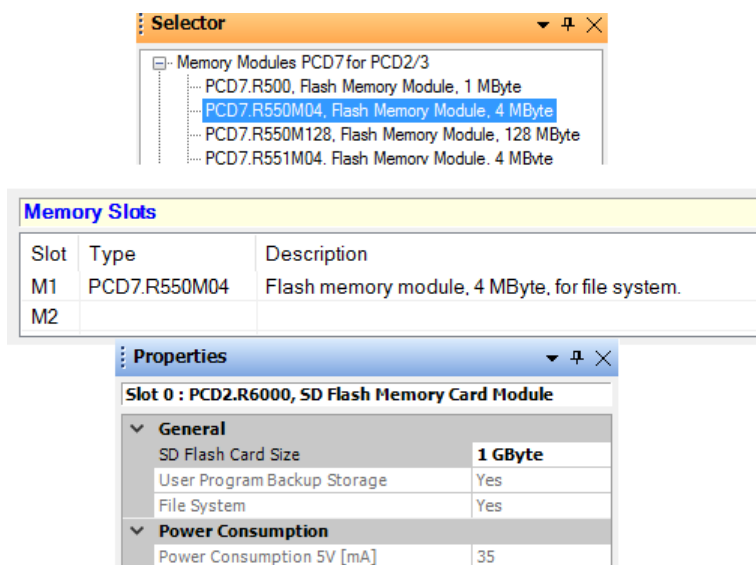
Obr. 2.11: S-Bus USB

Následne sa presúvame do časti "Device configurator" kde vidíme nasledovné časti:

- Selector – ponuka všetkých vyrobených modulov a pamäťových častí
- Device – typ zariadenia, s ktorým pracujeme a jeho stručný popis
- Memory slots – pamäťové moduly M1 a M2, obr. 1.3
- Onboard Communication – súbor komunikačných prostriedkov, ktorými disponuje naše PLC
- Ethernet protocols – dostupné sieťové protokoly
- Onboard I/O Slots – zoznam dostupných slotov

Pomocou ponuky modulov musíme do príslušnej časti nahráť správny typ modulu a výslednú konfiguráciu nahráť do PLC.

V časti "Memory Slots" vložíme do M1, príslušný pamäťový modul, v našom prípade PCD7.R550M04. V nastaveniach v pravej časti obrazovky nastavíme hodnotu veľkosti pamäťovej karty na "1 GByte"



Obr. 2.12: "Memory slots" konfigurácia

Presúvame sa k časti "Onboard I/O slots".

V hlavnej ponuke vyhľadáme a do príslušných slotov presunieme nasledovné moduly:

- Slot 0: PCD2.R6000, SD Flash Memory Card Module
- Slot 2: PCD2.W410, 4 analogue outputs
- Slot 4: PCD2.W340 8 analogue inputs

Onboard I/O Slots		
Slot	Type	Description
Slot0	PCD2.R6000	SD flash memory card module, support SD flash card with up to 1GByte.
Slot1		
Slot2	PCD2.W410	4 analogue outputs, 0..+10V, 0..20mA or 4..20mA, jumper selectable, 8 Bit, 5us
Slot3		
Slot4	PCD2.W340	8 analogue inputs, 0..+10V, 0..20mA, Pt 1000 for -50..+400°C or Ni 1000 for -50..+200°C.
Slot5		
Slot6		
Slot7		
+		

Obr. 2.13: "Onboard I/O slots" konfigurácia

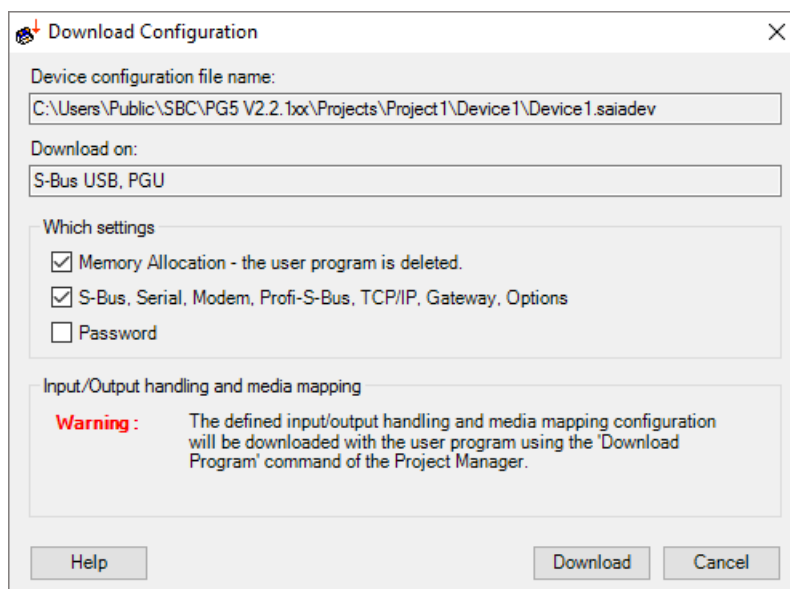
Pozície slotov 0,1,2,3 vid' obr.1.3 sú zvyčajne vyhradené pre pamäťové moduly, ale keďže v našom prípade používame iba jeden, môžeme ostatné sloty použiť na iné moduly. Pozície zvyšných modulov boli vybraté náhodne. Konfiguráciu musíme stiahnuť na PLC.



Obr. 2.14: "Download" tlačidlo

V nasledujúcom okne vidíme súhrn a nastavenia, s ktorými chceme uskutočniť stiahnutie konfigurácie na PLC. Ak konfigurácia prebieha prvý krát zaškrtneme možnosť "Memory Allocation", ktorá vymaže akýkoľvek užívateľský program na PLC.

Ďalej dostávame varovnú hlášku že nastavenia vstupov/výstupov a ich popis bude nahratý až spolu s užívateľským programom.



