



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

SIMULÁTOR I/O PRO PLC ŘADY MICRO800

THE I/O SIMULATOR FOR MICRO800 PLC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Peter Popovič

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2024

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Peter Popovič

ID: 240421

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Simulátor I/O pro PLC řady Micro800

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Proveďte literární rešerši o standardizovaných diskretních a analogových signálech pro PLC.
- 2) Navrhněte vybavení simulátoru I/O s Micro800.
- 3) Vytvořte schéma zapojení.
- 4) Propojte simulátor s periferiemi PLC řady Micro800.
- 5) Vytvořte testovací aplikaci.
- 6) Diskutujte své řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Micro800 Programmable Controllers General Instructions. Rockwell Automation. 2080-RM001K-EN-E. March 2022.

Termín zadání: 5.2.2024

Termín odevzdání: 22.5.2024

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Ing. Miroslav Jirgl, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá návrhom simulátoru vstupov a výstupov s PLC rady Micro800 od firmy Allen-Bradley. Práca obsahuje literárnu rešerš o štandardizovaných diskretných a analógových signáloch pre PLC. Ďalej je navrhnuté vybavenie simulátora vstupov a výstupov, ako aj vytvorenie schém zapojení pre PLC a jeho periférie. Opísaná je aj testovacia aplikácia, ktorá overuje funkčnosť simulátoru. V závere práce je overená funkčnosť navrhnutého simulátoru.

Kľúčové slová

Simulátor, PLC, HMI, Allen-Bradley, Micro800, diskretné signály, analógové signály, I/O

Abstract

This bachelor thesis deals with the design of an I/O simulator with the Micro800 series PLC from Allen-Bradley. The thesis includes a survey of standardized discrete and analog signals for PLCs. Furthermore, the equipment of the input and output simulator is proposed, as well as the creation of wiring diagrams for the PLC and its peripherals. A test application that verifies the functionality of the simulator is also described. The whole thesis concludes with the verification of the correct functionality of this design.

Keywords

Simulator, PLC, HMI, Allen-Bradley, Micro800, discrete signals, analog signals, I/O

Bibliografická citácia

POPOVIČ, Peter. Simulátor I/O pro PLC řady Micro800 [online]. Brno, 2024 [cit. 2024-05-10]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/160049>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Radek Štohl.

Prehlásenie autora o pôvodnosti diela

Meno a priezvisko autora:	Peter Popovič
VUT ID študenta:	240421
Typ práce:	Bakalárska práca
Akademický rok:	2023/24
Téma záverečnej práce:	Simulátor I/O pro PLC řady Micro800

Prehlasujem, že som záverečnú prácu vypracoval samostatne pod vedením vedúceho záverečnej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú v práci citované a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor tejto práce ďalej vyhlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol neoprávneným spôsobom do osobnostných práv iných osôb a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovení § 11 a nasl. autorského zákona č. 121/2000 Z. z., vrátane možných trestnoprávných následkov vyplývajúcich z ustanovení druhej časti VI. hlavy 4. dielu Trestného zákona č. 40/1964 Zb.

V Brne dňa: 21. mája 2024

podpis autora

Pod'akovanie

Týmto by som rád chcel poďakovať vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Radekovi Štohlvi, PhD pre jeho odborné vedenie a rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

V Brne dňa: 21. mája 2024

podpis autora

Obsah

ZOZNAM OBRÁZKOV	9
ZOZNAM TABULIEK	10
ÚVOD	11
1 PLC.....	12
1.1 HISTÓRIA PLC.....	12
1.2 ŠTRUKTÚRA PLC.....	12
1.2.1 Vonkajšia štruktúra.....	12
1.2.2 Vnútoraná štruktúra.....	13
1.3 MODULARITA PLC.....	13
1.3.1 Kompaktné PLC.....	13
1.3.2 Modulárne PLC	13
1.4 PROGRAMOVACIE JAZYKY	14
1.4.1 Inštrukčný List.....	14
1.4.2 Ladder Diagram.....	14
1.4.3 Jazyk Funkčných Blokov.....	14
1.4.4 Štruktúrovaný Text.....	14
1.4.5 Sequential Function Char	14
2 DISKRÉTNE SIGNÁLY PRE PLC	15
2.1 DISKRÉTNE MODULY	15
2.1.1 Diskrétne vstupné moduly.....	16
2.1.2 Diskrétne výstupné moduly	16
3 ANALÓGOVÉ SIGNÁLY PRE PLC.....	18
3.1 ANALÓGOVÉ MODULY	18
3.1.1 Analógové vstupné moduly.....	18
3.1.2 Analógové výstupné moduly.....	19
3.2 ŠTANDARDIZÁCIA A DEŠTANDARDIZÁCIA ANALÓGOVÝCH HODNÔT	19
4 NÁVRH SIMULÁTORU	22
4.1 PÔVODNÝ SIMULÁTOR.....	22
4.2 BLOKOVÁ SCHÉMA ZAPOJENIA	22
4.3 POPIS VSTUPOV A VÝSTUPOV SIMULÁTORU	23
4.4 PREDNÝ PANEL	23
4.5 NAPÁJANIE A ISTENIE	24
4.5.1 Napájanie PLC a jeho periférií.....	24
4.5.2 Istenie PLC a jeho periférií.....	25
4.6 PLC A HMI PANEL.....	25
4.6.1 PLC	25
4.6.2 HMI panel.....	26
4.6.3 Plug-in modul.....	27
4.6.4 Expanzné moduly	27
5 KONEČNÉ ZARIADENIE	33
6 TESTOVACIA APLIKÁCIA.....	36

6.1	POŽIADAVKY NA APLIKÁCIU.....	36
6.1.1	<i>Kompatibilita</i>	36
6.1.2	<i>Využitie vstupov a výstupov.....</i>	37
6.1.3	<i>Možnosť ovládania.....</i>	37
6.2	VÝVOJOVÉ PROSTREDIE.....	37
6.3	KONFIGURÁCIA ZARIADENÍ	37
6.3.1	<i>Komunikácia</i>	37
6.4	PROGRAM.....	38
6.4.1	<i>Main.....</i>	38
6.4.2	<i>Funkčný blok – Sekvencia0-4.....</i>	38
6.4.3	<i>Funkčný blok – Prevod</i>	39
6.5	VIZUALIZÁCIA	39
6.5.1	<i>Obrazovka - Hlavný Panel.....</i>	40
6.5.2	<i>Obrazovka – Digital I/O</i>	40
6.5.3	<i>Obrazovka – Analog I/O</i>	41
6.5.4	<i>Obrazovka – Alarmy</i>	42
7	OVERENIE FUNKČNOSTI	43
	ZÁVER	45
	LITERATÚRA.....	46
	ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK	48
	ZOZNAM PRÍLOH.....	49

ZOZNAM OBRÁZKOV

1.1	Vonkajšia štruktúra PLC	12
1.2	Vnútoraná štruktúra PLC	13
2.1	Sinking a sourcing vstupy	16
2.2	Reléové, triakové a tranzistorové spínacie prvky	16
2.3	Sinking a sourcing výstupy	17
3.1	Napájanie snímača a analógového modulu	19
3.2	Štandardizácia analógovej hodnoty	20
3.3	Deštandardizácia analógovej hodnoty	21
4.1	Bloková schéma zapojenia simulátoru	22
4.2	Osadený predný panel	24
4.3	Schéma vývodov plug-in modul 2080-IQ4OB4.....	27
4.4	Schéma zapojenia modulu 2085-IF8	28
4.5	Schéma zapojenia stabilizácie na 10 V	29
4.6	Schéma zapojenia modulu 2085-OF4	29
4.7	Schéma zapojenia modulu 2085-IQ16	30
4.8	Schéma zapojenia modulu 2085-OB16	31
5.1	Konečný simulátor – pohľad spredu	33
5.2	Vnútoraná strana predného panelu	33
5.3	Panel pre umiestenie PLC	34
5.4	Konečný simulátor – pohľad z boku	35
6.1	Vývojový diagram testovacej aplikácie	36
6.2	Blokový diagram programu	38
6.3	Informačná lišta HMI Panelu	39
6.4	Navigačná lišta HMI Panelu	40
6.5	Obrazovka „Hlavný Panel“	40
6.6	Obrazovka „Digital I/O“	41
6.7	Obrazovka „Analog I/O“	41
6.8	Obrazovka „Alarmy“	42
7.1	Zapojenie simulátoru pomocou switchu	43
7.2	Zapojenie simulátoru bez switchu	43

ZOZNAM TABULIEK

1 Bežné hodnoty pre moduly diskretných vstupov/výstupov	15
2 Bežné hodnoty pre moduly analógových vstupov/výstupov.....	18
3 Špecifikácia napäťového zdroja PS120	24
4 Veľkosť odoberaného výkonu pre zdroj č.1	25
5 Veľkosť odoberaného výkonu pre zdroj č.2	25
6 Špecifikácia PLC Micro870.....	26
7 Špecifikácia HMI Panel	26
8 Špecifikácia modulu 2085-IF8.....	28
9 Špecifikácia modulu 2085-OF4	30
10 Špecifikácia modulu 2085-IQ16.....	31
11 Špecifikácia modulu 2085-OB16.....	32

ÚVOD

Táto bakalárska práca sa zaoberá návrhom simulátoru vstupov a výstupov pre PLC rady Micro800 od firmy Allen-Bradley. Práca je rozdelená na viacero častí, pričom prvá časť je teoretická a ostatné sú praktické.

Prvým cieľom je vypracovať rešerš literatúry na tému štandardizovaných diskretných a analógových signálov, ktoré sa používajú v PLC. Rešerš je zameraná hlavne na automaty od firmy Allen-Bradley a jej cieľom je pomôcť lepšie porozumieť problematike spojenej so vstupmi a výstupmi pre PLC.

Druhá časť práce sa venuje návrhu vybavenia simulátora. Tento simulátor je náhradou starého, ktorý obsahoval micro PLC TSX17-20 a bude slúžiť ako výučbová pomôcka pre študentov. Základom návrhu je rozumne využiť vstupy a výstupy PLC a jeho expanzných modulov. Okrem toho je potrebné navrhnuť nový predný panel simulátoru, na ktorom budú umiestnené elektrické komponenty. Táto časť sa venuje návrhu schém zapojení pre PLC a jeho periférií.

Posledná časť tejto práce sa zaoberá prepojeniu simulátoru s perifériami PLC a vytvorení testovacej aplikácie na overenie správnej funkčnosti simulátoru. Testovacia aplikácia musí spĺňať určité požiadavky, aby bolo možné overiť správnosť tohto zapojenia. Po sfinalizovaní týchto krokov je simulátor otestovaný pri zapojení so switchom a bez switchu, pre otestovanie viacerých komunikačných spôsobov medzi počítačom, PLC a HMI panelom.

1 PLC

PLC, z angl. „Programmable Logic Controller“, je programovateľný logický kontrolér. Je to priemyselne orientovaný počítač zameraný na riadenie technologických procesov. Jeho hlavnou úlohou je monitorovať signály zariadení z technologických procesov, ktoré sú privedené na jeho vstupy a na základne vnútornej logiky ovládať zariadenia pripojené na jeho výstupy.

1.1 História PLC

V osemdesiatych rokoch sa programovateľné logické kontroléry stali kľúčovým prostriedkom pre riadenie technologických procesov, výrobných liniek a strojov. Táto technologická zmena bola odpoveďou na vývoj v oblasti mikroelektroniky, ktorý umožnil nahradiť centralizované riadenie, reprezentované riadiacimi počítačmi a minipočítačmi, distribuovanou riadiacou technikou. Výhodami boli spoľahlivosť, jednoduchšia údržba, jednoduchšie ladenie kódu, nižšie požiadavky na kvalifikáciu projektantov a celkovo nižšie náklady na realizáciu projektu. [1]

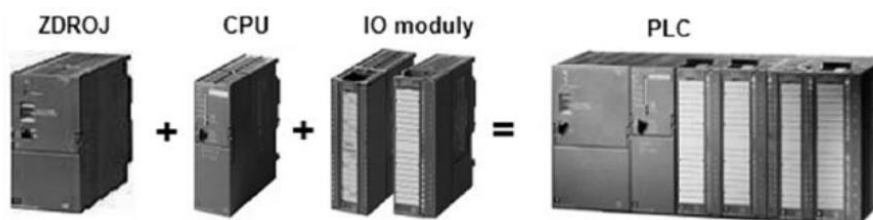
1.2 Štruktúra PLC

PLC sa skladá z niekoľkých základných častí, ktoré umožňujú jeho funkciu v technologických procesoch. PLC štruktúru vieme rozdeliť na dve základné skupiny a to na vonkajšiu a vnútornú štruktúru.

1.2.1 Vonkajšia štruktúra

Vonkajšia štruktúra PLC obsahuje [3]:

- Zdroj
- CPU
- I/O moduly
- Komunikačné moduly

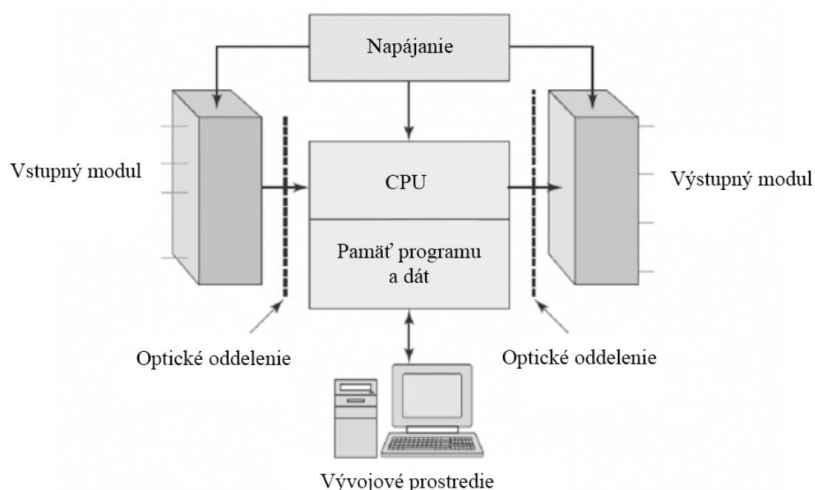


Obrázok 1.1 Vonkajšia štruktúra PLC [3]

1.2.2 Vnútna štruktúra

Vnútna štruktúra PLC obsahuje [3]:

- Napájací modul
- Vstupný modul
- Procesorová jednotka
- Pamäť pre dáta
- Pamäť pre program
- Výstupný modul



Obrázok 1.2 Vnútna štruktúra PLC [3]

1.3 Modularita PLC

1.3.1 Kompaktné PLC

Kompaktné PLC ponúkajú obmedzenú variabilnosť vo voľbe konfigurácie. Väčšina potrebných častí je integrovaná do jedného zariadenia. Napriek tomu má užívateľ možnosť pripojiť k základnému modulu jeden alebo viac prídavných I/O modulov, ale má však obmedzený výber. Výhoda kompaktného PLC spočíva v jeho jednoduchšej integrácii, veľkosti a popríade ceny pre jednoduchšie automatizačné úlohy. [2]

1.3.2 Modulárne PLC

Modulárne PLC sa líši od kompaktného PLC vo väčšej voľnosti pri voľbe konfigurácie. Modularita nám umožňuje výber ľubovoľných I/O modulov alebo komunikačných modulov podľa našich požiadaviek. Výhodami sú ich flexibilita alebo jednoduchá náhrada modulov pri ich poruche. [2]

1.4 Programovacie jazyky

V tejto kapitole je opísaných päť základných programovacích jazykov PLC. Každý jeden jazyk sa líši a má vlastné využitie a jeho výber závisí od druhu aplikácie a konkrétnych požiadaviek projektu.

