



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

REKONSTRUKCE SIMULÁTORU I/O PRO PLC

MODERNIZATION OF THE I/O SIMULATOR FOR PLC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr Veselý

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: Petr Veselý

ID: 230205

Ročník: 3

Akademický rok: 2023/24

NÁZEV TÉMATU:

Rekonstrukce simulátoru I/O pro PLC

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Proveďte literární rešerši o standardizovaných diskrétních a analogových signálech pro PLC.
- 2) Seznamte se a popište fyzické simulátory v laboratoři pro PLC řady LOGIX.
- 3) Navrhnete úpravy analogových modulů pro simulátory.
- 4) Proveďte opravy modulů simulátorů a realizujte příslušné kabelové spojení mezi simulátory a PLC.
- 5) Popište technologii Add Profile.
- 6) Vytvořte demonstrační a testovací úlohu s využitím Add Profile technologie.
- 7) Ověřte své řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Logix 5000 Controllers Tasks, Programs, and Routines. Programming Manual. Rockwell Automation. 1756-PM005H-EN-P. 2018.

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

Tato práce se zabývá rekonstrukcí simulátoru I/O pro PLC. Náplní první kapitoly je seznámení s PLC a popis standardizace diskrétních a analogových signálů. Následně je zde popsán fyzický simulátor, který se nachází v laboratoři. Další část této práce je věnována návrhu úpravy analogových vstupů a výstupů za účelem jejich správné komunikace s moduly. Nadále jsou zde uvedeny úpravy analogových výstupů na simulátoru a taktéž úprava kabelů mezi PLC a simulátorem. V páté kapitole popisují technologii Add Profile a poté uvádím řešení demonstrační a testovací úlohy. Na závěr popisují ověření funkčnosti všech simulátorů.

KLÍČOVÁ SLOVA

PLC, simulátor, vstupy a výstupy, ControlLogix, CompactLogix, analogové I/O, diskrétní I/O, Add Profile, Studio 5000, FactoryTalk

ABSTRACT

This thesis deals with the reconstruction of an I/O simulator for PLC. The content of the first chapter is an introduction to the PLC and a description of the standardization of discrete and analog signals. Subsequently, the physical simulator located in the laboratory is described. The next part of this thesis is devoted to the design of the modification of the analog inputs and outputs in order to communicate properly with the modules. Further, the modification of the analog outputs on the simulator and also the modification of the cables between the PLC and the simulator are presented. In the fifth chapter I describe the Add Profile technology and then present the solution of the demonstration and test problem. Finally, I describe the verification of the functionality of all simulators.

KEYWORDS

PLC, simulator, inputs and outputs, ControlLogix, CompactLogix, Analog I/O, Discrete I/O, Add Profile, Studio 5000, FactoryTalk

VESELÝ, Petr. *Rekonstrukce simulátoru I/O pro PLC*. Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2024. Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Petr Veselý
VUT ID autora: 230205
Typ práce: Bakalářská práce
Akademický rok: 2023/24
Téma závěrečné práce: Rekonstrukce simulátoru I/O pro PLC

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....

podpis autora*

*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci.

Obsah

Úvod	12
1 PLC a jeho vstupy a výstupy	13
1.1 PLC	13
1.1.1 Kompaktní PLC	13
1.1.2 Modulární PLC	13
1.2 Vstupy a výstupy	14
1.2.1 Diskrétní I/O	14
1.2.2 Analogové I/O	15
2 Seznámení se simulátory v laboratoři	18
2.1 Simulátor 1	19
2.2 Simulátor 2	21
2.3 Simulátor 3	24
2.4 Simulátor 4	25
2.5 Simulátor 5	28
2.6 Simulátor 6	29
3 Návrh úprav simulátoru	31
3.1 Analogové vstupy a výstupy	31
4 Provedené úpravy na simulátorech	33
4.1 Kabelové propojení	33
4.2 Úpravy na simulátorech	36
4.2.1 Úprava panelů pro diskrétních vstupy	36
4.2.2 Oprava diskrétních výstupů	37
4.2.3 Úprava analogových výstupů	38
5 Add Profile technologie	43
6 Demonstrační a testovací úloha s využitím Add Profile technologií	44
7 Ověření řešení	46
Závěr	47
Literatura	48
Seznam příloh	50