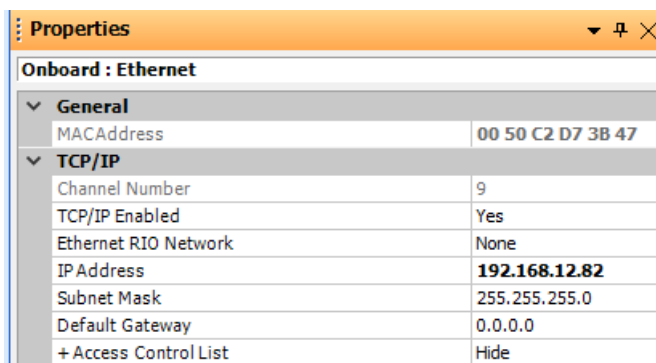
Obr. 2.15: "Download" nastavenia

2.1.5 Nastavenia siete

Aby sme mohli skompilovanú vizualizáciu nahrať do PLC a zároveň k nej pristupovať aj cez internetový prehliadač musíme nastaviť "FTP server"(z anglického file transfer protocol) a "Web Server".

2.1.6 Nastavenie IP

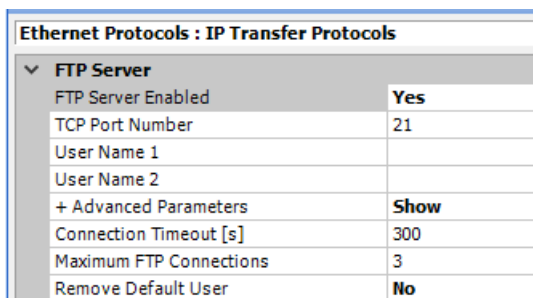
Ako prvé musíme nastaviť IP adresu nášho PLC. "Device configuration" časť "Onboard ethernet" nastavíme IP adresu napríklad: 192.168.12.82 s maskou: 255.255.255.0.



Obr. 2.16: nastavenie IP

FTP server

V prostredí "device configuration" vo vlastnostiach "FTP,HTTP Direct Protocols,..." musíme prepnúť hodnotu "FTP server enabled" na "Yes"

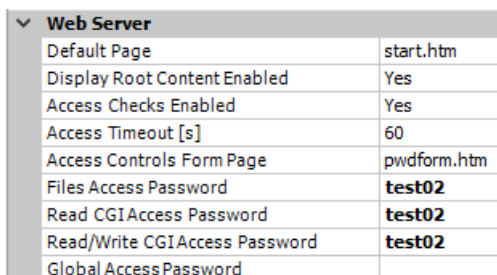


Obr. 2.17: FTP server

Ak chceme pristupovať k údajom, ktoré sú uložené na PLC, v ľubovoľnom programe ktorý sa vie pripojiť na "FTP" server zadáme adresu: 192.168.12.82:21 s prihlasovacím menom: root, heslom: rootpasswd. Port 21, ktorý nám v PG5 automaticky vyplní systém sa používa na prenos dát a "FTP" príkazy.

Web server

V prostredí "device configuration" v časti "Device" sekcia vlastnosti "Web Server" musíme nastaviť vstupné heslo.



Default Page	start.htm
Display Root Content Enabled	Yes
Access Checks Enabled	Yes
Access Timeout [s]	60
Access Controls Form Page	pwdform.htm
Files Access Password	test02
Read CGIAccess Password	test02
Read/Write CGIAccess Password	test02
Global AccessPassword	

Obr. 2.18: Web server nastavenie

2.2 Riadiaci systém

Všetky operácie, ktoré uskutočňujeme na procese, programujeme v grafickom prostredí FUPLA.

2.2.1 Použité premenné

V programe nám vystupuje niekoľko hlavných a pomocných premenných, pomocou ktorých načítavame výstupy, odosielame akčné zásahy a vykonávame pomocné výpočty.

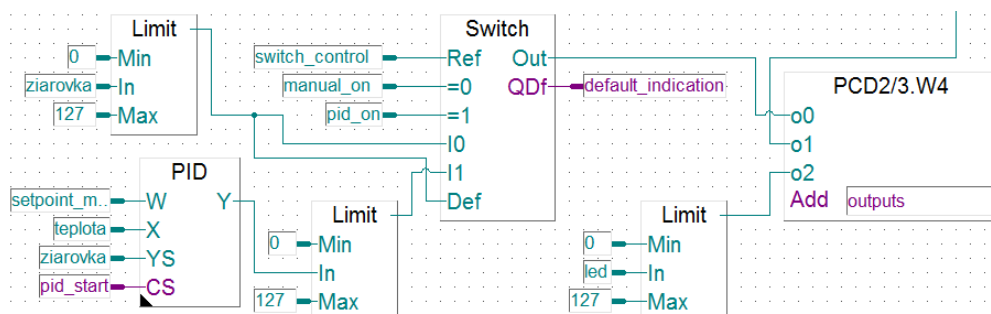
názov	typ	popis premennej
inputs	vstupná	fyzická adresa analógového vstupného modulu
outputs	výstupná	fyzická adresa analógového výstupného modulu
fan	real	hodnota akčného zásahu pre ventilátor
led	real	hodnota akčného zásahu pre LED
žiarovka	real	hodnota akčného zásahu pre žiarovku
teplota	real	hodnota teploty zo vstupného modulu
intenzita	real	hodnota sv.intenzity zo vstupného modulu
switch_control	real	prepínanie medzi PID/manuálnym režimom
setpoint_mV	real	hodnota žiadanej hodnoty v mV
odchylka_mV	real	rozdiel medzi žiadanou a aktuálnou teplotou v mV
cool_switch	flag	vyhodnotenie, či je potrebné chladenie pri PID režime
switch_control_fan	flag	aktivácia ventilátora v manuálnom móde

Tabuľka 2.1: Premenné

2.2.2 Popis riadenia

Hlavným cieľom ovládania tepelno-optickej sústavy je aby sme sa na výstupný modul odkazovali vždy len jednou hodnotou na každý akčný zásah. Keďže máme prítomné manuálne riadenie a režim PID riadenia, musíme použiť "switch" bloky a manipuláciou signálov určovať kedy je ktorý režim aktívny.