1.4.1 Inštrukčný List

Jazyk inštrukčný list, z angl. „Instruction List“ (IL), je strojovo orientovaný a podobá sa assembleru v počítačoch. Jazyk poskytuje takzvaný „assemblerovský komfort“, čo v skratke znamená, že sa tu využívajú návestia pre ciele skokov a volaní, symbolické mená pre číselné hodnoty, pre pomenovania vstupných, výstupných a vnútorných premenných a pre automatické pridelovanie pamätí pre užívateľské registre. [2]

1.4.2 Ladder Diagram

„Ladder Diagram“ (LD), ktorého slovenský ekvivalent je „jazyk líniových schém“, je grafický programovací jazyk, ktorý vychádza z elektrických schém s relé. Je efektívny pri programovaní základných logických operácií, najmä v prípadoch, keď s ním pracuje personál, ktorý nemá skúsenosti s tradičným počítačovým programovaním. [2]

1.4.3 Jazyk Funkčných Blokov

Jazyk funkčných blokov, z angl. „Function Block Diagram“ (FBD), je znova ako ladder diagram grafickým programovacím jazykom. Základné logické operácie sa popisujú obdĺžnikovými značkami a ich výšky záležia na počte vstupov. Jazyk ponúka väčšiu abstrakciu a možnosť vytvárať komplexnejšie programy. [2]

1.4.4 Štruktúrovaný Text

Jazyk štruktúrovaného textu z angl. „Structured Text“ (ST), je textový programovací jazyk, ktorý sa podobá vyšším programovacím jazykom pre počítače alebo mikrokontroléry. [2]

1.4.5 Sequential Function Char

„Sequential Function Char“ (SFC), ktorého slovenský ekvivalent by mohol byť „graf sekvenčných funkcií“, je grafický programovací jazyk a je nadstavbou vyššie popísaných jazykov. Umožňuje popis sekvenčných úloh vo forme prechodových grafov konečných automatov. K popisu štruktúry využíva značky stavov, prechodov a vetvení. [2]

2 DISKRÉTNE SIGNÁLY PRE PLC

Vstupné a výstupné signály pre PLC delíme do dvoch skupín. Na signály analógové a signály diskkrétne. Analógové signály sú spojité signály, takže ich hodnota nie je ako pri diskkrétnych 0 alebo 1. Diskkrétne signály reprezentujú obmedzené množstvo stavov, ako sú napríklad otvorený alebo zatvorený, aktívny alebo neaktívny alebo prítomnosť nejakých objektov. Pri digitálnych signáloch pracujeme aj pri vstupe aj pri výstupe s logickou 0 a s logickou 1. Logická 0 sa väčšinou udáva ako napätie o hodnote 0 V a logickou 1 zväčša býva napätie 24 V. V tabuľke 1 vidíme bežné hodnoty pre moduly diskkrétnych vstupov a výstupov.

Tabuľka 1 Bežné hodnoty pre moduly diskkrétnych vstupov/výstupov [5]

Vstupný modul	Výstupný modul
12 V AC/DC	12...48 V AC
24V AC/DC	120 V AC
48 V AC/DC	230 V AC
120 V AC/DC	120 V DC
230 V AC/DC	230 V DC
5 V DC (TTL logika)	5 V DC (TTL logika)
-	24 V DC

Pri programovateľných automatoch firmy Allen-Bradley vieme tieto hodnoty bližšie špecifikovať. Pre modul diskkrétnych vstupov (2085-IQ16) môže byť logická 0 reprezentovaná maximálnym napätím 5 V DC a maximálny prúd pri logickej 0 sa udáva do 1,5 mA. Pre logickú 1 sa udáva minimálny, nominálny a maximálny prúd. Minimálny prúd pri logickej 1 je 1,8 mA pri napätí 10 V DC, nominálny je 6 mA pri napätí 24 V DC a maximálny prúd sa udáva ako 8 mA pri napätí 30 V DC. [10]

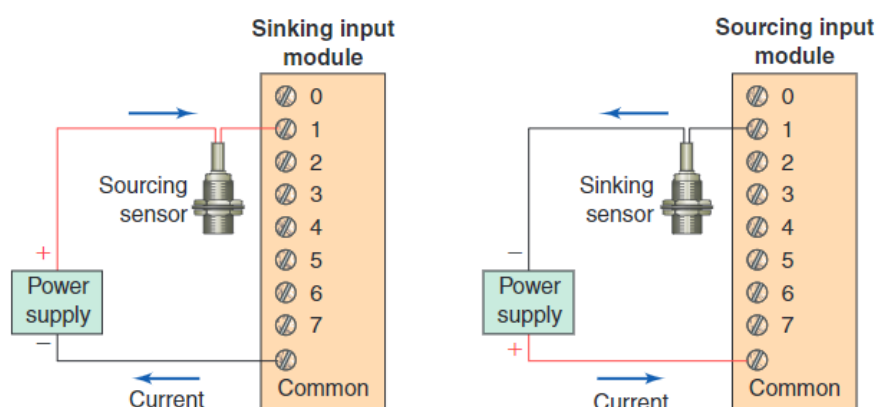
Pre modul diskkrétnych výstupov (2085-OB16) sú hodnoty pre logickú 1 špecifikované pre minimálne, nominálne a maximálne napätie. Minimálne napätie pri logickej 1 je 10 V DC, nominálne je 24 V DC a maximálne napätie sa udáva 30 V DC. [9]

2.1 Diskkrétne moduly

Najbežnejším typom vstupno/výstupného modulu je diskkrétny typ. Tento typ pripája zariadenia ako sú tlačidlá, prepínače, koncové spínače, optické závory a mnoho ďalších. Ovládanie výstupov je podobne obmedzené na zariadenia ako sú svetlá, relé, ventilátory. Sú to zariadenia, ktoré vyžadujú jednoduché zapínanie a vypínanie. [5]

2.1.1 Diskrétné vstupné moduly

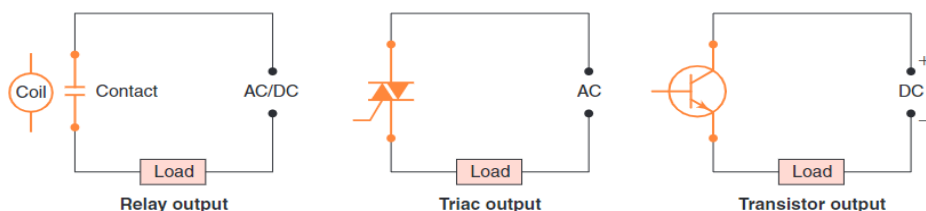
Vstupné moduly sa používajú na získavanie informácií zo snímačov, detekciu stavov tlačidiel v automatizačnom systéme. Určité moduly sú špecifikované, či je modul určený na prepojenie so zariadeniami so zdrojom alebo so spotrebičom prúdu. Ak je modul modulom zdroja prúdu, potom vstupné alebo výstupné zariadenie musí byť zariadením, ktoré je prúdovým spotrebičom. Naopak, ak je modul špecifikovaný ako prúdový spotrebič, potom pripojené zariadenie musí byť prúdovým zdrojom. Všeobecne sa používajú termíny sinking (NPN) a sourcing (PNP). Na obrázku 2.1 je znázornený vzťah prúdového signálu medzi vstupmi sinking a sourcing do vstupného DC modulu. [5]



Obrázok 2.1 Sinking a sourcing vstupy [5]

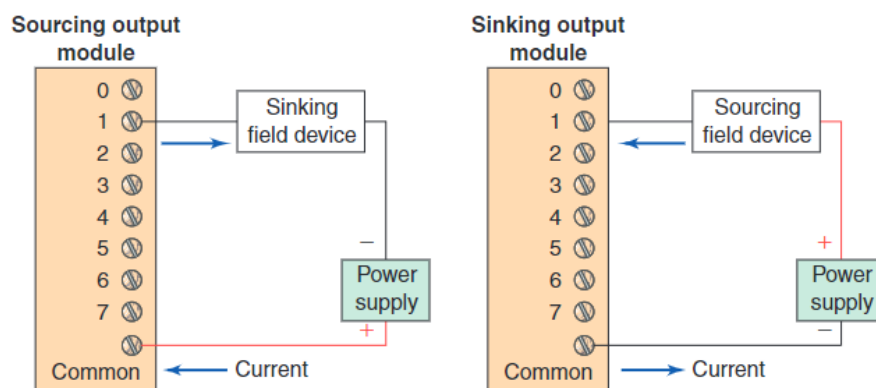
2.1.2 Diskrétné výstupné moduly

Diskrétné výstupné moduly sa používajú na ovládanie akéhokoľvek dvojstavového zariadenia a sú k dispozícii vo verziách na striedavý a jednosmerný prúd a v rôznych napäťových a prúdových rozsahoch. Firma Allen-Bradley ponúka moduly s tranzistorovým, triakovým alebo reléovým výstupom. Zapojenia vidíme na obrázku 2.2. Na ovládanie striedavých zariadení sa používajú triakové výstupy a na ovládanie jednosmerných zariadení, sa používajú tranzistorové výstupy. Reléové výstupy sa môže používať so zariadeniami na striedavý alebo jednosmerný prúd pre ich elektromechanický kontakt. [5]



Obrázok 2.2 Reléové, triakové a tranzistorové spínacie prvky [5]

Pri výstupných moduloch je taktiež potrebné rozlišovať medzi sinking a sourcing výstupmi. Na obrázku 2.3 je zobrazený vzťah prúdového toku medzi týmito výstupmi do výstupného DC modulu.



Obrázok 2.3 Sinking a sourcing výstupy [5]

3 ANALÓGOVÉ SIGNÁLY PRE PLC

Zo začiatku boli PLC obmedzené len na digitálne vstupno-výstupné rozhrania. Toto obmedzenie znamenalo, že sme ku PLC mohli pripojiť zariadenia typu vypnuté alebo zapnuté. Dnes už je k dispozícii kompletný sortiment diskretných aj analógových rozhraní. [5]

Diskrétny signály mohli mať len dve úrovne (0/1). Pri analógových signáloch vieme mať týchto úrovní nespočetne. Typické analógové vstupy a výstupy sa pohybujú od 0 do 20 mA, od 4 do 20 mA alebo od 0 do 10 V. V tabuľke 2 vidíme prehľad týchto hodnôt. [5]

Tabuľka 2 Bežné hodnoty pre moduly analógových vstupov/výstupov [5]

Unipolárne		Bipolárne	
Napäťový	Prúdový	Napäťový	Prúdový
0 V až +5 V	0 mA až 20 mA	-5 V až +5 V	-20 mA až +20 mA
0 V až +10 V	4 mA až 20 mA	-10 V až +10 V	-10 mA až +10 mA
0 V až +20 V	0 mA až 50 mA	-20 V až +20 V	-5 mA až +5 mA

3.1 Analógové moduly

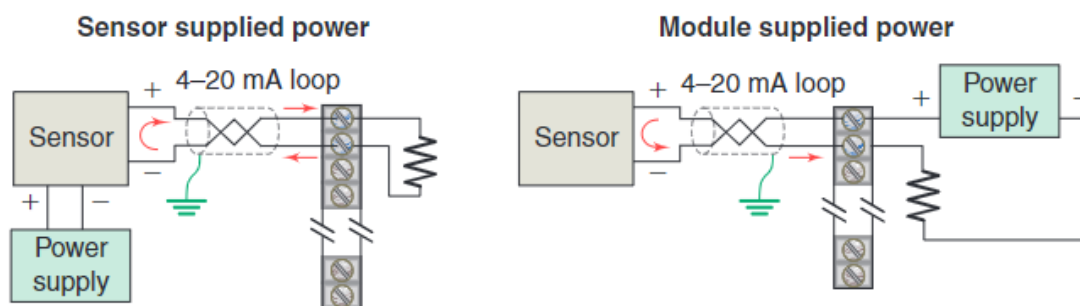
Pre prácu s analógovými signálmi je potrebné použiť analógové moduly. Tieto moduly sú potrebné na použitie v priemysle, kde je potrebné meranie (práca s fyzikálnymi veličinami ako je teplota, rýchlosť, hladina, tlak) a riadenie.

3.1.1 Analógové vstupné moduly

Moduly analógových vstupov majú zvyčajne viacero kanálov, ktoré umožňuje prepojenie s PLC. Dva základné typy pre analógové vstupné moduly sú so snímaním prúdu a napätia. Analógové snímače merajú meniacu sa fyzikálnu veličinu a v určitom rozsahu generujú prúd alebo napätie. [5]

Analógový signál sa prevádza na digitálny signál pomocou analógovo-digitálneho (A/D) prevodníka, ktorý je hlavným prvkom modulu analógového vstupu. Dostupné sú dva typy vstupných analógových modulov a to unipolárne a bipolárne. Unipolárne sa používa pri zariadeniach, ktoré na výstupe generujú signál napríklad 0 V až 10 V. Signál sa mení len v kladom smere. Bipolárne sa použije v prípade, ak sa signál pohybuje medzi maximálnou zápornou hodnotou a maximálnou kladnou hodnotou. Pre príklad, ak máme zariadenie, ktoré generuje na výstupe signál od -10 V do +10 V. [5]

Pri pripájaní vstupov na snímače napätia je dôležité, aby boli dodržované špecifikované požiadavky na dĺžku vodičov, aby sa minimalizovalo zhoršenie signálu a účinky elektromagnetického rušenia indukovaného pozdĺž vodičov. Prúdové vstupné signály väčšinou nie sú vzdialenostne obmedzené, pretože nie sú až tak citlivé na šum ako napäťové signály. Pri prúdových moduloch môže byť napájanie slučky dodávané snímačom alebo môže byť zabezpečené výstupným modulom. Tieto zapojenia vidíme na obrázku 3.1. [5]