A Elektrické schémata k simulátoru	51
B Eagle	67

Seznam obrázků

1.1	Ukázka modulárního PLC Allen Bradley [3]	13
1.2	Zapojení vstupní karty typu sinking a sourcing [5]	15
1.3	Zapojení výstupní karty typu sinking a sourcing [5]	15
1.4	Standardizace vstupní hodnoty teploty [8]	17
2.1	Ukázka fyzického simulátoru z venku	18
2.2	Ukázka fyzického simulátoru uvnitř	18
2.3	Výpis modulů pro simulátor 1 z aplikace RSLinx	19
2.4	Schéma zapojení modulu 1756-IB16ISOE[9]	19
2.5	Schéma zapojení modulu 1756-OB16E[9]	20
2.6	Schéma zapojení modulu 1756-IF6CIS[9]	20
2.7	Schéma zapojení modulu 1756-IF4FXOF2F[9]	21
2.8	Výpis modulů pro simulátor 2 z aplikace RSLinx	21
2.9	Schéma zapojení modulu 1769-IF16C[10]	22
2.10	Schéma zapojení modulu 1769-OF8C[10]	22
2.11	Schéma zapojení modulu 1769-IQ32[10]	23
2.12	Schéma zapojení modulu 1769-OB32[10]	23
2.13	Výpis modulů pro simulátor 3 z aplikace RSLinx	24
2.14	Schéma zapojení modulu 1769-IQ16[10]	24
2.15	Schéma zapojení modulu 1769-OB16P[10]	25
2.16	Výpis modulů pro simulátor 4 z aplikace RSLinx	25
2.17	Schéma zapojení modulu 1756-IF8H[9]	26
2.18	Schéma zapojení modulu 1756-OF8[9]	26
2.19	Schéma zapojení modulu 1756-IB16[9]	27
2.20	Schéma zapojení modulu 1756-OB16D[9]	27
2.21	Výpis modulů pro simulátor 5 z aplikace RSLinx	28
2.22	Schéma diferenciálního zapojení vstupů modulu 1769-IF8[10]	28
2.23	Schéma zapojení modulu 1769-IF8[10]	29
2.24	Výpis modulů pro simulátor 6 z aplikace RSLinx	29
2.25	Schéma zapojení modulu 1756-OF4[9]	30
2.26	Schéma zapojení modulu 1756-IF8[9]	30
3.1	Upravené schéma zapojení ampérmetrů	31
4.1	Realizace kabelového propojení simulátoru s PLC	33
4.2	Upravené kabelové spojení se svorkovnicí	34
4.3	Zapojení svorkovnice analogových modulů	34
4.4	Vlevo panely původní a vpravo předělané panely diskretních vstupů	36
4.5	Schéma uzemnění rezistorů na pin 1, 19, 20 a 37	37
4.6	Schéma zapojení napěťového neinvertujícího zesilovače [12]	38

4.7	Návrh cest pro DPS	39
4.8	Osazená deska součástky a propoji	39
4.9	Napájené součástky a ukázka cest	40
4.10	Frézování otvorů	40
4.11	Osazený panel voltmetry a navrženou deskou	41
4.12	Zapojení voltmetrů s bočníkem	41
4.13	Montáž panelu a úprava kabeláže	42
4.14	Aktuální vzhled simulátoru	42
5.1	Konfigurace modulu bez AOP[14]	43
5.2	Konfigurace modulu s AOP[14]	43
6.1	Ukázka kódu demonstrační úlohy	44
6.2	Virtuální simulátor	44
6.3	Kód pro vizualizaci virtuálního simulátoru	45

Seznam tabulek

1.1	Napětové úrovně diskrétních I/O [5]	14
1.2	Rozpětí analogového vstupu [5]	16
4.1	Piny konektoru CANNON 37, barevné označení vodičů a jejich propojení	35
4.2	Piny konektoru CANNON 9, barevné označení vodičů a jejich propojení	35

Úvod

Cílem této bakalářské práce je oboznámit čtenáře s řešením standardizace diskrétních a analogových signálů pro PLC a následně je seznámit s fyzickým simulátorem použitým v laboratoři, jenž se využívá v předmětu BPC-PGA (Programovatelné automaty). V laboratoři se nachází šest simulátorů osazených PLC s moduly, které si v této práci postupně popíšeme. Poté zde budou sepsány důležité technické parametry modulů a jejich připojení se zařízeními. Následující postup spočívá v návrhu úprav pro analogové vstupy a výstupy a poté i pro ostatní části simulátoru. Nakonec je třeba realizovat navržené úpravy a také upravit kabelové spojení mezi simulátory a PLC. Rovněž zde čtenář nahlédne do problematiky technologie Add Profile a seznámí se s vytvořenou demonstrační a testovací úlohou. V závěru práce je ověřeno řešení.