Riadenie výkonu žiarovky



Obr. 2.19: Prepínanie riadenia

Ako vidíme na obrázku vyššie pracujeme s výstupným funkčným blokom pre náš analógový modul. "o2" predstavuje svorku č.4 na ktorú posielame akčný zásah pre LED svetlo. Keďže náš výstupný modul je schopný posilať akčný zásah v rozsahu 0...10 V hodnotami 0..255, ale naša tepelno-optická sústava pracuje s maximálnym napätím 5 V, musíme výstup ohraničiť funkčným boxom "Limit".

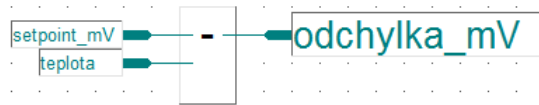
Prý výstup na module "o0" predstavuje akčný zásah na výkon žiarovky. To aký výstup posielame závisí od "Switch" bloku, ktorý rozhoduje či pustí hodnotu, ktorá bola manuálne zadaná alebo vypočítaná PID regulátorom. Do bloku nám vstupuje premenná "switch control", ktorá slúži ako referencia. V prípade že je hodnota rovná 0, je aktívny manuálny režim. Ak je hodnota referencie rovná 1, riadenie preberá PID regulátor. Konečné hodnoty výstupu sú takisto ohraničené na maximálne 5V.

Do PID bloku nám vstupujú premenné: "setpoint mV" so žiadanou hodnotou prepočítanou na mV, aktuálna teplota z procesu a začiatočná hodnota pre výpočet.

Režimy ventilátora

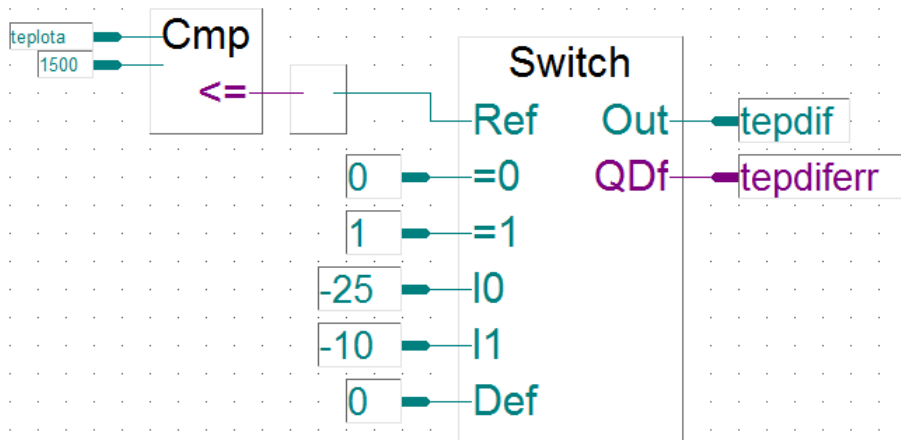
V našom riadiacom systéme rozlišujeme rôzne stavy ventilátora.

Pri PID režime riadenia výkonu žiarovky odčítavame aktuálnu teplotu od žiadanej veličiny a výsledok ukladáme do premennej.



Obr. 2.20: Výpočet odchýlky

Ak je táto odchýlka menšia ako určitá hodnota, máme na výber či chceme zapnúť asistenciu ventilátora. Účinok ventilátora sa zvyšuje so stúpajúcou hodnotou teploty na sústave, teda tolerancia odchýlky pri vyššej teplote musí byť väčšia. Potrebujeme teda zistiť či teplota je vyššia ako 30°C.

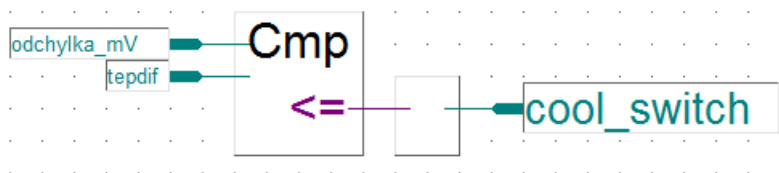


Obr. 2.21: Overenie teploty

Funkčný blok "Cmp" porovnáva dve vstupné hodnoty. Výstup je logická jednotka ak prvá hodnota je menšia alebo rovná ako druhá. V opačnom prípade je výsledok logická nula. V nasledujúcom bloku sa binárny signál prevedie na "integer" aby sme ho mohli použiť ako referenciu do "switch" bloku. V prípade že teplota je nižšia ako 30°C tolerancia sa nastaví na hodnotu -10 čo predstavuje -0.2 °C. Ak je teplota vyššia ako 30°C, tolerancia bude mať hodnotu -25 a teda -0.5 stupňa.

V nasledujúcom ktorku sa vypočítaná odchýlka porovnáva s určenou teplotnou toleranciou. Ak je odchýlka menšia ako -0.2 resp. -0.5 do premennej "cool_switch" sa uloží hodnota 1, ktorá signalizuje že je potrebné chladenie.

Príklad: teplota na sústave je rovná 28°C a užívateľ zadá žiadanú hodnotu 25°C, odchýlka je teda rovná -3°C a ventilátor sa prepne do režimu chladenia až pokiaľ hodnota odchýlky nebude rovná -0.2.