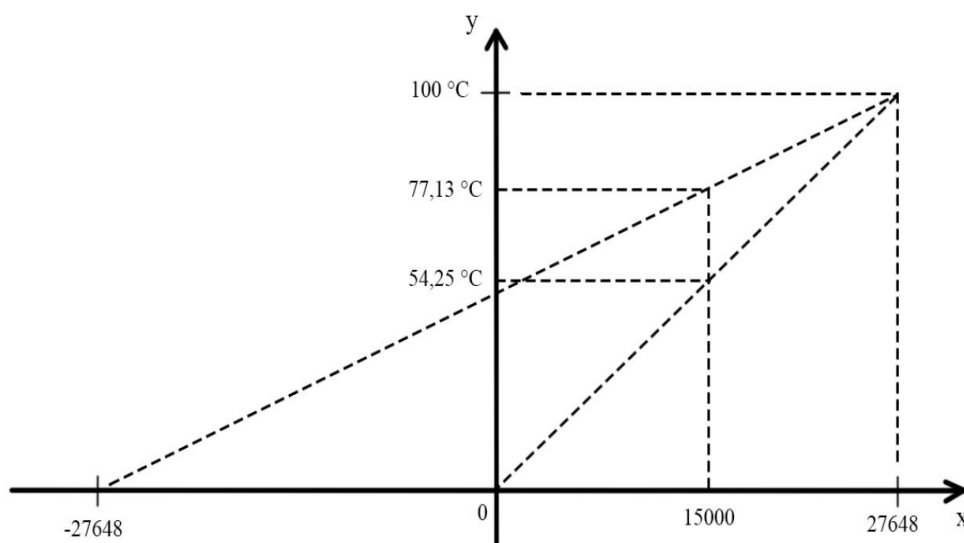
Obrázok 3.1 Napájanie snímača a analógového modulu [5]

3.1.2 Analógové výstupné moduly

Analógové výstupné moduly prijímajú z procesora digitálne údaje, ktoré sa konvertujú na proporcionálne napätie alebo prúd na ovládanie analógového zariadenia. Pri vstupných analógových moduloch sa na prevod analógových hodnôt na digitálne používal A/D prevodník. Pri výstupných moduloch sa používa digitálno-analógový (D/A) prevodník na prevod digitálnej hodnoty na analógovú. Analógový výstupný signál je spojito sa meniaci, ktorý sa mení pod kontrolou programu PLC. Medzi zariadenia, ktoré sa zväčša pripájajú na výstupné analógové moduly patria regulačné ventily, elektronické pohony, zapisovač diagramov a iné typy zariadení, ktoré reagujú na analógové signály. [5]

3.2 Štandardizácia a deštandardizácia analógových hodnôt

Vstupné analógové moduly generujú číselné hodnoty typu integer, tiež nazývané ako periférne hodnoty. Reprezentujú meranú veličinu, ktorou môže byť napríklad teplota. Ak chceme pracovať s inžinierskymi hodnotami (pri teplote to sú napr. °C), je potrebné hodnoty previesť. Táto procedúra sa nazýva štandardizácia. Opak tejto procedúry je deštandardizácia, ktorá prevádza inžiniersku hodnotu znova na periférnu. [4]



Obrázok 3.2 Štandardizácia analógovej hodnoty

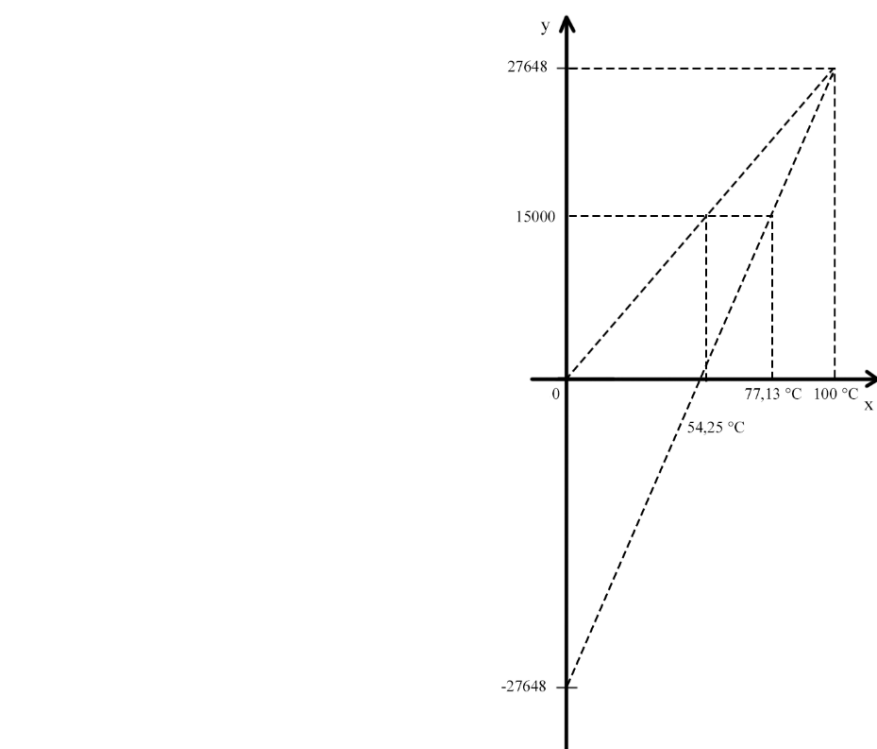
Na obrázku 3.2 je zobrazený príklad štandardizácie. Hodnoty na osi x reprezentujú periférne hodnoty v rozsahu 0 až 27648 pre unipolárnu vstupnú hodnotu a -27648 až 27648 pre bipolárnu vstupnú hodnotu. Osa y reprezentuje inžinierske hodnoty teploty v rozsahu 0 až 100 °C. Hodnoty 54,25 °C a 77,13 °C sú vypočítané hodnoty, ktoré zodpovedajú periférnej hodnote 15000. Hodnoty sú vypočítané podľa nasledujúceho vzťahu:

$$y = \frac{x - k_1}{k_2 - k_1} * (MAX - MIN) + MIN \quad (3.1) [4]$$

Kde je	x	vstupná periférna hodnota
	y	požadovaná inžinierska hodnota
	k ₁	minimálna periférna hodnota
	k ₂	maximálna periférna hodnota
	MAX	maximálna inžinierska hodnota
	MIN	minimálna inžinierska hodnota

Na obrázku 3.3 vidíme opak štandardizácie, čím je deštandardizácia. Hodnoty na osiach x a y sú prehodené, keďže prevádzame inžiniersku hodnotu na periférnu. Prevod vyjadríme podľa nasledujúceho vzťahu:

$$y = \frac{x - MIN}{MAX - MIN} * (k_2 - k_1) + k_1 \quad (3.2) [4]$$



Obrázok 3.3 Dešandardizácia analógovej hodnoty

4 NÁVRH SIMULÁTORU

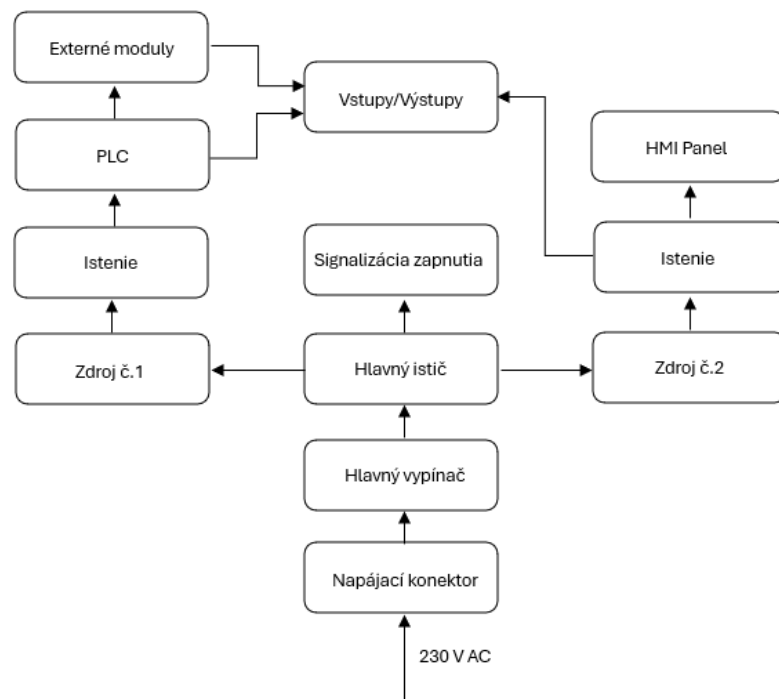
Táto kapitola sa zaoberá návrhom simulátoru vstupov a výstupov s PLC rady Micro800 od firmy Allen-Bradley. V podkapitolách je rozobraný návrh samotného simulátoru a popis použitých komponentov.

4.1 Pôvodný simulátor

Práca vychádza z pôvodného simulátoru, ktorého hlavnou časťou bolo micro PLC TSX17-20 od spoločnosti Telemecanique s pridaným externým modulom analógových vstupov a externým modulom analógových výstupov. PLC obsahovalo 8 diskretných výstupov a 12 diskretných vstupov. K PLC bolo pripojených 8 tlačidiel a 4 žiarovky. Dva potenciometre boli pripojené na modul analógových vstupov a dva ručičkové voltmetre boli pripojené na modul analógových výstupov. Tento simulátor taktiež obsahoval hlavné tlačidlo STOP a dva CANON konektory (CAN9 a CAN25).

4.2 Bloková schéma zapojenia

Pred výberom vhodných prvkov, ktoré sa použijú v simulátore, sa naštudovali užívateľské manuály k PLC a jeho modulom. Na základe týchto štúdií sa navrhlo blokové schéma, ktoré slúži ako náčrt toho, ako sa tento simulátor zapojí. Schéma je zobrazená na obrázku 4.1.



Obrázok 4.1 Bloková schéma zapojenia simulátoru

4.3 Popis vstupov a výstupov simulátoru

Pôvodný simulátor bol modifikovaný a boli mu pridané vstupy a výstupy. Simulátor pozostáva z nasledujúcich vstupov a výstupov:

- Napájací vstup (230 V AC)
- 2 Komunikačné vstupy/výstupy Ethernet
- Komunikačný vstup/výstup USB
- 8 tlačidiel/prepínačov
- 8 LED žiaroviek (24 V AC/DC)
- 1 hlavný vypínač
- 1 signalizačná žiarovka (230 V AC)
- 2 potenciometre
- 2 digitálne voltmetre
- 2 CANON konektory (CAN9, CAN25)

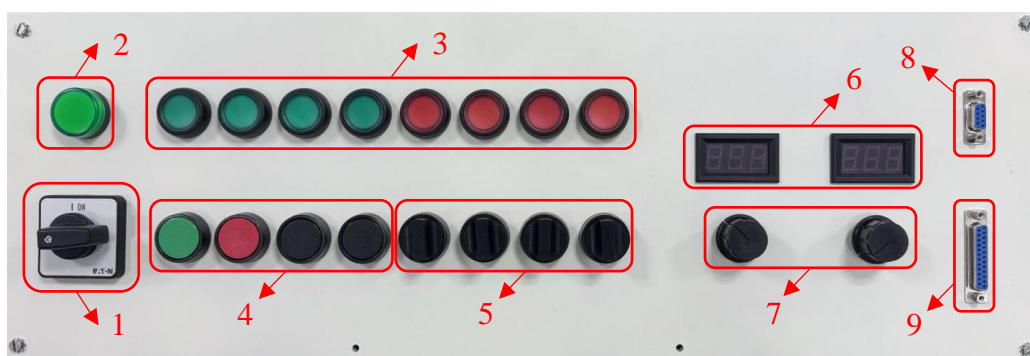
V nasledujúcich kapitolách sú časti simulátoru bližšie popísané.

4.4 Predný panel

Na základe modifikácie simulátoru bol navrhnutý nový predný panel namiesto pôvodného, aby lepšie vyhovoval potrebám simulátoru. Panel bol nakreslený v CAD softvéri NX od spoločnosti Siemens. Výkres vidíme v prílohe Príloha C - Obrázok C 1. Na obrázku 4.2 je zobrazený a popísaný výsledný predný panel.

Popis panelu:

1. Hlavný vypínač
2. Signalizačná žiarovka
3. LED žiarovky
4. Tlačidlá
5. Prepínače
6. Voltmetre
7. Potenciometre
8. Konektor CAN9
9. Konektor CAN25



Obrázok 4.2 Osadený predný panel

4.5 Napájanie a istenie

Napájanie simulátoru je zabezpečené zo siete TN-S (230 V AC, 50 Hz) eurokonektorom s poistkou zo strany simulátoru. Z eurokonektoru je to vedené cez hlavný vypínač na jednopólový istič. Istič má menovitý prúd 6 A a je charakterizovaný vypínacou charakteristikou typu C. Z ističa je to ďalej vedené cez signalizačnú žiarovku na zdroje elektrického napätia od firmy Allen-Bradley 2080-PS120-240VAC. Zapojenie vidíme na schéme v Príloha B - Obrázok B 1.

4.5.1 Napájanie PLC a jeho periférií

K napájaniu PLC a jeho periférií sú použité dva zdroje PS120 od firmy Allen-Bradley. Zdroj č.1 zabezpečuje napájanie PLC, napájanie externých modulov a napájanie LED žiaroviek ako aj dva digitálne voltmetre a dva potenciometre. Zdroj č.2 zabezpečuje napájanie HMI panelu spoločne s napájaním možných externých zariadení cez CANON konektory. Tieto zdroje sú špecifikované nasledovnými parametrami v tabuľke 3.

Tabuľka 3 Špecifikácia napäťového zdroja PS120 [8]

Atribúty	Hodnoty
Vstupné napätie	120/240 V AC
Vstupný prúd	1/0,5 A
Výstupné napätie	24 V DC
Výstupný prúd	1,6 A DC
Celkov výkon	38,4 W
Pracovná teplota	-20...65 °C

V tabuľkách 4 a 5 je zobrazený prehľad pripojených zariadení k týmto zdrojom spolu s ich odoberaným výkonom.

Tabuľka 4 Veľkosť odoberaného výkonu pre zdroj č.1

Zariadenie	Katalógové číslo	Spotreba
PLC	2080-LC70-24QBB	8 W
Modul analógových vstupov	2085-IF8	1,75 W
Modul analógových výstupov	2085-OF4	3,7 W
Modul digitálnych vstupov	2085-IQ16	4,5 W
Modul digitálnych výstupov	2085-OB16	5 W
4x zelená LED žiarovka	800F-N3G	1,632 W
4x červená LED žiarovka	800F-N3R	1,632 W
2x voltmeter	-	0,864 W
2x potenciometer	-	0,08 W
Celkový výkon		27,158 W

Tabuľka 5 Veľkosť odoberaného výkonu pre zdroj č.2

Zariadenie	Katalógové číslo	Spotreba
HMI Panel	2711R-T10T	14 W
Celkový výkon		14 W

4.5.2 Istenie PLC a jeho periférií

Istenie PLC a jeho periférií sa realizuje pomocou trubičkových poistiek. Je to typ bezpečnostného zariadenia, ktorého hlavným cieľom je ochrániť obvod pred vysokým prúdom alebo skratom. V prípade skratu alebo vysokého prúdu sa pretaví tavný drôtik a obvod sa rozpojí. V obvode sú použité 2 A sklenené trubičkové poistky pre každú kladnú vetvu zdroja. Poistky sú uložené v poistných svorkách.

4.6 PLC a HMI Panel

Hlavnú časť simulátoru tvoria PLC a HMI panel. PLC vykonáva riadenie celého simulátoru na základe naprogramovaného kódu. Na druhej strane HMI panel slúži ako náhrada fyzických vstupov a výstupov simulátoru. Prostredníctvom HMI panelu je možné riadiť simulátor ako aj pozorovať stavy výstupných veličín.