1 PLC a jeho vstupy a výstupy

1.1 PLC

PLC (Programmable Logic Controller) programovatelný logický automat je programovatelný řídicí systém přizpůsobený pro řízení průmyslových, technologických procesů, výrobních linek a strojů, mnohdy specializovaný na úlohy převážně logického typu. V průmyslu nahradilo nejen řídicí počítače a minipočítače, ale i malou automatizaci reprezentovanou průmyslovými regulátory, bezkontaktní logikou a reléovou logikou. Pro menší systémy se využívá kompaktní PLC a pro rozsáhlejší systémy pak modulární. [1, 2]

1.1.1 Kompaktní PLC

Mezi kompaktní PLC patří mikro PLC, které je nejmenší a nejlevnější. Uživatelé nabízí pevnou sestavu vstupů a výstupů, která bývá většinou jen diskrétní. Ostatní PLC v kompaktním provedení nabízejí určitou, i když omezenou variabilitu ve volbě konfigurace. K základnímu modulu lze připojit jeden nebo několik přídatných modulů z omezeného sortimentu s pevnou kombinací vstupů a výstupů, např. modul s tranzistorovými nebo reléovými vstupy a výstupy, analogový vstupní nebo výstupní modul, modul regulátoru apod. [1]

1.1.2 Modulární PLC

Modulární PLC nabízí větší volnost ve volbě konfigurace. Například Allen Bradley od společnosti Rockwell Automation podporuje různý počet slotů pro instalaci modulů, např. 4,7,10,13, nebo dokonce více slotů pomocí připojovací desky. Rozšiřovací moduly mohou být připojeny na vzdálenosti stovek metrů. [1, 3]



Obr. 1.1: Ukázka modulárního PLC Allen Bradley [3]

1.2 Vstupy a výstupy

I/O (Input/Output) vstupy a výstupy jsou důležitou částí pro PLC. Jednotka I/O zajišťuje rozhraní mezi řídicí jednotkou PLC a vnějším světem, a proto musí zajistit potřebnou úpravu signálu, aby se signál dostal na požadovanou úroveň a také, aby byl izolován od možných elektrických nebezpečí, jako je vysoké napětí. Mezi vstupní zařízení patří například mechanické snímače pro detekci polohy, bezdotykové snímače, fotoelektrické spínače, enkodéry, teplotní a tlakové spínače, potenciometry, tenzometry, termistory a termočlánky. Jako výstupní zařízení může být relé, stykač, elektromagnetické ventily a motory. [4]

Vstupní a výstupní signály mohou být:

1. Analogové - signál, jehož velikost je vztažena k velikosti snímané veličiny
2. Diskrétní - zapnutý/vypnutý signál
3. Digitální - posloupnost impulzů (pro detekci hran a počítání impulzů)[4]

1.2.1 Diskrétní I/O

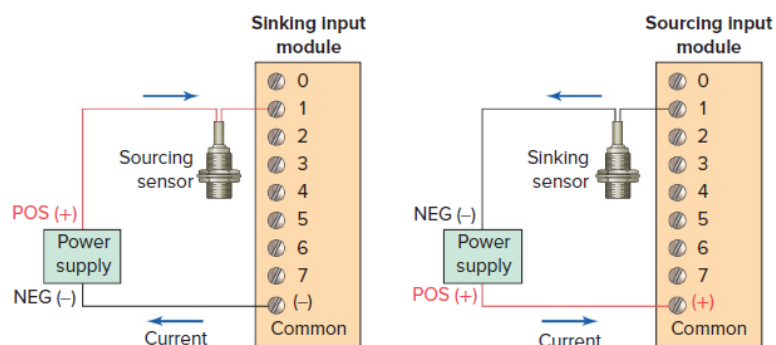
Diskrétní I/O zpracovává diskrétní signál, který nabývá jednoho ze dvou stavů: zapnuto nebo vypnuto. Tyto stavy jsou také označovány jako Log.1 a Log.0 nebo otevřeno a zavřeno. Diskrétní vstupy a výstupy mají různé napěťové úrovně, viz Tab. 1.1, kde AC (Alternating current) střídavý proud, DC (Direct current) stejnosměrný proud a TTL (tranzistor-tranzistor logic) je to logika, kde k dosažení spínání a udržování logických stavů využívá obvody sestavené z bipolárních tranzistorů. Vnitřní řídicí obvody PLC obvykle pracují při napětí 5 V DC nebo nižší, proto je potřeba manipulovat se vstupními a výstupními signály tak, aby byly v požadovaném tvaru. Příkladem diskrétních vstupů jsou například spínače, tlačítka a koncové snímače. Výstupy jsou omezeny na zařízení, jakou jsou světla, relé, solenoidy a spouštěče motorů. [5, 7]

Tab. 1.1: Napěťové úrovně diskrétních I/O [5]

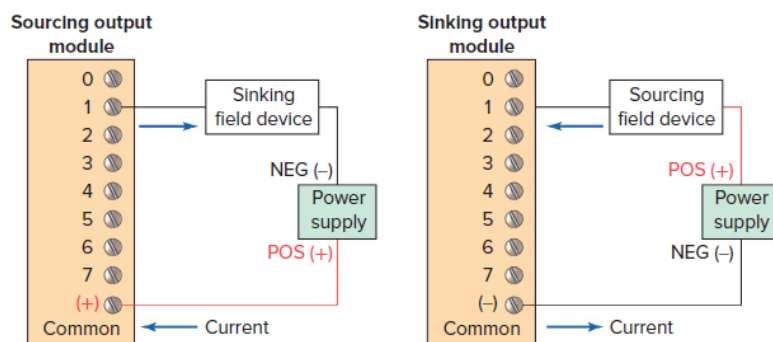
Vstupy	Výstupy
12 V AC/DC	12-48 V AC
24 V AC/DC	24 V DC
48 V AC/DC	120 V AC
120 V AC/DC	120 V DC
230 V AC/DC	230 V AC
5 V DC (TTL level)	5 V DC (TTL level)
	230 V DC