Obr. 2.22: Rozhodovanie o chladení

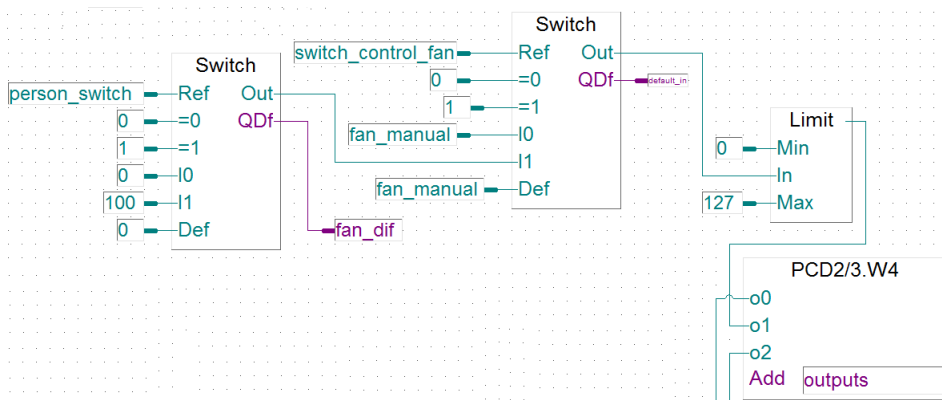
Prichádzame k rozhodovaniu či chceme aby doterajšia assistencia ventilátora v PID režime bola aktívna. Premennú "fan_decide" použijeme ako prepínač. Ak budeme chcieť chladenie zapnúť priradíme jej hodnotu 0, v opačnom prípade 2, čo bude mať za výsledok binárnu možnosť v premennej "person_switch", ktorá slúži ako vstup do ďalšieho rozhodovania.



Obr. 2.23: Overenie teploty

V nasledujúcom kroku musíme určiť, odkiaľ budeme posilať akčný zásah na ventilátor. Na začiatku nám do "switch" bloku vstupuje rozhodnutie o tom či je potrebné chladenie a či ho užívateľ povolil. Podľa toho máme výstup z bloku 0 resp. 100, čo predstavuje akčný zásah 0 resp. 4,1 V. Ku hlavnému rozhodovaniu dochádza v druhom "switch" bloku. Hodnota "switch_control_fan" je hlavný prepínač manuálneho/automatického odosielania akčného zásahu na ventilátor. Ak ju nastavíme na hodnotu 0, všetky doterajšie výpočty sú ignorované a ventilátor čaká na manuálne zadanú hodnotu v premennej "fan_manual",

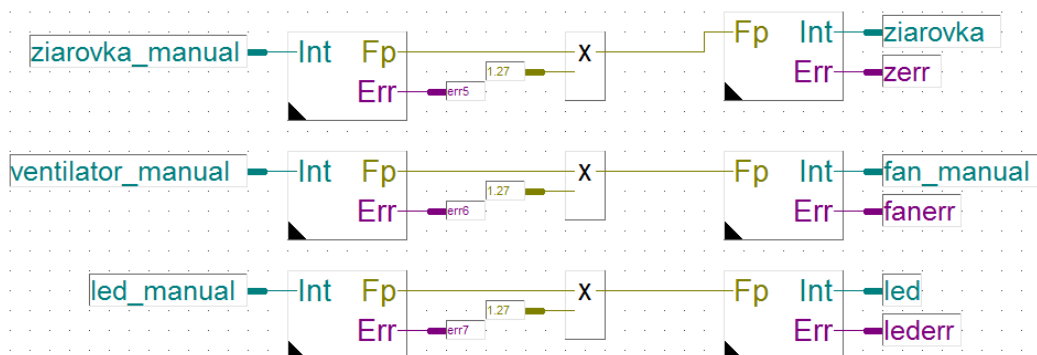
nezávisle natom či je aktívny režim PID riadenia výkonu žiarovky. Nakoniec je tento výstup ohraničený aby nedošlo k poškodeniu procesu pri náhodnej chybe zadávania vstupu.



Obr. 2.24: Prepínanie režimov ventilátora

2.2.3 Manuálny režim

Na manuálny režim použijeme premenné "žiarovka_manual", "ventilator_manual" a "led_manual", ktoré budeme zadávať v rozsahu 0...100%. Tieto hodnoty musíme následne prepočítať na akčný zásah rozsahu 0...127, ktorý budeme posielat na výstup.



Obr. 2.25: Prepočet manuálneho režimu

Pri výkone žiarovky potrebujeme hodnotu ukladať do pomocnej premennej, ktorú následne prevedieme na "float" formát a vynásobíme koeficientom "1,27", ktorý sa rovná jednému percentu výkonu. Výslednú hodnotu prevedieme späť na celočíselnú hodnotu.

Pri hodnotách akčného zásahu pre ventilátor a LED postupujeme analogicky.

Na dosiahnutie manuálneho riadenia potrebujeme posielat' určité signály na "switch" bloky, ktoré určujú režimy.

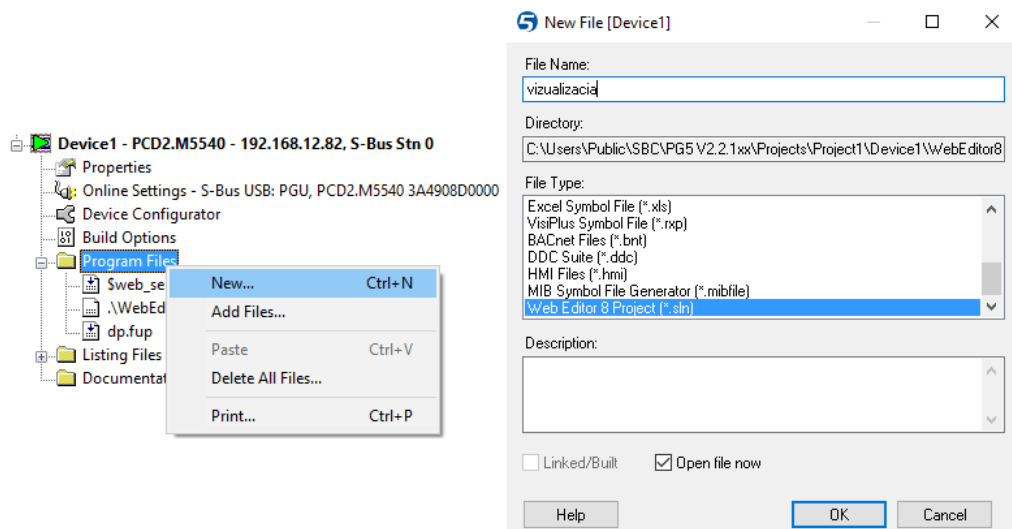
- "switch_control" – ovládanie výkonu žiarovky, posielame hodnotu 0
- "switch_control_fan" — ovládanie výkonu žiarovky, posielame hodnotu 0

Všetky doteraz spomenuté podmienky riadenia musíme zobrať do úvahy pri tvorbe vizualizácie.