4.6.1 PLC

Použité modulárne PLC Micro870 je od firmy Allen-Bradley s katalógovým číslom 2080-LC70-24QBB. PLC obsahuje 14 diskretných vstupov a 10 diskretných výstupov. Je naň možné pripojiť 3 plug-in moduly a 4 expanzné moduly bez modulu externého napájania. Bližšie špecifikácie vidíme v tabuľke 6.

Tabuľka 6 Špecifikácia PLC Micro870 [6]

Atribúty	2080-LC70-24QBB
Napájanie	24 V DC
Programovací port	USB 2.0 (neizolovaný)
Komunikačný port	RS-232/RS-458 neizolovaný
Zabudované I/O	24
Analógové I/O	cez expanzné I/O a plug-in moduly
Počet plug-in modulov	3
Maximálny počet digitálnych I/O	304
Software	Connected Components Workbench
Programové kroky	20 K
Data byte	40 KB
IEC 61131-3 jazyky	LD, FBD, ST

PLC je napájané zo zdroja na 24 V DC a je naň pripojený jeden plug-in modul a štyri expanzné moduly, ktoré sú popísané v kapitolách nižšie. Štyri tlačidlá a štyri prepínače sa pripájajú na diskkrétne vstupy a osem LED žiaroviek je pripojených na diskkrétne výstupy.

4.6.2 HMI panel

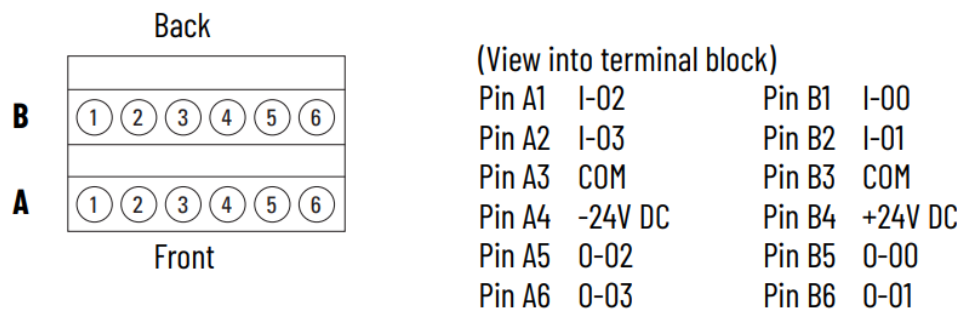
V simulátore sa používa 10 palcový HMI panel od firmy Allen-Bradley s katalógovým číslom 2711R-T10T. Zo skupiny PanelView™ 800 je to najväčší panel. V tabuľke 7 sú popísané jeho bližšie špecifikácie.

Tabuľka 7 Špecifikácia HMI Panel [7]

Atribúty	2711R-T10T
Rozlíšenie	800 x 600 SVGA
Typ displeju	TFT dotyková obrazovka, široký LCD
Životnosť displeju	40000 hodín
Farby	65000
Podsvietenie	LED
Napájanie	24 V DC
Operačný systém	Microsoft Windows CE 6.0
Požiadavky na napájanie (max)	14 W
Operačná teplota	0°...50 °C
Komunikačné rozhranie	RS232/RS422/485, Ethernet 10/100 Mbps, USB 2.0
Rozmery	225 x 287 x 55 mm

4.6.3 Plug-in modul

Plug-in moduly sú doplnkové moduly, ktoré je možné pripojiť ku PLC. Moduly poskytujú rozšírenie pre vstupy a výstupy, rôzne komunikačné rozhrania alebo špeciálne funkcie ako sú časovače, čítače a pod.. V simulátore je použitý modul digitálnych vstupov a výstupov s katalógovým číslom 2080-IQ4OB4. Na obrázku 4.3 vidíme schému vývodov pre zapojenie tohto modulu. Jeho bližšiu špecifikáciu vidíme v katalógovom liste od firmy Allen-Bradley ([12]).



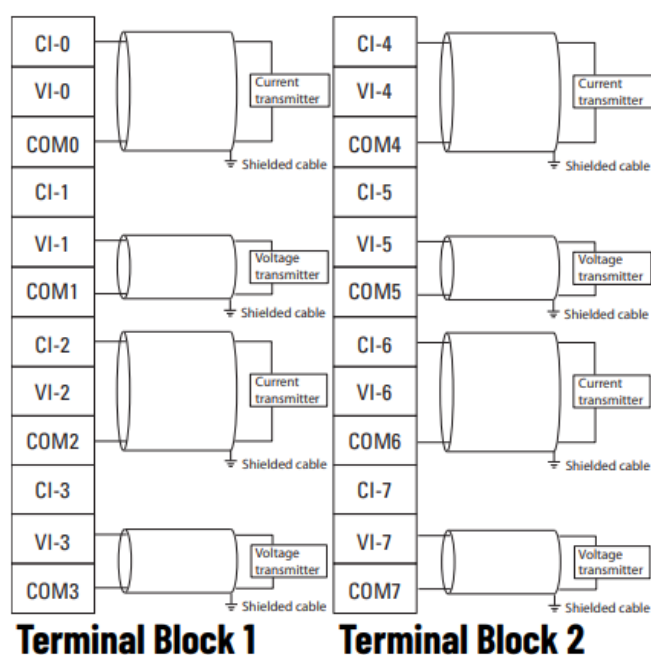
Obrázok 4.3 Schéma vývodov plug-in modul 2080-IQ4OB4 [12]

4.6.4 Expanzné moduly

Expanzné moduly podobne ako plug-in moduly sa používajú ako doplnkové moduly pre rozšírenie možností základných PLC. V simulátore sú použité štyri expanzné moduly. Používajú sa dva analógové a dva digitálne moduly vstupov a výstupov. Moduly sú bližšie popísané v texte nižšie.

Modul analógových vstupov 2085-IF8

Modul má osem analógových vstupov. Vstupy sú rozdelené na prúdový a napäťový terminál. Na dva napäťové terminály sú privedené svorky bežcov z potenciometrov. Spôsob zapojenia tohto modulu vidíme na obrázku 4.4. Špecifikácia tohto modulu je v tabuľke 8.

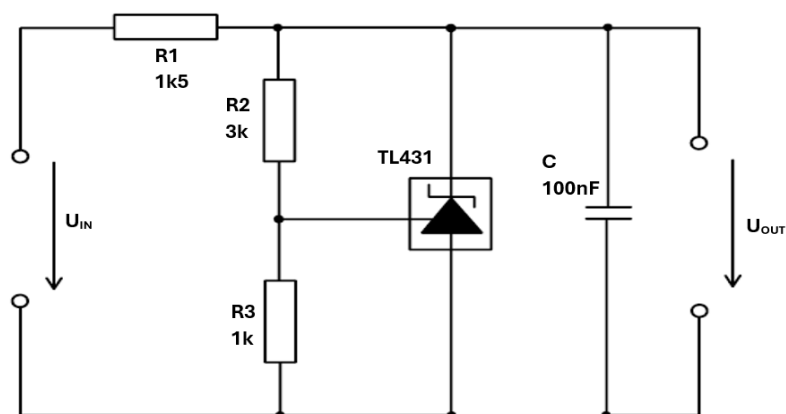


Obrázok 4.4 Schéma zapojenia modulu 2085-IF8 [11]

Tabuľka 8 Špecifikácia modulu 2085-IF8 [11]

Atribúty	2085-IF8
Počet vstupov	8
Max. prúd tečúci zbernicou	5 V DC, 110 mA, 24 V DC, 50 mA
Celkový stratový výkon	1,75 W
Indikátory stavu	1 zelený indikátor behu, 8 červených indikátorov chyby
Izolačné napätie	50 V (nepretržite), testované pri 720 V DC pre 60 s
Rozlíšenie	14 bitov (13bitov plus znamienkový bit)
Napätie	1,28 mV/cnt unipolar; 1,28 mV/cnt bipolar
Prúd	1,28 μ A/cnt
Prúdový vstup	4...20 mA (pôvodné), 0...20 mA
Napät'ový vstup	\pm 10 V, 0...10 V
Vstupná impedancia	napät'ový vstup >1 M Ω , prúdový vstup <100 Ω
Maximálne preťaženie	30V alebo 32 mA nepretržite, pre kanál

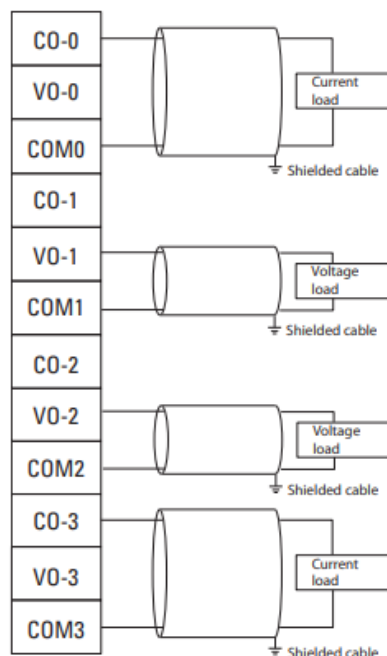
Pre modul bola navrhnutá stabilizácia na 10 V, aby bolo zabezpečené konštantné napätie na potenciometroch pri prípadnom poklese napätia v obvode. Hlavný prvok tejto stabilizácie tvorí referencia TL431 od firmy Texas Instruments. Schéma tohto zapojenia je na obrázku 4.5 a jej návrh vychádza z dokumentácie referencie ([13]).



Obrázok 4.5 Schéma zapojenia stabilizácie na 10 V

Modul analógových výstupov 2085-OF4

Je to modul, ktorý ponúka pripojiť na svoj výstup napäťovú alebo prúdovú záťaž. V našom prípade je to zapojené ako napäťová záťaž. Na výstupy VO-0 a VO-1 sú pripojené dva rezistory, na ktorých sa meria napätie voltmetrami. Rezistory sú zvolené o hodnote $3,6\text{ k}\Omega$, aby nebolo prekročené maximálne prúdové zaťaženie na výstupe, ktoré odpovedá hodnote 3 mA. Zapojenie modulu vidíme na obrázku 4.6. V tabuľke 9 sú popísané parametre tohto modulu.



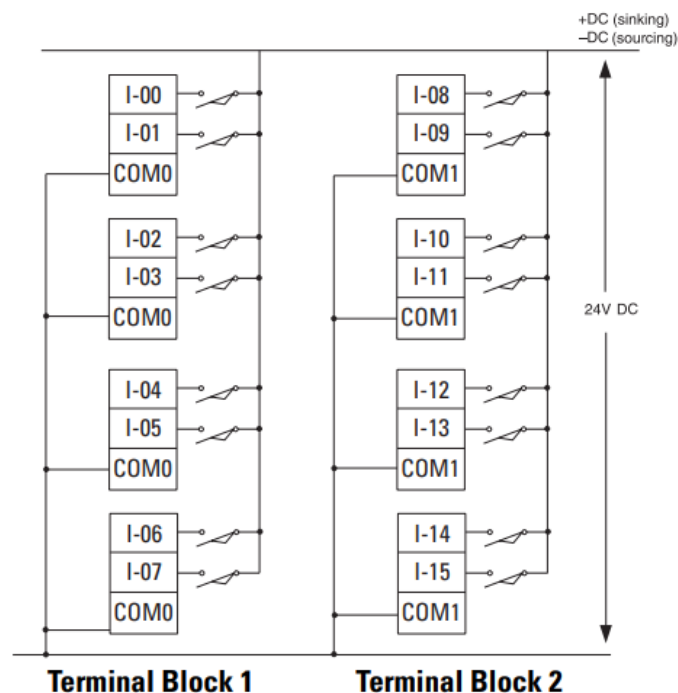
Obrázok 4.6 Schéma zapojenia modulu 2085-OF4 [11]

Tabuľka 9 Špecifikácia modulu 2085-OF4 [11]

Atribúty	2085-OF4
Počet výstupov	4
Max. prúd tečúci zbernicou	5 V DC, 160 mA, 24 V DC, 120 mA
Celkový stratový výkon	3,7 W
Indikátory stavu	1 zelený indikátor behu
Izolačné napätie	50 V (nepretržite), testované pri 720 V DC pre 60 s
Rozlíšenie	12 bitov (11 bitov plus znamienko bipolar)
Napätie	2,56 mV/cnt unipolar; 5,13 mV/cnt bipolar
Prúd	5,13 μ A/cnt
Prúdový výstup	4...20 mA (pôvodné), 0...20 mA
Napäťový výstup	± 10 V, 0...10 V
Max. prúdové zaťaženie na výstupe	3 mA
Odporové zaťaženie na výstupe	24 V DC, 15...50 Ω

Modul digitálnych vstupov 2085-IQ16

Jedná sa o modul šiestnástich digitálnych vstupov. Vstupy sú vyvedené cez CANON konektor (CAN25) pre ich možnosť externého použitia. Ako sa moduly zapájajú je znázornené na obrázku 4.7. V tabuľke 10 nájdeme špecifikáciu tohto modulu. Zapojenie modulu a CANON konektoru je zobrazené na schéme v prílohe Príloha B - Obrázok B 8.



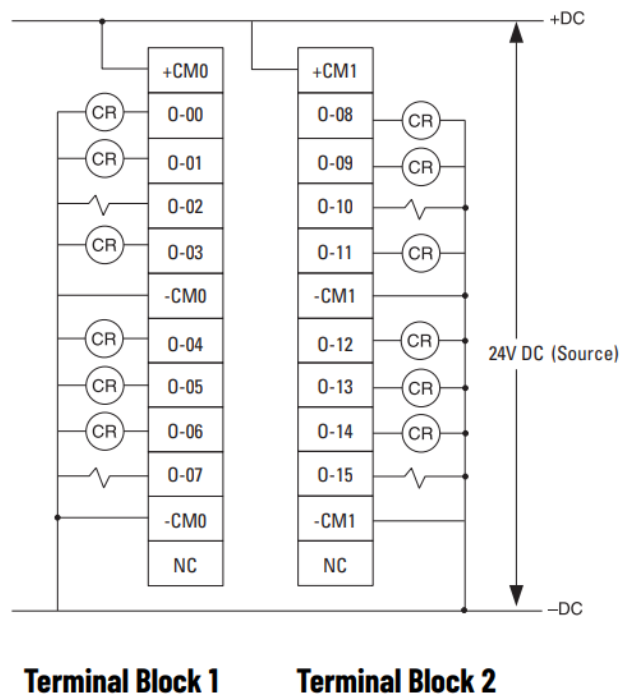
Obrázok 4.7 Schéma zapojenia modulu 2085-IQ16 [10]

Tabuľka 10 Špecifikácia modulu 2085-IQ16 [10]

Atribúty	2085-IQ16
Počet vstupov	16
Max. prúd tečúci zbernicou	5 V DC, 170 mA
Typ vstupného okruhu	24 V AC/DC sink/source
Celkový stratový výkon	4,5 W
Napájanie	24 V DC
Indikátory stavu	16 žltých indikátorov
Izolačné napätie	50 V (nepretržite), testované pri 720 V DC pre 60 s
Rozsah operačného napätia	10...30 V DC, 2,6...26,4 V AC
Max. napätie pri log.0	5 V DC
Max. prúd pri log.0	1,5 mA
Min. prúd pri log.1	10 V DC, 1,8 mA
Nom. prúd pri log.1	24 V DC, 6,0 mA
Max. prúd pri log.1	30 V DC, 8,0 mA
Vstupná impedancia	3,9 k Ω

Modul digitálnych výstupov 2085-OB16

Modul má 16 digitálnych výstupov. Výstupy sú podobne ako u modulu 2085-IQ16 vyvedené cez CANON konektory (CAN25 a CAN9) pre externé využitie tohto modulu. Spôsob zapojenia modulu vidíme na obrázku 4.8. V tabuľke 11 sú popísané parametre tohto modulu. Zapojenie modulu a CANON konektoru je zobrazené v Príloha B - Obrázok B 9.