Typy zapojení

Zařízení, které připojujeme k PLC, jsou typu sinking nebo sourcing. Sensor typu sourcing generuje signál, který je přiveden na výstupní svorky senzoru a sensor typu sinking odebírá signál z výstupních svorek. Typ senzoru a typ vstupní karty PLC musí být vzájemně kompatibilní, aby bylo možné sensor správně zapojit viz Obr. 1.2. Při zapojení sensorů je důležité dodržovat standardy uzemnění a zapojení senzoru, aby byla zajištěna bezpečná a spolehlivá provozuschopnost senzoru. To obdobně platí i pro výstupní karty, které se zapojí viz Obr. 1.3.[5]



Obr. 1.2: Zapojení vstupní karty typu sinking a sourcing [5]



Obr. 1.3: Zapojení výstupní karty typu sinking a sourcing [5]

1.2.2 Analogové I/O

Analogové I/O představují fyzikální veličiny, které mohou nabývat nekonečného počtu hodnot. Typicky se pohybují v rozsahu 0 až 20 mA, 4 až 20 mA nebo 0 až 10 V. Je potřeba převést analogovou hodnotu na digitální hodnotu, kterou použije procesor. Převod se provádí pomocí A/D (analogově-digitální) převodníku. Moduly analogových napěťových vstupů jsou k dispozici ve dvou typech: unipolární a bipolární.

Unipolární mohou přijímat signál, který se mění pouze v kladném směru. Bipolární signály kolísají mezi maximální zápornou hodnotou a maximální kladnou hodnotou, viz Tab. 1.2. U napěťových vstupů je důležité dodržovat stanovené požadavky na délku vodičů, aby se minimalizovala degradace signálu a účinky elektromagnetického rušení, které se indukuje podél spojovacích vodičů. Proudové vstupní signály nejsou obvykle omezeny vzdáleností a nejsou tak citlivé na šum. [5]

Tab. 1.2: Rozpětí analogového vstupu [5]

Bipolární		Unipolární	
5 V	-5 až +5 V	5 V	0 až +5 V
10 V	-10 až +10 V	10 V	0 až +10 V

Standardizace analogových hodnot

Analogový vstupní modul poskytuje číselnou hodnotu například typu INTEGE, představující měřenou hodnotu vstupní proměnné, např. výšku hladiny v nádrži. Tato hodnota se nazývá periferní a je nezbytné ji standardizovat (scaling) na reálné číslo v inženýrských jednotkách uvnitř stanovených mezí. S takto vytvořenou reálnou hodnotou může uživatelský program dále pracovat nebo ji zobrazovat.

Naopak uživatelský program vypočítá reálnou procesní hodnotu v inženýrských jednotkách. Tato hodnota musí být převedena na číselnou periferní hodnotu, této proceduře se říká destandardizace. Analogový výstupní modul poté převede periferní hodnotu na analogový signál, kterým řídí regulační akční člen.[8]

Příklad standardizace a destandardizace

Matematické vyjádření standardizace:

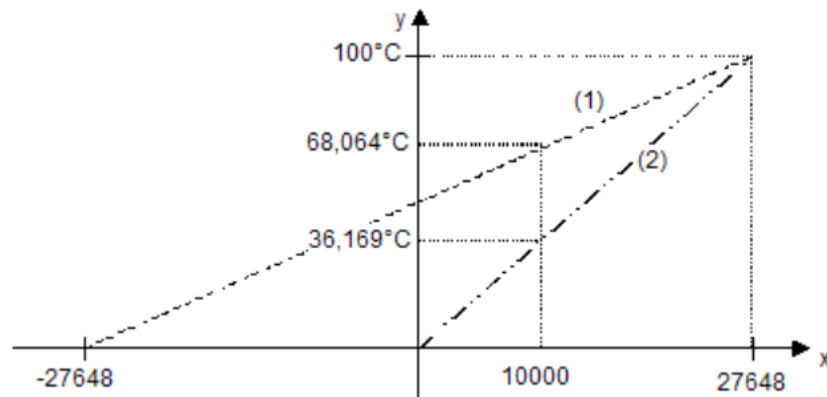
$$y = (x - k1)/(k2 - k1) \cdot (MAX - MIN) + MIN \quad (1.1)$$

Hodnoty konstanty $k1$ a $k2$ se určují v závislosti na tom, zda se jedná o bipolární či unipolární vstupní hodnotu. Zadané hodnoty MIN a MAX jsou limity v inženýrských jednotkách. [8]

Příklad výpočtu:

Vstupní analogová proměnná je teplota ve °C. Limity jsou $MAX = 100^{\circ}\text{C}$, $MIN = 0^{\circ}\text{C}$, pro bipolární vstup má hodnotu $k1 = -27648$ a $k2 = 27648$ a pro unipolární vstup má hodnotu $k1 = 0$ a $k2 = 27648$. Naměřená vstupní periferní hodnota je $x = 10000$. Výpočet provedeme podle rovnice(1.1).