2.3 Tvorba vizualizácie

2.3.1 Prehľad

Tvorba vizualizácie prebieha v programe Web Editor 8, ktorý je súčasťou balíka "Saia PG5 Controls Suite".



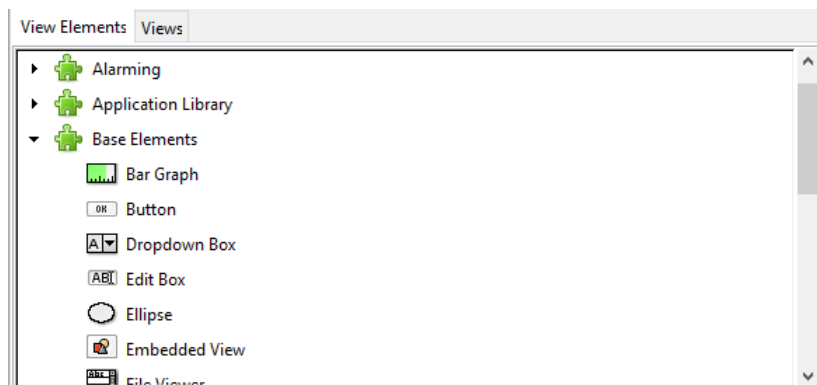
Obr. 2.26: Tvorba novej vizualizácie

V hlavnom okne editora máme k dispozícii všetky premenné ktoré sme si definovali vo Fupla editore a môžeme k nim pristupovať cez jednotlivé objekty.

Symbols : Device1			
filter by name			
Name	Type	Address	Cc ^
PCD setpoint	R	2115	FE
PCD setpoint_mV	R	2127	
PCD setpoint_stupne	R	2124	
PCD start	F	2031	
PCD stupne	R	2129	

Obr. 2.27: Premenné

Na tvorbu vizualizácie používame vopred definované objekty, ktoré sú zoradené do niekoľkých kategórií.



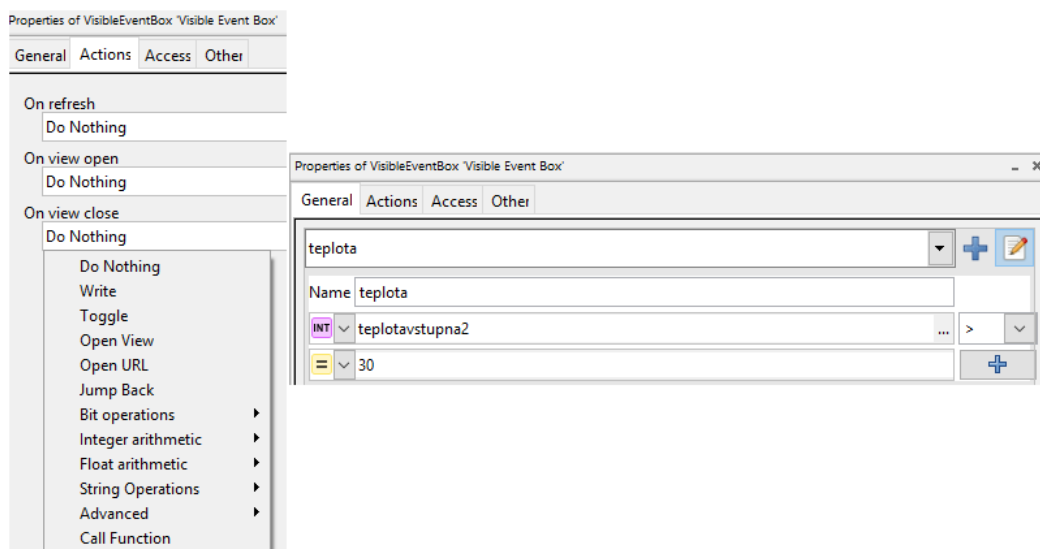
Obr. 2.28: Objekty

2.3.2 Blok udalostí

Viacero výpočtov vykonávame pomocou tzv. "Event Box", ktorý môže pracovať buď s lokálnou premennou programu Web Editor, alebo načítava premenné z programu Fupla. Výhodou tohto bloku je že môžeme definovať až tri rôzne stavy na vykonanie operácie.

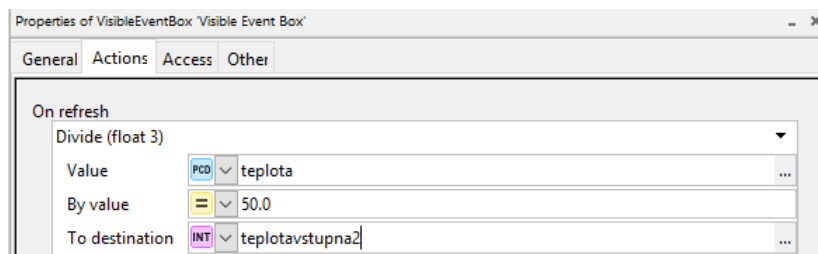
- "On refresh" – vždy keď sa zmení hodnota
- "On view open" – po otvorení aktuálneho okna
- "On view close" – po zavretí aktuálneho okna

Funkcia môže byť ľubovoľná, môžeme napríklad zapisovať hodnoty do premenných, otvárať jednotlivé vizualizačné okná, vykonávať matematické operácie alebo zavolať funkciu.