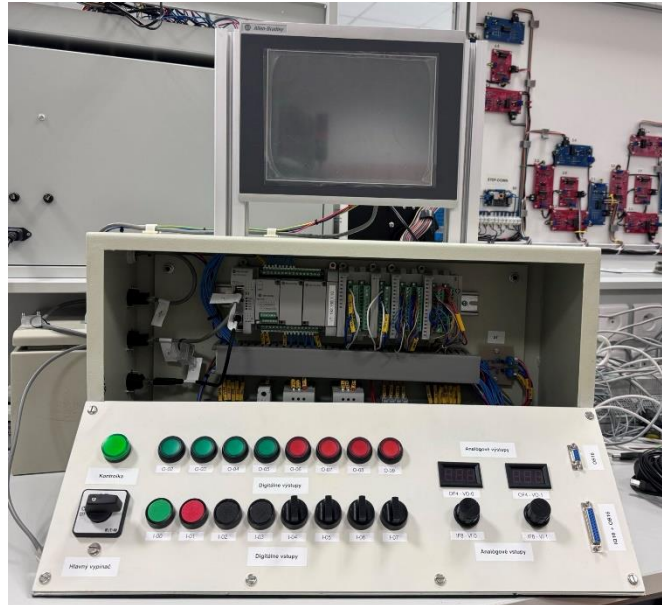
Obrázok 4.8 Schéma zapojenia modulu 2085-OB16 [9]

Tabuľka 11 Špecifikácia modulu 2085-OB16 [9]

Atribúty		2085-OB16
Počet výstupov		16 (sourcing)
Max. prúd tečúci zbernicou		5 V DC, 200 mA
Typ vnútorného okruhu		24 V DC source
Celkový stratový výkon		5 W
Napájanie		24 V DC
Indikátory stavu		16 žltých indikátorov
Izolačné napätie		50 V (nepretržite), testované pri 720 V AC pre 60 s
Rozsah operačného napätia		10...30 V DC
Min. napätie pri log.1		10 V DC
Nom. napätie pri log.1		24 V DC
Max. napätie pri log.1		30 V DC
Max. prúd pri log.1		30 V DC, 0,5 A pre výstup, 8 A pre modul

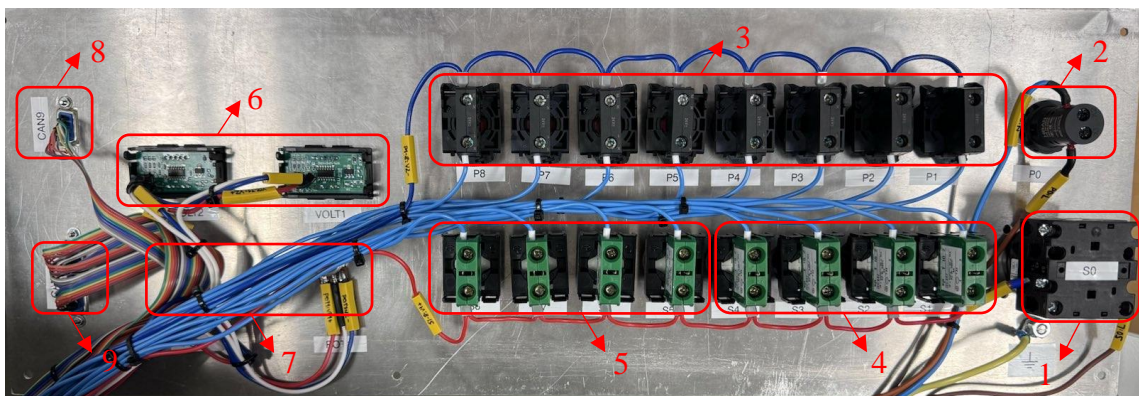
5 KONEČNÉ ZARIADENIE

Na obrázku 5.1 je zobrazený výsledný simulátor. Jednu z hlavných častí tvorí ovládací panel, ktorý je umiestnený v prednej časti simulátoru. Vo vnútri simulátoru sa nachádza PLC spoločne so zdrojmi elektrického napätia a ochrannými prvkami.



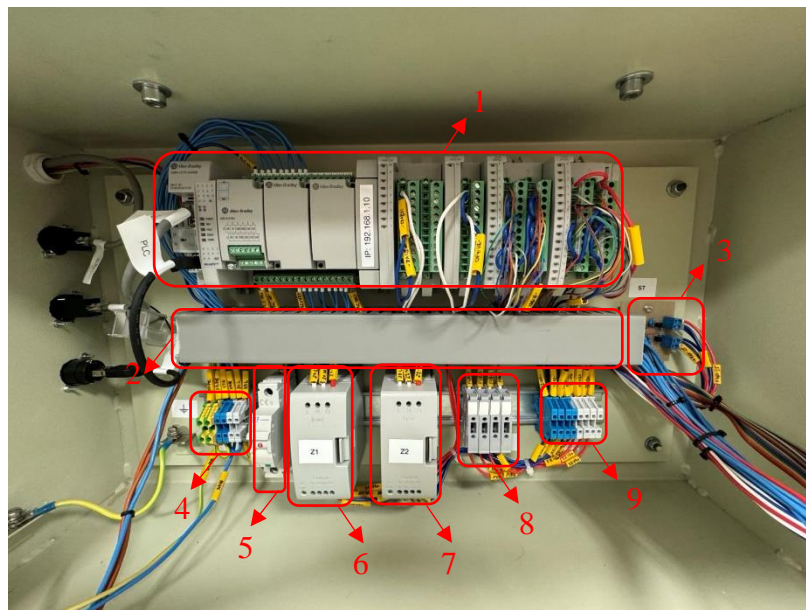
Obrázok 5.1 Konečný simulátor – pohľad spredu

Vnútorňú stranu predného panelu vidíme na obrázku 5.2. Predný panel je spoločne s konštrukciou simulátoru a panelom, na ktorom je umiestnené PLC, uzemnené.



Obrázok 5.2 Vnútorňá strana predného panelu

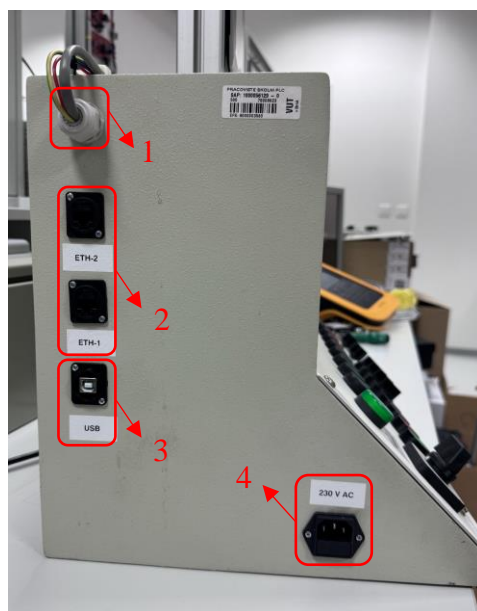
1. Hlavný vypínač
2. Signalizačná žiarovka
3. LED žiarovky
4. Tlačidlá
5. Prepínače
6. Voltmetre
7. Potenciometre
8. Konektor CAN9
9. Konektor CAN25



Obrázok 5.3 Panel pre umiestnenie PLC

1. PLC a expanzné moduly
2. Káblový žľab
3. Stabilizácia na 10V
4. Svorkovnice na napájanie
5. Istič
6. Zdroj č.1
7. Zdroj č.2
8. Poistkové svorky
9. Svorkovnica zdrojov

Na vrchu simulátoru je umiestnený HMI panel, pričom napájacie a komunikačné káble sú vedené dovnútra simulátora cez otvor na bočnej strane. Bočná strana simulátoru je zobrazená na obrázku 5.4.



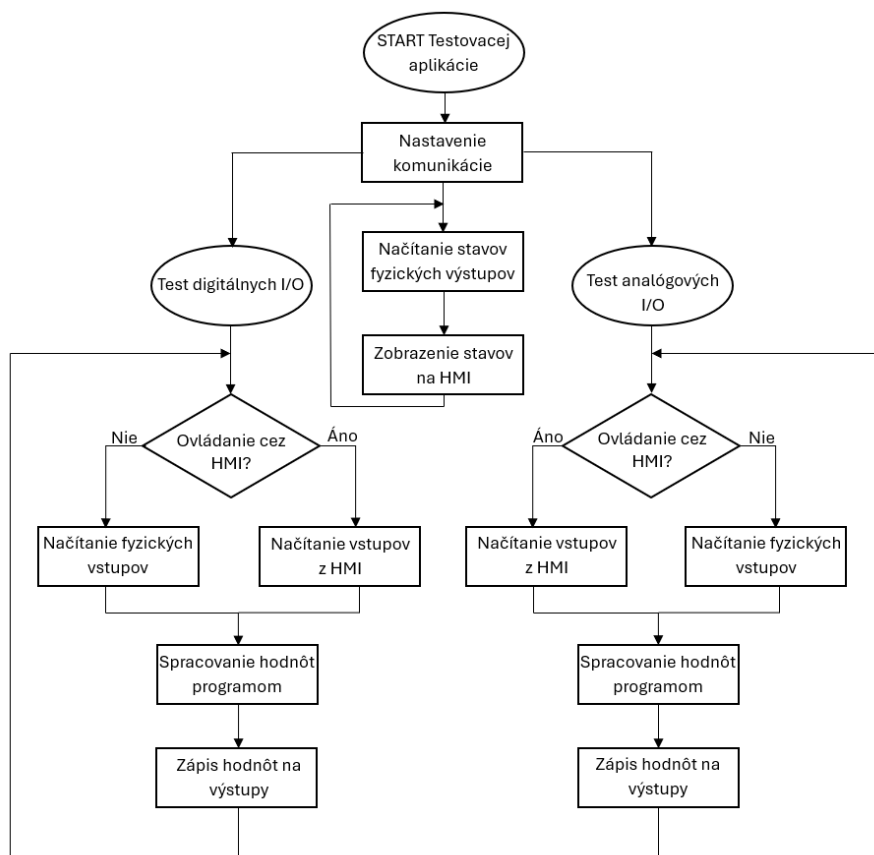
Obrázok 5.4 Konečný simulátor – pohľad z boku

1. Otvor na zvod káblov z HMI
2. Ethernet konektory
3. USB konektor
4. Eurokonektor

6 TESTOVACIA APLIKÁCIA

6.1 Požiadavky na aplikáciu

Testovacia aplikácia zohráva hlavnú úlohu pri overovaní funkčnosti simulátoru a musí spĺňať určité požiadavky. Kapitola popisuje požiadavky, ktoré bolo potrebné stanoviť pred samotným programovaním testovacej aplikácie. Na obrázku 6.1 je znázornený vývojový diagram aplikácie.



Obrázok 6.1 Vývojový diagram testovacej aplikácie

6.1.1 Kompatibilita

Prvým najdôležitejším bodom je, aby testovacia aplikácia bola plne kompatibilná so simulátorom vstupov a výstupov. Kompatibilitu delíme do troch skupín a to na hardwarovú, softwarovú a dátovú. Hardwarová kompatibilita znamená, že aplikácia bude schopná pracovať s fyzickými vstupmi a výstupmi simulátoru. Na druhej strane softwarová kompatibilita nám hovorí, že aplikácia bude musieť vedieť komunikovať s PLC, ako aj správne používať možné funkcie a nástroje. Poslednou skupinou je dátová kompatibilita, ktorá nám zabezpečuje, aby boli zaistené rovnaké dátové formáty medzi aplikáciou a PLC.

6.1.2 Využitie vstupov a výstupov

Ďalším bodom je využitie všetkých možných vstupov a výstupov. Aplikácia musí otestovať všetky digitálne, ako aj všetky analógové vstupy a výstupy. Týmto spôsobom bude možné určiť, že simulátor je funkčný a užívateľ bude schopný používať a pracovať so všetkými vstupmi a výstupmi.

6.1.3 Možnosť ovládania

Poslednou požiadavkou je možnosť ovládania. Keďže simulátor pozostáva taktiež z HMI panelu, aplikácia musí byť naprogramovaná tak, aby otestovala prepojenie medzi PLC a HMI. To znamená, že simulátor bude možné ovládať pomocou HMI panelu, na ktorom budú zobrazované stavy jednotlivých vstupov a výstupov.

6.2 Vývojové prostredie

Aplikácia bola naprogramovaná vo vývojom prostredí Connected Components Workbench (CCW) od spoločnosti Rockwell Automation. Vývojové prostredie je určené pre programovanie a konfiguráciu PLC, HMI a iných zariadení, ktoré sú v tomto ekosystéme. Podporuje tri programovacie jazyky akými sú štruktúrovaný text, funkčný blokový diagram a ladder diagram. Pri programovaní bola použitá verzia 12.00.00 - Standard Edition.

6.3 Konfigurácia zariadení

Pridanie a konfigurácia PLC a HMI je dôležitým krokom pre správne fungovanie programu. Pre PLC boli pridané jeho všetky externé moduly a plug-in modul. Prvé dva kanály externého modulu analógových vstupov 2085-IF8 boli nastavené na napäťový rozsah 0 V až 10 V a formát prenosu dát bol zvolený ako „Engineering Units“. Ostatné kanály ostali nepovolené. Kanály externého modulu analógových výstupov 2085-OF4 boli obdobne nastavené na napäťový výstup 0 V až 10 V pri dátovom formáte „Engineering Units“. Povolené kanály boli len prvá dva. Externé moduly digitálnych vstupov 2085-IQ16 a výstupov 2085-OB16 a plug-in modul 2080-IQ4OB4 ostali v pôvodných nastaveniach.