Pro bipolární vstup (1) vychází hodnota $y=68,084^{\circ}\text{C}$ a pro unipolární vstup (2) vychází hodnota $y = 36,169$. Grafické zobrazení příkladu viz Obr.1.4. [8]



Obr. 1.4: Standardizace vstupní hodnoty teploty [8]

Matematické vyjádření destandardizace:

$$y = (x - MIN)/(MAX - MIN) \cdot (k2 - k1) + k1 \quad (1.2)$$

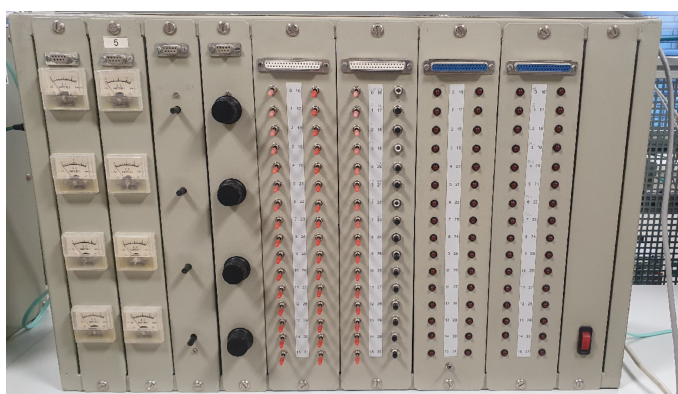
Vstupní hodnota je zadaná v inženýrských jednotkách. Konstanty $k1$ a $k2$ se zadávají podobně jako u standardizaci. Hodnoty MIN a MAX se zadávají v inženýrských jednotkách. [8]

Typy zapojení

Existuje několik různých typů zapojení proudové smyčky k PLC, záleží to na konkrétních potřebách a zařízeních v daném systému. Nejběžnějším způsobem propojení je dvou vodičové či čtyřvodičové. Dvou vodičové propojení je realizováno pomocí dvou vodičů, které jsou tím pádem společné pro napájení i pro proudovou smyčku. U čtyřvodičového propojení jsou dva vodiče pro napájení a další dva pro proudovou smyčku. [6]

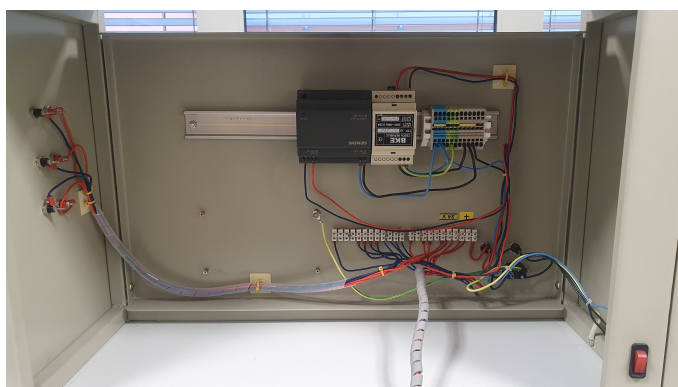
2 Seznámení se simulátory v laboratoři

V laboratoři se nachází 6 simulátorů, každý simulátor je osazen PLC s příslušnými moduly. Fyzický simulátor viz Obr. 2.1, se skládá z 9 panelů. Panel úplně vpravo má v sobě zabudovaný kolikový vypínač, kterým se zapíná a vypíná celý simulátor. Dále jsou dva panely diskretních výstupů, které reprezentují červené LED diody. Další dva panely jsou diskretní vstupy, zde jsou zapojeny přepínače a čtvrtý panel má půlku vstupů tlačítka. Šestý a sedmý panel je osazen potenciometry, které jsou zapojeny na analogové vstupy. Poslední dva panely jsou analogové výstupy, které jsou realizovány ručkovými ampérmetry. Každý simulátor je na pravé straně označen potiskem.