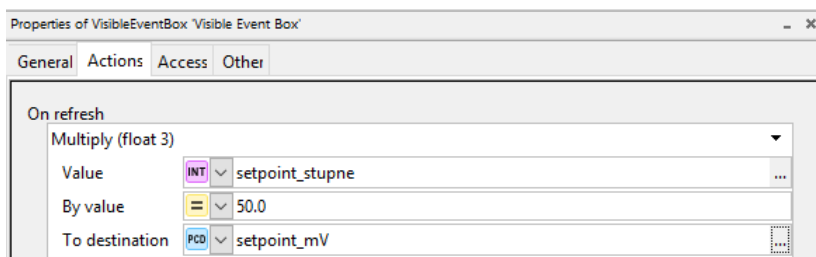
Obr. 2.29: Vlastnosti objektu "Event Box"

"Event boxy" môžeme využívať pre rýchlu premenu jednotiek na účely vizualizácie. Premennú "teplota", ktorú načítavame z programu Fupla v jednotkách mV, potrebujeme prepočítať na teplotu. Keďže máme závislosť 0...5 V na procese sa rovná 0...100°C, ak hodnotu teploty v mV vydělíme číslom 50, dostávame výslednú teplotu v °C, ktorú uložíme do lokálnej premennej a môžeme s ňou pracovať.



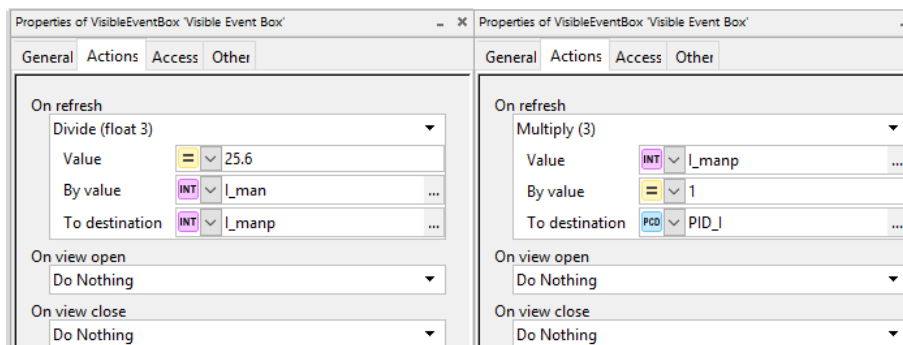
Obr. 2.30: Premena jednotiek

Užívateľom zadaná hodnota žiadanej teploty sa takisto najskôr prepočítava z lokálnej premennej a následne odosiela do PLC.



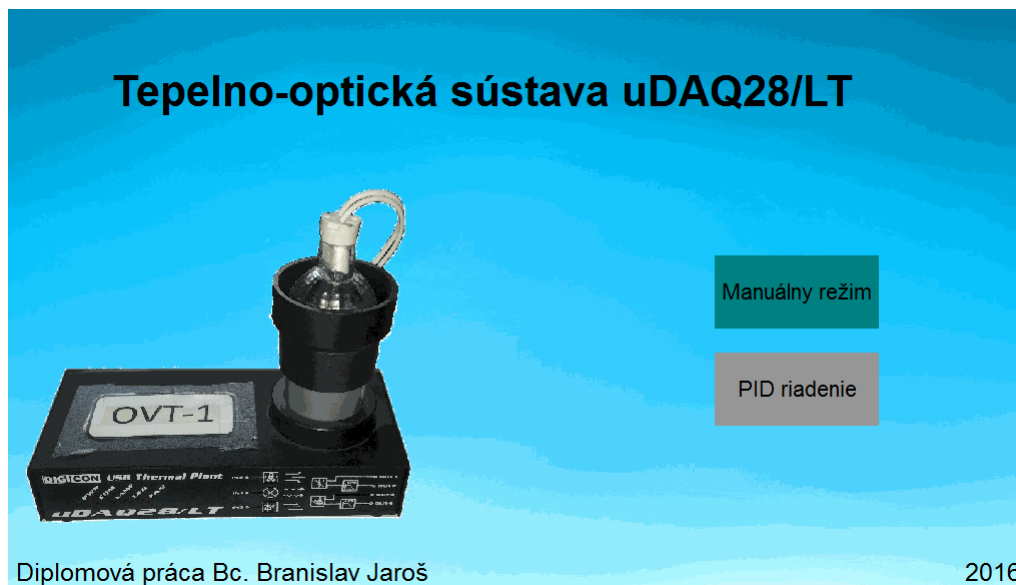
Obr. 2.31: Premena jednotiek, odoslanie do PLC

Užívateľ má možnosť zadať vlastné parametre regulátora. Tie sa však musia prepočítať podľa vzťahov 1.1, 1.2, 1.3 a odoslať na PLC. Na tento prepočet sú potrebné dva "Event boxy", prvý na rozdelenie hodnôt a druhý na vynásobenie a odoslanie do PLC.