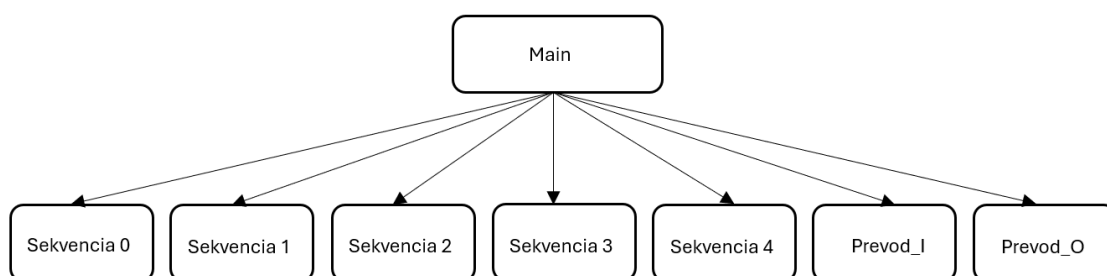
6.3.1 Komunikácia

Komunikovať s PLC Micro870 je možné tromi rôznymi spôsobmi. Využiť sa dá sériový port, USB port alebo Ethernet. V programe bolo povolené USB rozhranie a zamietnuté sériové. Pri rozhraní Ethernet bolo potrebné povoliť komunikačný port a nakonfigurovať IP adresu. Pre PLC bola nastavená IP adresa: 192.168.1.10 s maskou podsiete: 255.255.255.0.

HMI panel sa programuje pomocou sériovej linky alebo pomocou Ethernetu. Pre použitie rozhrania Ethernet sa nastavil komunikačný protokol na „Ethernet | Allen-Bradley CIP“. HMI panelu PanelView 800 sa nastavila statická IP adresa: 192.168.1.12 s maskou podsiete: 255.255.255.0.

6.4 Program

Program zaisťuje aby boli otestované všetky pripojené analógové a digitálne vstupy a výstupy a aby bolo možné ovládať simulátor pomocou HMI panelu. Program pozostáva z hlavného programu (Main), ktorý využíva užívateľom definované bloky, ktoré sú popísané nižšie v podkapitolách.



Obrázok 6.2 Blokový diagram programu

6.4.1 Main

Hlavný program „Main“ je určený na cyklické volanie funkčných blokov definovaných užívateľom. Každý funkčný blok predstavuje logiku, vďaka ktorej je možné otestovať všetky aspekty simulátoru. Na blokovom diagram programu, ktorý je na obrázku 6.2 vidíme, že v hlavnom programe je volaných sedem takýchto funkčných blokov. Všetky sú programované v jazyku LD.

6.4.2 Funkčný blok – Sekvencia0-4

Funkčné bloky „Sekvencia0“ až „Sekvencia4“ realizujú ovládanie digitálnych výstupov na základe aktuálnych stavov digitálnych vstupov. Každý jeden funkčný blok z tejto kategórie zabezpečuje odlišnú funkciu. Taktiež je zaistená ovládateľnosť pomocou HMI panelu, vďaka ktorému je možné simulovať jednotlivé stavy digitálnych vstupov alebo výstupov.

Sekvencia0

Prvý funkčný blok z tejto série je „Sekvencia0“. Jeho úlohou je zabezpečiť, aby bolo možné ovládať LED žiarovky P1-P4 pomocou tlačidiel S1-S4. Po stlačení jedného z týchto tlačidiel, sa rozsvieti jemu pridelená LED žiarovka. Týmto sa overí správnosť zapojenia tlačidiel S1-S4, ako aj žiaroviek P1-P4.

Sekvencia1-4

Funkčné bloky „Sekvencia1“ až „Sekvencia4“ sa zameriavajú na otestovanie správnosti zapojenia prepínačov S5-S8. Každý tento blok sa aktivuje pri prepnutí jedného z týchto prepínačov a vykonáva svoju vlastnú sekvenciu, aby bolo možné odlišiť, ktorý prepínač je prepnutý.

„Sekvencia1“ sa spustí ak sa prepne do zopnutého stavu prepínač S5. Pri sekvencii sa LED žiarovky P1-P8 začnú rozsviečovať v pol sekundových intervaloch od žiarovky P1 po žiarovku P8. Po rozsvietení všetkých žiaroviek žiarovky zhasnú a cyklus začne odznova. Pokiaľ bude prepínač S5 v zopnutom stave, tak cyklus sa bude opakovať.

„Sekvencia2“ vykonáva podobný cyklus ako „Sekvencia1“. Ak sa prepínač S6 prepne do aktívneho stavu, tak sa LED žiarovky S1-S8 začnú taktiež v pol sekundových intervaloch rozsviečovať ale v opačnom smere a to od žiarovky S8 po S1. Cyklus bude trvať a končiť rovnako ako pri predošlej sekvencii.

Posledné dve sekvencie vykonávajú podobný algoritmus ako predošlé. „Sekvencia3“ testuje správnosť zapojenia prepínača S7 cyklom, kde žiarovky sa rozsviečujú smerom od kraja do stredu, čo znamená od žiaroviek P1 a P8 ku žiarovkám P4 a P5. „Sekvencia4“ overuje prepínač S8, kde žiarovky idú opačne ako pri predošlej sekvencii a to od stredu ku kraju.

6.4.3 Funkčný blok – Prevod

Funkčný blok „Prevod“ má za úlohu otestovať správne zapojenie analógových vstupov a analógových výstupov. Zabezpečuje načítanie hodnôt obidvoch analógových vstupov, na ktoré sú pripojené potenciometre a prevádza tieto hodnoty pomocou funkcie „SCALLER“ na hodnotu napätia, ktoré je možné následne monitorovať na voltmetroch a na HMI panely. V prípade, že je HMI panel nastavený v režime „HMI“ namiesto „REAL“, algoritmus zaistí načítanie hodnôt potenciometrov z HMI panelu.

6.5 Vizualizácia

Vizualizácia HMI panelu bola vytvorená vo vývojom prostredí CCW a je rozdelená do štyroch hlavných obrazoviek: „Hlavný Panel“, „Digital I/O“, „Analog I/O“ a „Alarmy“. Každá z týchto obrazoviek je popísaná v podkapitolách nižšie.



Obrázok 6.3 Informačná lišta HMI Panelu

Informačnú lištu, ktorú vidíme na obrázku 6.3, obsahuje každá obrazovka. V ľavom rohu sa nachádza logo Fakulty elektrotechniky a komunikačných technológií, zatiaľ čo v pravom rohu je umiestnený aktuálny dátum a čas.



Obrázok 6.4 Navigačná lišta HMI Panelu

Na obrázku 6.4 je zobrazená navigačná lišta, ktorá sa nachádza na každej obrazovke. Vďaka tejto lište je používateľovi umožnené sa pohodlne prepínať medzi jednotlivými obrazovkami. Oranžová farba signalizuje aktívnu obrazovku.

6.5.1 Obrazovka - Hlavný Panel

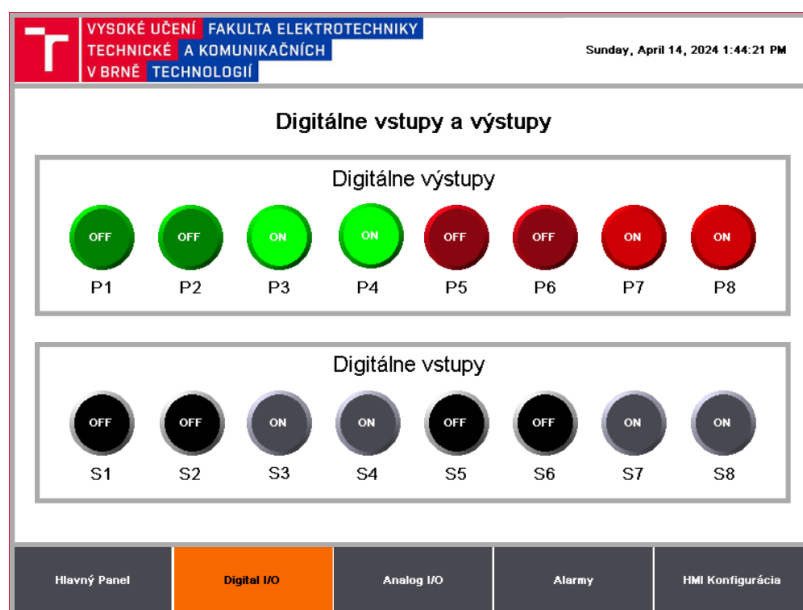
Prvá zo štyroch možných obrazoviek je obrazovka s názvom „Hlavný Panel“. Jej primárnym cieľom je poskytnúť informácie týkajúce sa tejto bakalárskej práce. Na obrazovke sú zobrazené údaje, ako je názov práce, jej typ, vedúci práce, autor a rok, kedy bola táto práca vypracovaná. Obrazovka sa nachádza na obrázku 6.5.



Obrázok 6.5 Obrazovka „Hlavný Panel“

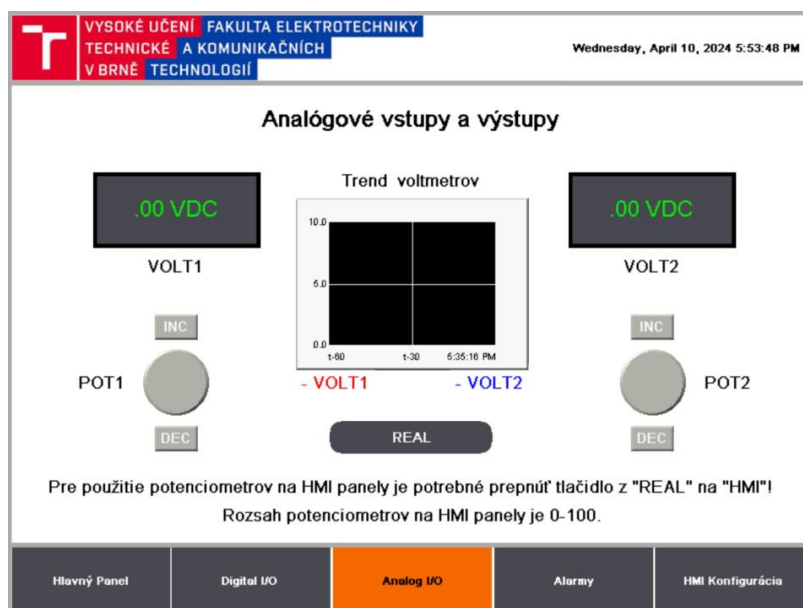
6.5.2 Obrazovka – Digital I/O

Po kliknutí na „Digital I/O“ v navigačnej lište, sa užívateľ dostane na druhú obrazovku, ktorú je ukázaná na obrázku 6.6. Pomocou tejto obrazovky sa ovládajú digitálne vstupy a výstupy simulátora. Obrazovka je rozdelená na dva bloky. Prvým blokom je blok výstupov, v ktorom je osem žiaroviek. Druhý je blok vstupov, kde S1-S4 sú tlačidlá a S5-S8 sú prepínače. Stav jednotlivých vstupov a výstupov sa rozlišujú farebne a nápismi „ON“ a „OFF“.



Obrázok 6.6 Obrazovka „Digital I/O“

6.5.3 Obrazovka – Analog I/O



Obrázok 6.7 Obrazovka „Analog I/O“

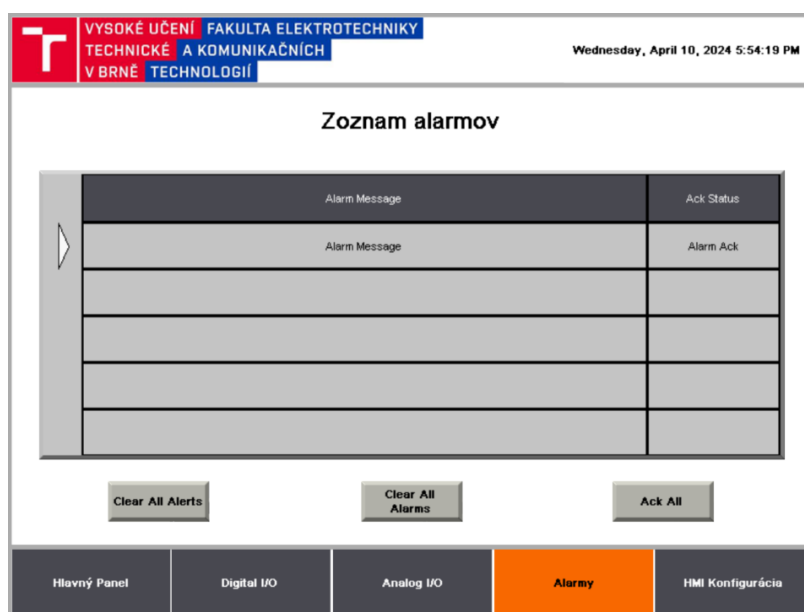
Tretou obrazovkou je „Analog I/O“. Jej funkciou je umožniť užívateľovi ovládanie analógových vstupov a výstupov. V hornej časti obrazovky sa nachádzajú dva voltmetre s označením „VOLT1“ a „VOLT2“. Potenciometre „POT1“ a „POT2“ sú umiestnené v dolnej časti obrazovky. Ich hodnoty sa nastavujú pomocou tlačidiel „INC“ (zvýšiť) alebo „DEC“ (znížiť) alebo číselným vstupom. V strede je umiestnený trend, ktorý

ukazuje hodnoty napätí za posledných 60 sekúnd. Pod týmto trendom sa nachádza prepínač, ktorý má dva stavy a to „REAL“ a „HMI“. Týmto prepínačom si užívateľ nastaví, či chce potenciometre ovládať pomocou HMI panelu alebo ručne na simulátore. Táto obrazovka je na obrázku 6.7.

6.5.4 Obrazovka – Alarmy

Obrazovka „Alarmy“ je poslednou vytvorenou obrazovkou. Slúži na prehľad vzniknutých alarmov, ktoré vznikli počas simulácie. Taktiež umožňuje tieto alarmy potvrdiť, poprípade ich odstrániť zo zoznamu. Obrazovku vidíme na obrázku 6.8.

Tlačidlo „HMI Konfigurácia“ presmeruje užívateľa do nastavení samotného HMI panelu.



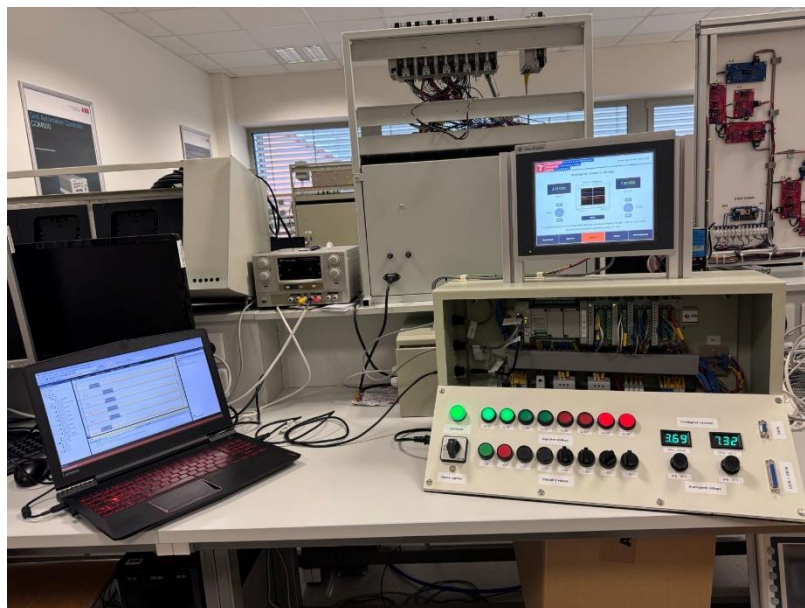
Obrázok 6.8 Obrazovka „Alarmy“

7 OVERENIE FUNKČNOSTI

Overovanie prebiehalo pre zapojenie simulátora so switchom, čo znamená, že zariadenia nebolo potrebné prepájať po nahratí programu. Toto zapojenie vidíme na obrázku 7.1. Rovnako bola funkčnosť overená pre zapojenie bez switchu (obrázok 7.2), pri ktorom je potrebné, aby užívateľ prepojil HMI panel a PLC po nahratí programu. Pri oboch typoch zapojení bola testovaná ich vzájomná komunikácia a správnosť testovacej aplikácie.