Obr. 2.1: Ukázka fyzického simulátoru z venku

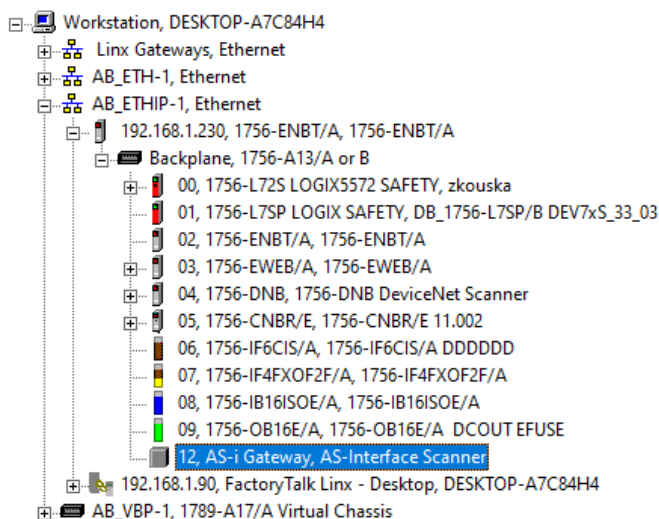
Uvnitř simulátoru se nacházejí dva zdroje, jeden zdroj je pro napájení panelů se spínači, tlačítky a potenciometry. Druhý zdroj je pro externí periferie a u tří simulátorů napájí PLC. Dále se zde nachází svorkovnice, pojistky a zdířky na banánky v levém boku viz Obr. 2.2. Elektrické schémata jednotlivých panelů simulátoru a napájecí části viz Příloha A.



Obr. 2.2: Ukázka fyzického simulátoru uvnitř

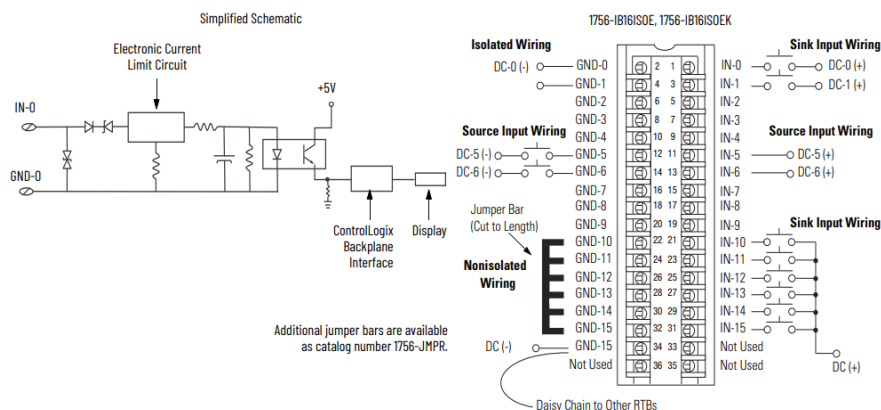
2.1 Simulátor 1

Simulátor 1 je osazen PLC vyrobený společností Rockwell Automation pod značkou Allen-Bradley. Toto PLC patří do skupiny ControlLogix, které se běžně používá v průmyslové automatizaci a řídicích systémech. Označení PLC je 1756-L72S, skladá se ze 13 slotů, jejich výpis viz Obr.2.3.



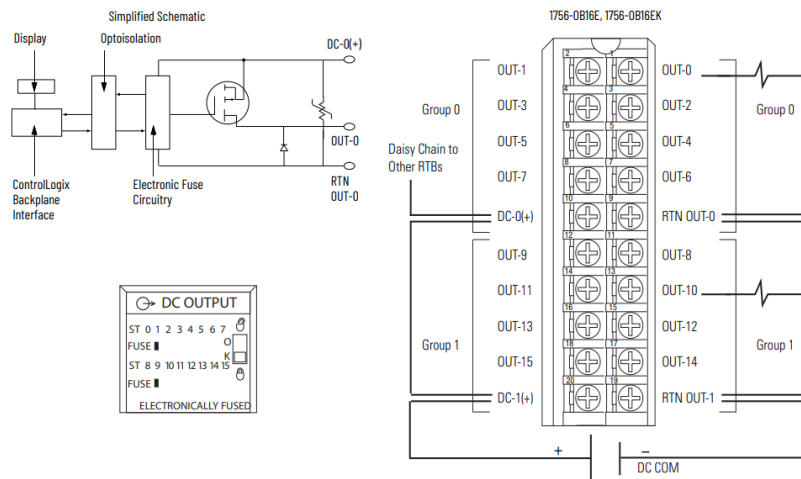
Obr. 2.3: Výpis modulů pro simulátor 1 z aplikace RSLinx

Pro diskrétní vstupy je použit modul 1756-IB16ISOE/A, který obsahuje šestnáct individuálně izolovaných vstupů. Napájecí napětí modulu je 24 V, vnitřní impedance každého vstupu je 10,8 k Ω , modul pracuje na rozsahu 10-55 V DC, v zapnutém stavu může mít minimální hodnotu odběru proudu 2 mA při 9 V, normální hodnotu 4,5 mA při 24-31 V DC a maximální 5,1 mA při 48-55 V DC. Elektrické schéma modulu viz Obr.2.4.