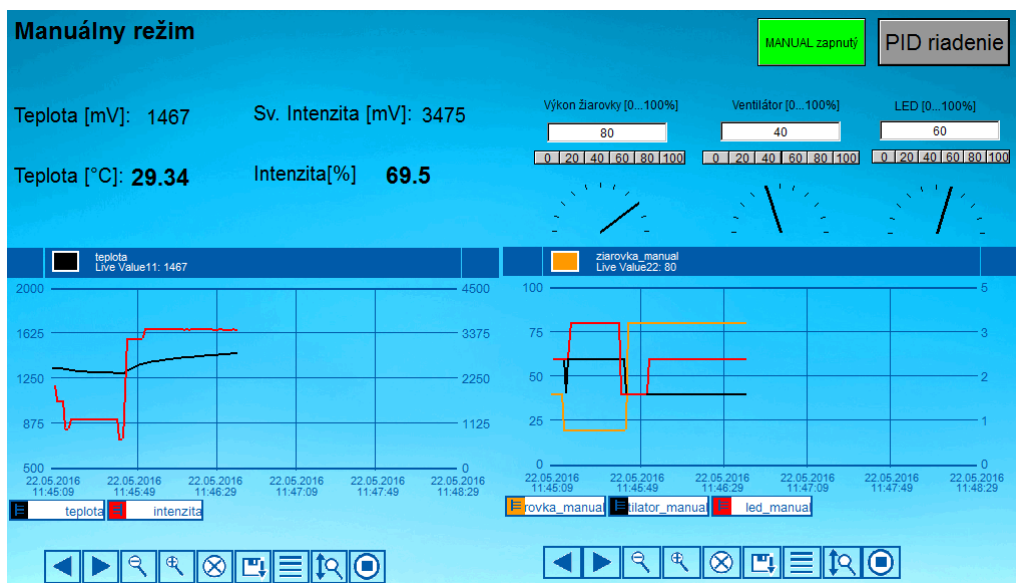


Obr. 2.32: Prepočet integračnej časovej konštanty do PLC tvaru

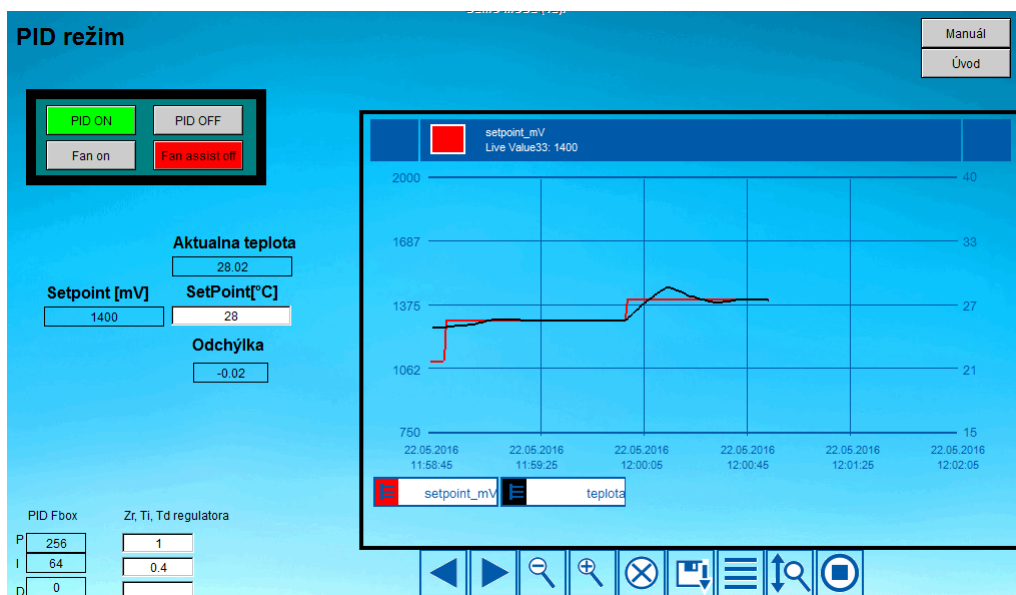
2.4 Výsledné okná



Obr. 2.33: Úvodné okno



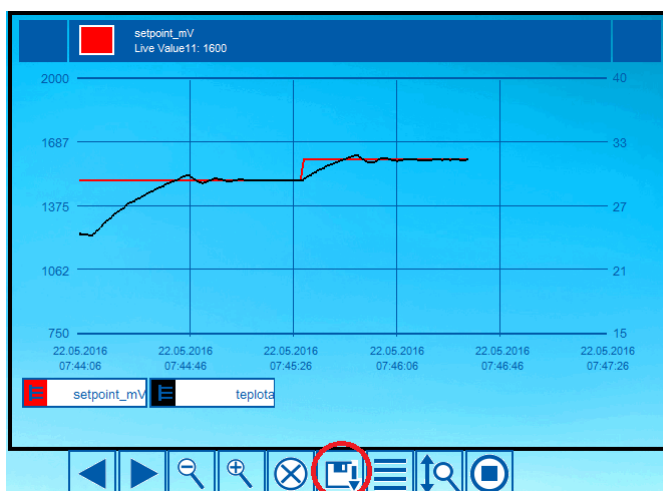
Obr. 2.34: Manuálny režim



Obr. 2.35: PID riadenie

2.4.1 Zber dát

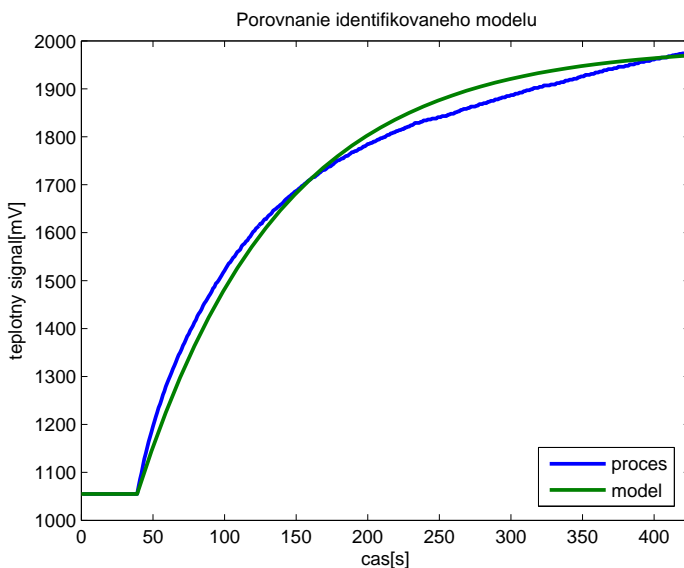
Zber dát prebieha priamo z vizualizačného okna. Náš grafický objekt podporuje priamé ukladanie nameraných dát do súboru s príponou .csv(z anglického comma separated values).



Obr. 2.36: Zber dát

2.4.2 Identifikácia a návrh regulátora

Aby sme užívateľovi mohli poskytnúť predefinované parametre regulátora musíme proces najskôr identifikovať. Vykonali sme skokovú zmenu 0-5 V a počkali na približné ustálenie, v našom prípade na spomalenie rastu teploty nakoľko sa konštrukcia procesu neustále zohrieva od žiarovky. Začínali sme z teploty 21,1°C a skončili tesne pod 40°C. Najlepšie pozorujeme dynamiku prvých tristo sekúnd.