Obrázok 7.1 Zapojenie simulátora pomocou switchu



Obrázok 7.2 Zapojenie simulátora bez switchu

Pri zapojení so switchom sa po nahratí programov do zariadení najprv testovalo ovládanie pomocou vstupov na prednom paneli. Funkčnosť bola overovaná tým, že vstupy a výstupy správne reagovali podľa naprogramovaného programu. Po otestovaní fyzických vstupov a výstupov nasledovalo testovanie ovládania pomocou HMI panelu. PLC a HMI panel komunikovali cez sieť Ethernet, takže nebolo potrebné robiť žiadne zmeny v zapojení. Postupne boli otestované všetky obrazovky panelu a výsledok bol, podľa očakávania, správny.

Druhé zapojenie bolo bez switchu. Pri tomto zapojení sa do PLC nahral program pomocou USB rozhrania a do HMI panelu pomocou rozhrania Ethernet. Po nahratí programov, bolo ešte potrebné prepojiť PLC a HMI ethernetovým káblom. Overovací postup bol rovnaký ako pri predchádzajúcom zapojení a výsledky boli tiež v súlade s očakávaniami.

Pri oboch zapojeniach bola spozorovaná nezrovnalosť medzi hodnotami napätia voltmetroch na HMI paneli a na prednom paneli. Táto nezrovnalosť je spôsobená toleranciou fyzických voltmetrov, ktorej hodnota je $\pm 1\%$.

ZÁVER

Táto bakalárska práca sa zaoberala literárnou rešeršou diskretných a analógových signálov pre PLC, návrhom vybavenia simulátoru s PLC Micro800 a návrhom schém zapojení pre simulátor a následným prepojením a otestovaním daného návrhu.

Prvým krokom bolo spracovanie literárnej rešerše o štandardizovaných diskretných a analógových signáloch pre PLC. Rešerš bola mierená priamo na programovateľné automaty od firmy Allen-Bradley a pomohla nám získať širší prehľad o tejto problematike.

Ďalším krokom bolo navrhnutie vybavenia simulátoru. Návrh vychádzal s pôvodného simulátoru, ktorý obsahoval micro PLC TSX17-20 od spoločnosti Telemecanique s pridaným externým modulom analógových vstupov a externým modulom analógových výstupov. Návrh bol obmedzený pôvodnými rozmermi simulátoru. Novo navrhnuté zariadenie poskytuje osem digitálnych vstupov (štyri tlačidlá a štyri prepínače) a osem digitálnych výstupov (LED žiarovky). Simulátor poskytuje dva analógové vstupy (potenciometre) a dva analógové výstupy (voltmetre). Taktiež je možné k simulátoru pripojiť externé digitálne vstupy alebo výstupy prostredníctvom dvoch CANON konektorov (CAN25 a CAN9). Jadro celého simulátoru tvorí modulárne PLC Micro870 od firmy Allen-Bradley spoločne s externými modulmi diskretných a analógových vstupov a výstupov. Pre externý modul analógových vstupov bola navrhnutá stabilizácia na 10 V, aby pri prípadnom poklese napätia v obvode, bolo stále zabezpečené napätie na potenciometroch. K simulátoru je pripojený HMI panel, kde po jeho naprogramovaní môže užívateľ využívať vstupy a výstupy simulátoru.

Po navrhnutí vybavenia boli nakreslené schémy zapojenia simulátoru, ktoré sú v Príloha B - Schémy zapojenia. Po prepojení simulátoru podľa týchto schém, sa prešlo na posledný krok, čo bolo vytvorenie testovacej aplikácie vo vývojovom prostredí CCW.

Pred samotným programovaním testovacej aplikácie, sa stanovili podmienky, ktoré musela aplikácia spĺňať. Aplikácia zabezpečuje overenie funkčnosti všetkých zapojených digitálnych a analógových vstupov a výstupov ako aj ovládanie simulátoru cez HMI panel. Správna funkčnosť simulátoru bola overovaná pri zapojení pomocou switchu a bez switchu, aby bola otestovaná komunikácia medzi PC a PLC cez Ethernet a cez USB. Pri obidvoch zapojeniach boli výsledky podľa očakávaní správne. Simulátor bude slúžiť ako výuková pomôcka v laboratóriu a je plne funkčný.

LITERATÚRA

- [1] ZEŽULKA, František. Prostředky průmyslové automatizace. Brno: VUTUM, 2004. ISBN 80-214-2610-1.
- [2] ŠMEJKAL, Ladislav a MARTINÁSKOVÁ, Marie. PLC a automatizace. 1. díl, Základní pojmy, úvod do programování. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.
- [3] ŠTOHL, Radek. Programovatelné automaty. Prednáška. Brno: VUT, 2023-02-06. Dostupné z:
https://www.vut.cz/www_base/priloha_fs.php?dpid=186917&skupina=dokument_priloha. [cit. 2023-11-16]. Pre oprávněných uživatelův.
- [4] PÁSEK, Jan. Programovatelné automaty v řízení technologických procesů. Online, skripta. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2007. Dostupné z:
https://www.vut.cz/www_base/priloha_fs.php?dpid=185135&skupina=dokument_priloha. [cit. 2023-11-16]. Pre oprávněných uživatelův.
- [5] PETRUZELLA, Frank D. Programmable Logic Controllers. 4th. New York: McGraw-Hill Education, 2010. ISBN 978-0-07-351088-0.
- [6] ROCKWELL AUTOMATION INC. Bulletin 2080, 2085. Micro800 Programmable Controller Family. Datasheet. Jún 2023. Online. Dostupné z:
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/2080-sg001-en-p.pdf>. [cit. 2023-12-09].
- [7] ROCKWELL AUTOMATION INC. Component Level Human Machine Interface Solutions. PanelView™ 800. Datasheet. Február 2015. Online. Dostupné z:
<https://docs.rs-online.com/d0cf/0900766b81447273.pdf>. [cit. 2023-12-09].
- [8] ROCKWELL AUTOMATION INC. Catalog Number(s) 2080-PS120-240VAC. Micro800™ Programmable Controller External AC Power Supply. Datasheet. September 2010. Online. Dostupné z:
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2080-in001-en-p.pdf>. [cit. 2023-12-09].
- [9] ROCKWELL AUTOMATION INC. Catalog Numbers 2085-OV16, 2085-OB16. Micro800 16-point Sink and 16-point Source 12/24V DC Output Modules. Datasheet. November 2022. Online. Dostupné z:
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2085-in003-en-p.pdf>. [cit. 2023-11-23].
- [10] ROCKWELL AUTOMATION INC. Catalog Numbers 2085-IQ16, 2085-IQ32T. Micro800 16-point and 32-point 12/24V Sink/Source Input Modules. Datasheet. September 2012. Online. Dostupné z:
<https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2085-in001-en-p.pdf>. [cit. 2023-11-23].

- [11] ROCKWELL AUTOMATION INC. Catalog Numbers 2085-IF4, 2085-IF8, 2085-IF8K, 2085-OF4, 2085-OF4K. Micro800 4-channel and 8-channel Analog Voltage/Current Input and Output Modules. Datasheet. September 2012. Online. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/2085-in006_-en-p.pdf. [cit. 2023-12-09].
- [12] ROCKWELL AUTOMATION INC. Catalog Numbers 2080-IQ4, 2080-IQ4OB4, 2080-IQ4OV4, 2080-OB4, 2080-OV4. Micro800 Digital Input, Output, and Combination Plug-in Modules. Datasheet. Marec 2023. Online. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wd/2080-wd011_-en-p.pdf. [cit. 2023-12-09].
- [13] TEXAS INSTRUMENTS INC. TL431-Q1 / TL432-Q1 Adjustable Precision Shunt Regulator. Datasheet. Marec 2005. Online. Dostupné z: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl432-q1.pdf?ts=1699786221420&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F. [cit. 2024-15-04]

ZOZNAM SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratky:

FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií
VUT	Vysoké učení technické v Brne
PLC	Programmable Logic Controler
HMI	Human Machine Interface
I/O	Input/Output
IL	Instruction List
LD	Ladder Diagram
FBD	Function Block Diagram
ST	Structured Text
SFD	Sequential Function Char
PoE	Power over Internet
CCW	Connected Components Workbench

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA A - OBSAH PRILOŽENÉHO PAMÄŤOVÉHO DISKU	50
PRÍLOHA B - SCHÉMY ZAPOJENIA	51
PRÍLOHA C - PREDNÝ PANEL SIMULÁTORU	60

Príloha A - Obsah priloženého pamäťového disku

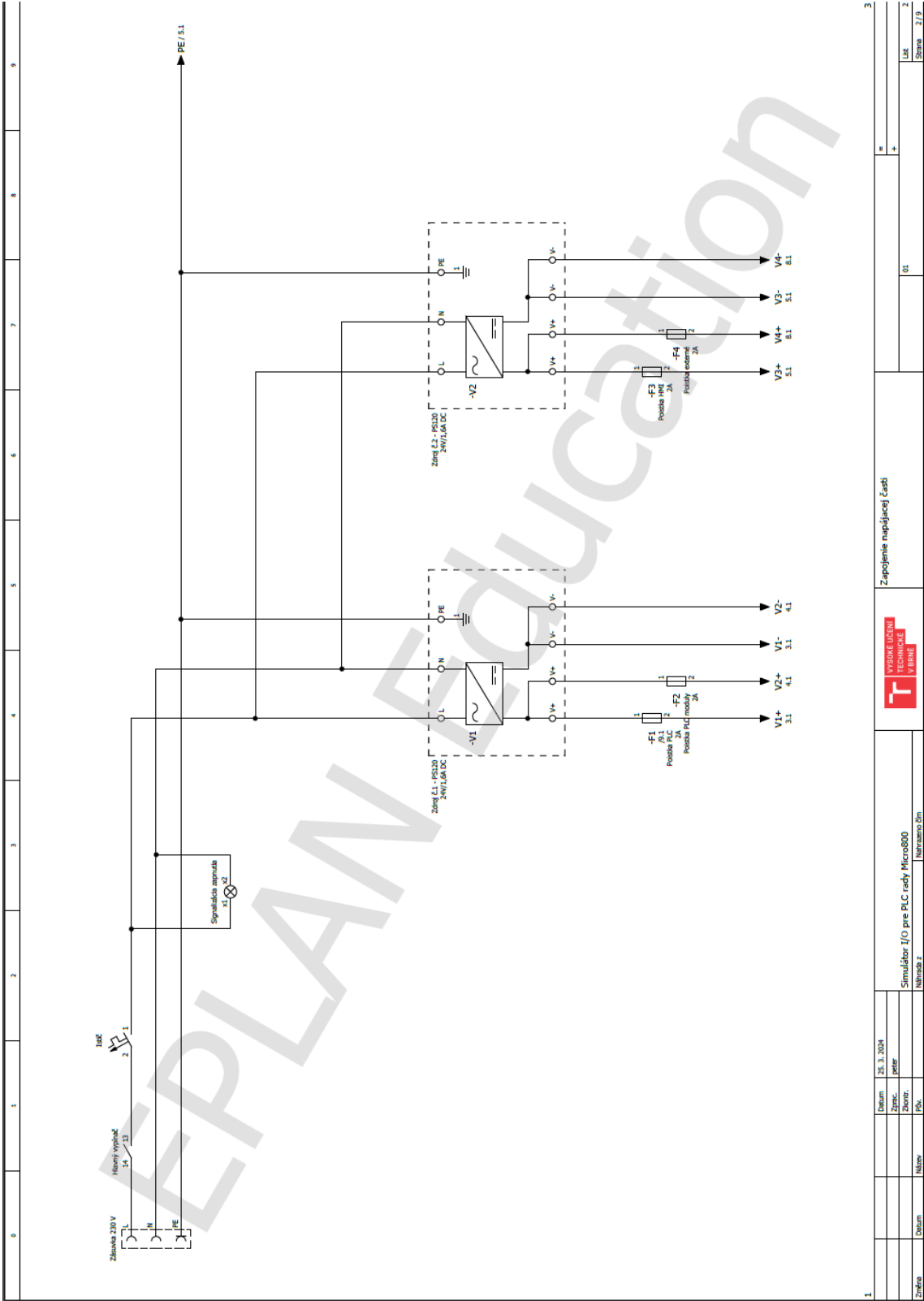
Priložený pamäťový disk obsahuje elektronickú verziu bakalárskej práce vo formáte PDF s názvom „**BP_Popovic_2024**“.

Na disku sa nachádzajú schémy nakreslené v programe EPLAN a výkres predného panelu. Súbory sú vo formáte PDF s názvom „**simulator_schemy**“ a „**predny_panel**“.