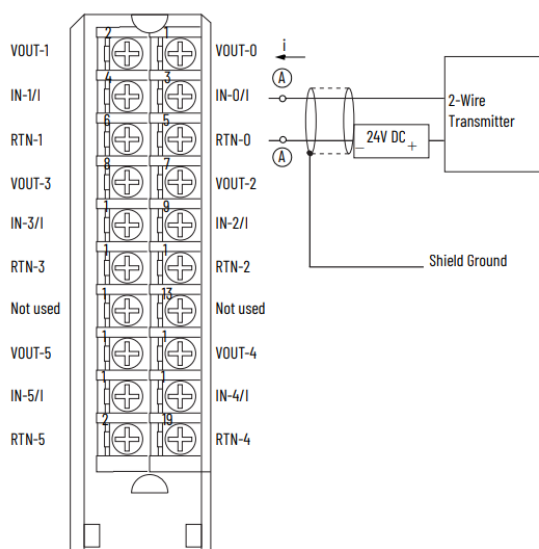
Obr. 2.4: Schéma zapojení modulu 1756-IB16ISOE[9]

Modul 1756-OB16E/A pracuje s diskretními výstupy. Obsahuje šestnáct výstupů, rozdělených do skupin po 8 výstupech. Patří do kategorie 12/24 V DC, pracuje na rozsahu 10-31,2 V DC, při stavu vypnuto je maximální proud na výstupu 1 mA, při stavu zapnuto je na výstupu 400 mV a maximální proud 1 A.



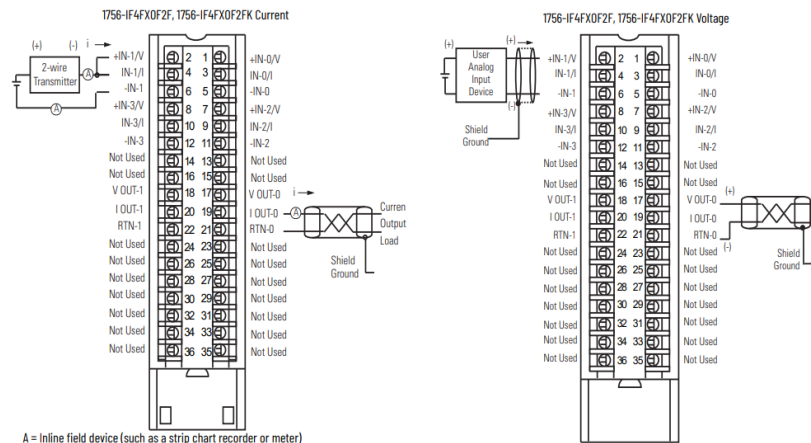
Obr. 2.5: Schéma zapojení modulu 1756-OB16E[9]

Analogové vstupy jsou zapojeny na modul 1756-IF6CIS, tento modul má šest vstupů. Na vstupy lze zapojit proudovou smyčku 0-21 mA, pro převod používá šestnácti bitový A/D převodník. Uživatelská hodnota pro 0 mA je -32768 a pro 21,094 mA je 32767. Vnitřní impedance vstupů má hodnotu 215 Ω. Příklad připojení senzoru k modulu viz Obr.2.6.



Obr. 2.6: Schéma zapojení modulu 1756-IF6CIS[9]

K modul 1756-IF4FXOF2F jsou připojeny analogové výstupy. Modul kombinuje 4 vstupy a 2 výstupy. Při připojení senzoru pomocí proudové smyčky má modul vnitřní impedanci 249 Ω , pro napětové připojení je vnitřní impedance 1 M Ω . Vstupní rozsah má ± 10 V, 0-10 V, 0-5 V a 0-20 mA. Pro výstup je rozsah ± 10 V, 0-20 mA. Modul obsahuje elektrické omezení na 21 mA. Na výstup můžeme připojit zařízení s vnitřní impedancí pro napětí menší jak 2000 Ω a pro proudovou smyčku 0-750 Ω .

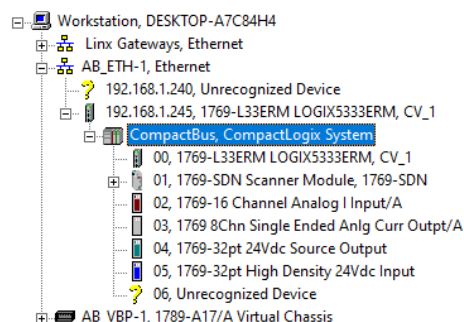


Obr. 2.7: Schéma zapojení modulu 1756-IF4FXOF2F[9]

Zapojení PLC se simulátorem je proveden přes kabel s CANON konektorem, který má 37 pinů pro diskretní I/O a pro analogové I/O má 9 pinů. Elektrické schéma propojení jednotlivých modulu viz Příloha A.