Obr. 2.37: Porovnanie identifikovaného modelu s procesom

Identifikácia prebehla v programe PIDDESIGN. Výsledné koeficienty:

$$n=1$$

$$K=7.3536$$

$$T=99.71$$

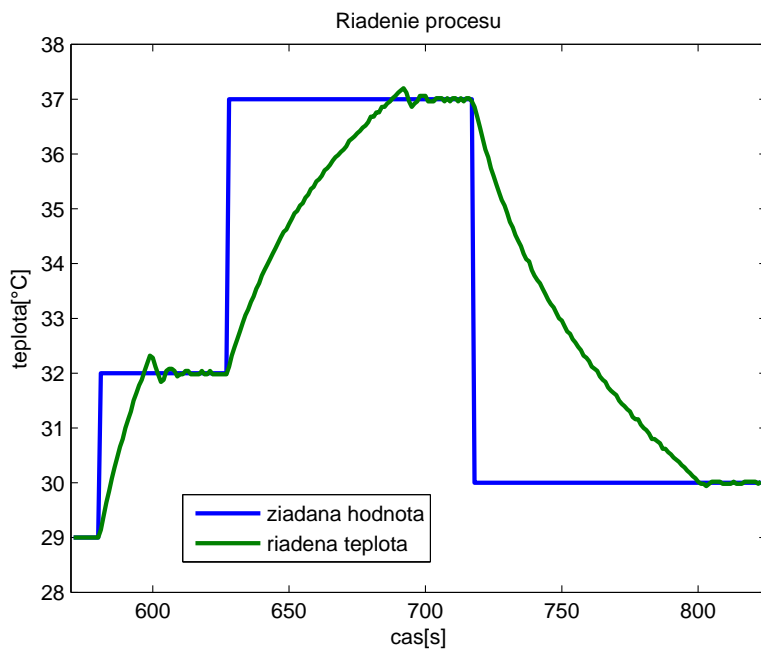
kde n – rád procesu, K – zosilnenie, T – časová konštanta, D – dopravné oneskorenie
Nakoľko je náš systém prvého rádu s vysokou časovou konštantou, väčšinu tradičných metód návrhu regulátorov nemôžeme použiť a teda na základe týchto koeficientov a testovania regulácie sme navrhli experimentálny regulátor s koeficientami: $Z_r=0.5$, $T_i=0.32$, $T_d=0$.

Pomocou rovníc 1.1,1.2, 1.3 dostávame vstupné parametre PI regulátora.

$$(2.1) \quad Fp = \left(\frac{1}{Zr}\right) * 256 = \left(\frac{1}{0.5}\right) * 256 = 512$$

$$(2.2) \quad Fi = \left(\frac{T0}{Ti}\right) * 256 = \left(\frac{0.1}{0.32}\right) * 256 = 80$$

2.4.3 Pribeh riadenia



Obr. 2.38: Pribeh riadenia s experimentálnym PI regulátorom

Ako vidíme na grafe náš proces je ovplyvnený nemerateľnou poruchou, ktorá môže byť teplota v miestnosti alebo prúdenie vzduchu.

Kapitola 3

Záver

Úspešne sme prepojili PLC SAIA PCD2.M5540 s tepelno-optickou sústavou uDAQ28/LT. Obidva procesy sme opísali, spolu s ich zapojením a uvedením do prevádzky. Pri zapájaní vodičov je dôležité dávať pozor nato, ktorý vodič zapájame na ktorú svorku. Pri testovaní spojenia sme pred zapojením skutočného procesu na analógový konektor najskôr voltmetrom odskúšali výstupné napätie aby nedošlo k poruche procesu. Pomocou balíka programov "Saia PG5 Controls Suite" sme nakonfigurovali naše PLC a zároveň sme do neho uložili aktuálne nastavenia zásuvných modulov a FLASH pamätí. Súčasťou konfigurácie boli aj sieťové nastavenia, ktoré nám umožnia jednoducho pristupovať k súborom uloženým na procese. Pomocou riadiaceho systému riadime teplotu na tepelno-optickej sústave. Voľba koeficientov PID regulátora pripadá na užívateľa, ale ako predefinované ukladáme experimentálne hodnoty, ktoré sme získali počas práce so sústavou. Vizualizáciu sme realizovali v programe Web Editor 8. Výsledkom sú tri okná. Na prvom je informácia o projekte a možnosť prepnúť sa do manuálneho alebo PID režimu, kde máme možnosť ovládať vstupné premenné a na grafoch sledovať výstupy. Všetky úlohy zadania boli splnené.

Kapitola 4

Použitá literatura

[1] Saia®PCD graphical programming [Online]. Dostupné na internete:

<http://www.ewwh.cz/file/download/994>

[2] Manual Saia® S-Bus [Online]. Dostupné na internete:

<http://www.ewwh.cz/file/download/994>

[3] Manual of the PCD2.M5_ series [Online]. Dostupné na internete:

https://www.sbc-support.com/uploads/tx_srcproducts/26-856_EN_Manual_PCD2M5.pdf

[4] PCD2.W2xx Analogue input modules [Online]. Dostupné na internete:

https://www.sbc-support.com/uploads/tx_srcproducts/27-600_ENG_Manual_IO-modules.pdf

[5] PG5: Programming tool for Saia®PCD controllers [Online]. Dostupné na internete:

https://www.sbc-support.com/uploads/tx_srcproducts/26-362_EN_TI_PG5_02.pdf

[6] PCD2.W2xx Analogue input modules [Online]. Dostupné na internete:

https://www.sbc-support.com/uploads/tx_srcproducts/27-600_ENG_Manual_IO-modules.pdf

[7] Saia® PG5 2.1 user manual [Online]. Dostupné na internete:

https://www.sbc-support.com/uploads/tx_srcproducts/26-732_EN_UserManual_PG521.pdf