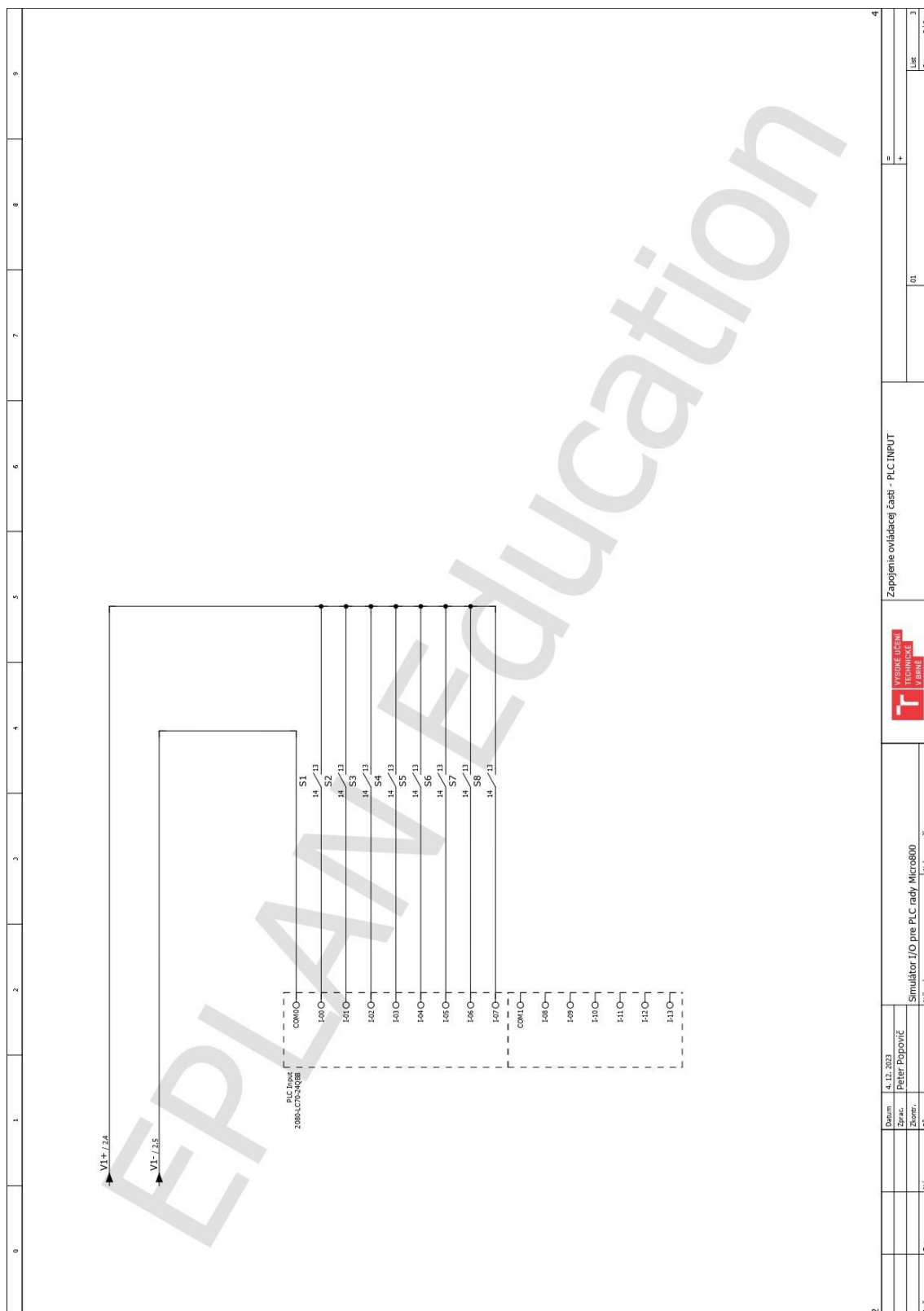
Poslednou prílohou na disku je testovacia aplikácia „**testovacia_aplikacia.ccwsln**“. Spoločne s vizualizáciou pre HMI panel sa nachádza v priečinku „**testovacia_aplikacia**“.

[illegible]

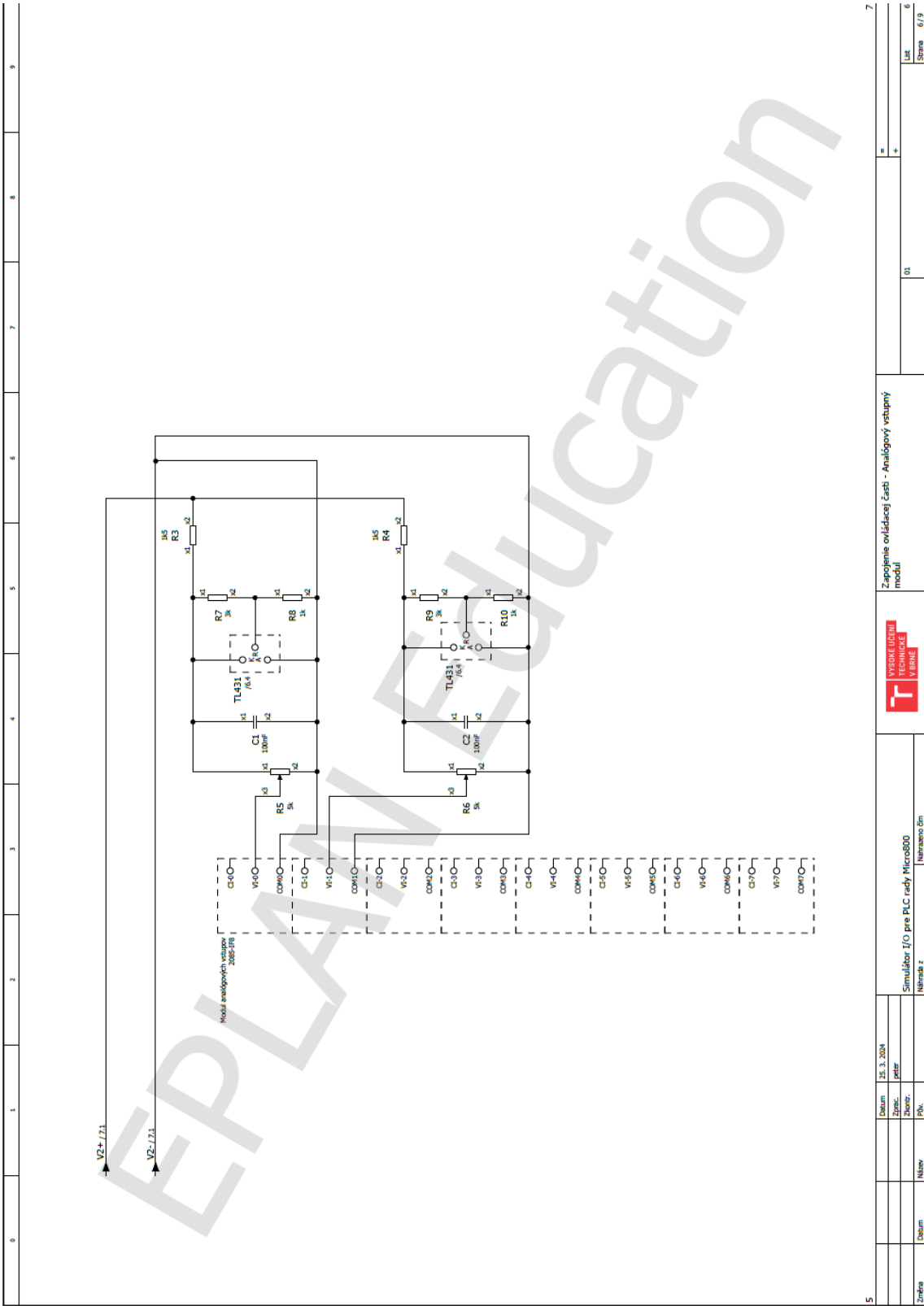
51



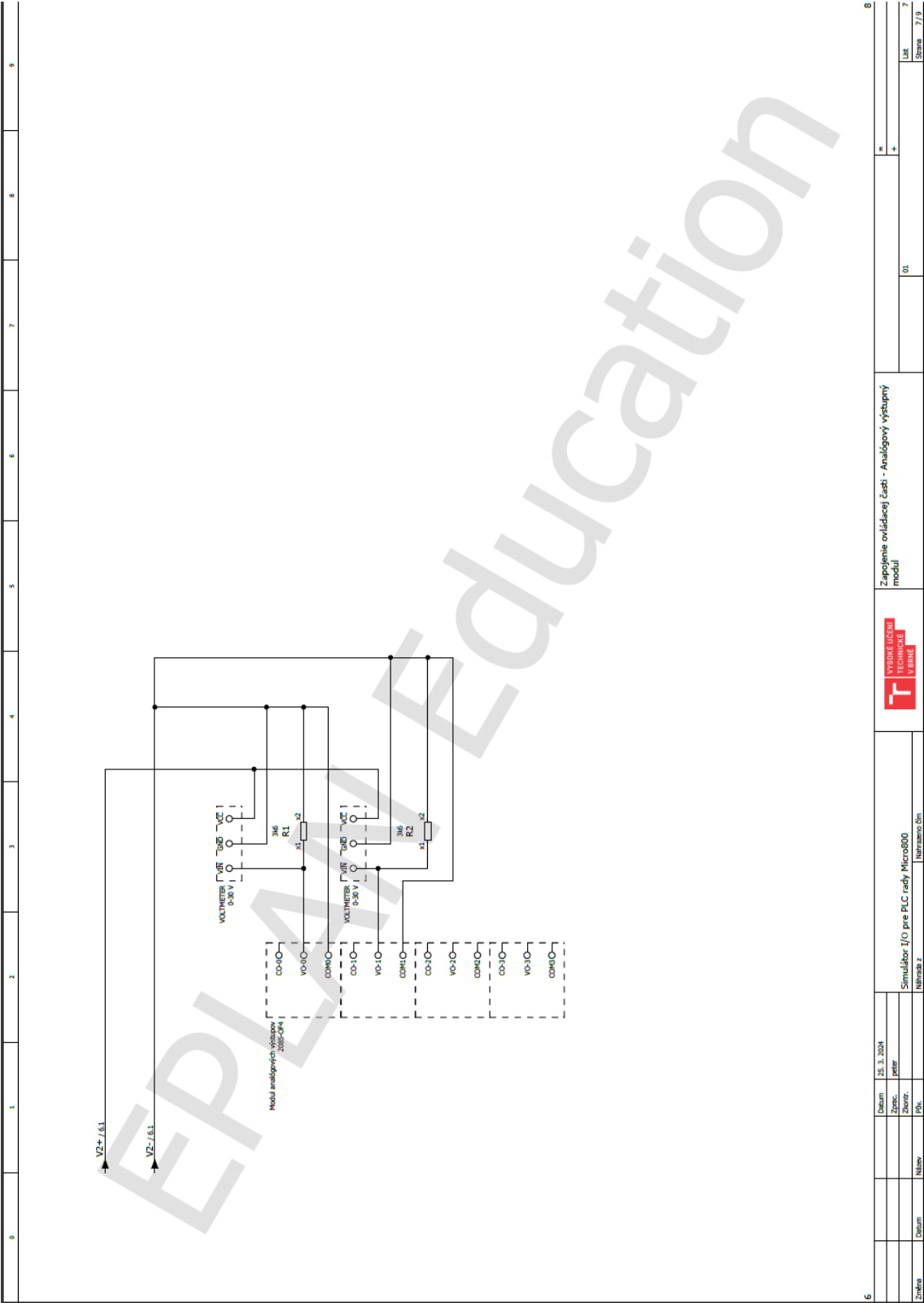
Obrázok B 2 Zapojenie napájacej časti



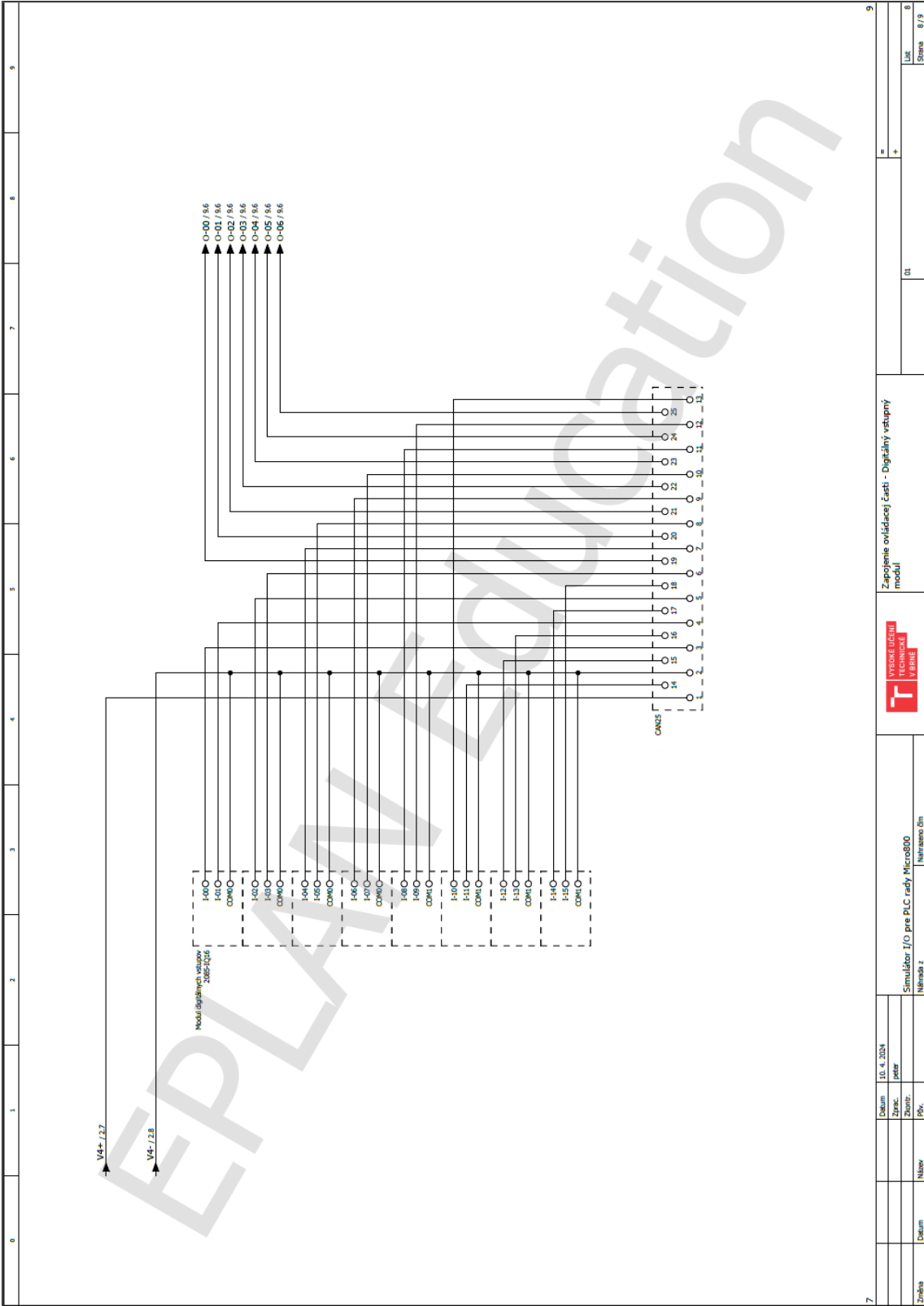
Obrázok B 3 Zapojenie ovládacej časti – PLC Input



Obrázok B 6 Zapojenie ovládacej časti – Analógový vstupný modul



Obrázok B 7 Zapojenie ovládacej časti – Analógový výstupný modul



Obrázok B 8 Zapojenie ovládacej časti – Digitálny vstupný modul

Technical drawing of a Siemens Predný panel simulators (Front panel simulators). The drawing shows a rectangular panel with dimensions 212.5 mm (width) and 609 mm (height). The panel features a grid of 12 circular simulators arranged in 2 rows and 6 columns. The top row of simulators has a center-to-center distance of 245 mm, and the bottom row has a center-to-center distance of 35 mm. The panel includes various mounting holes and dimensions for the simulators and the panel itself. The drawing is labeled with 'SIEMENS' and 'Predný panel simulators'. The title block contains the following information:

SIEMENS		TITLE	
FIRST ISSUED	Peter Popovč	Predný panel simulators	
DRAWN BY			
CHECKED BY			
APPROVED BY			
SIZE	A3	DRG NO.	predny_panel
SCALE 1:2		SHEET 1 OF 1	

ALL DIMENSIONS IN MM

60