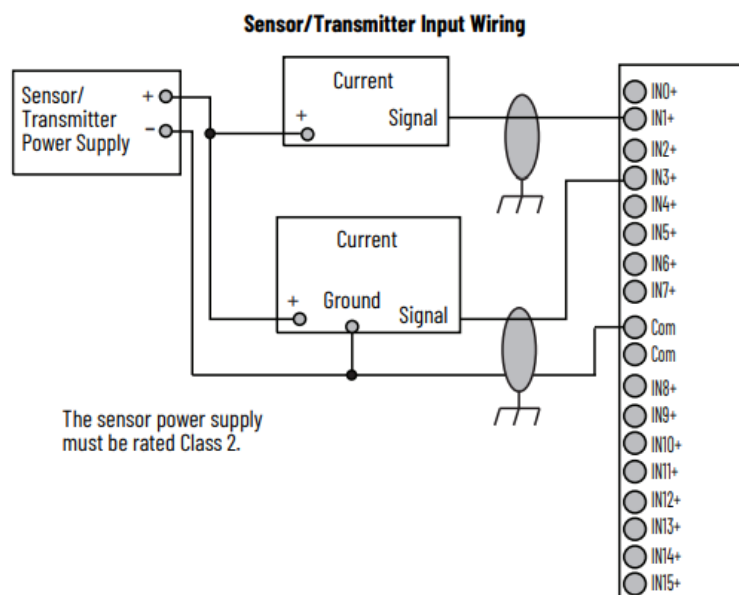
2.2 Simulátor 2

K simulátoru 2 je připojeno PLC s označením 1769-L33ERM, které má připojených pět modulů a patří do skupiny CompactLogix. Výpis připojených modulů viz Obr.2.8.



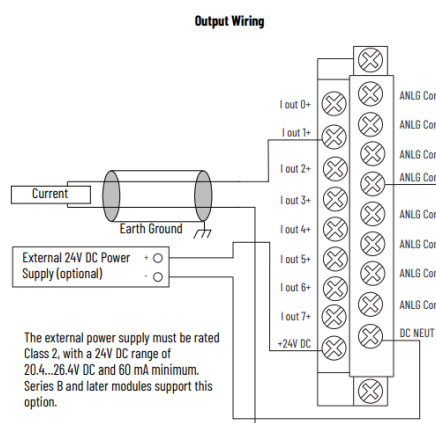
Obr. 2.8: Výpis modulů pro simulátor 2 z aplikace RSLinx

Modul 1769-IF16C pro analogové vstupy, který má šestnáct vstupů, impedance jednotlivých vstupů je 249Ω , vstupní rozsah proudové smyčky může být 0-20 mA nebo 4-20 mA. Celý pracovní rozsah je pak 0-21 mA a 3,2-21 mA. Pro bipolární má rozlišení 15 bitů a jeden bit je na znaménko. Unipolární má rozlišení 16 bitů. Provedení připojení senzorů viz Obr.2.9.



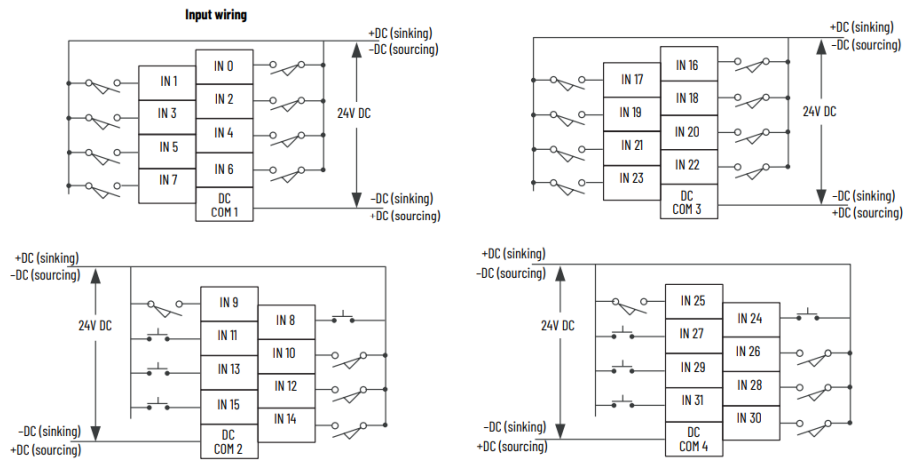
Obr. 2.9: Schéma zapojení modulu 1769-IF16C[10]

Pro analogové výstupy je zde připojen modul 1769-OF8C. Tento modul má osm výstupů, ochranu proti zkratu při 21 mA a výstupní proudovou smyčku v rozsahu 0-20 mA a 4-20 mA. Odporová zátěž na výstupu může být od 0-500 Ω , která zahrnuje i odpor vedení.



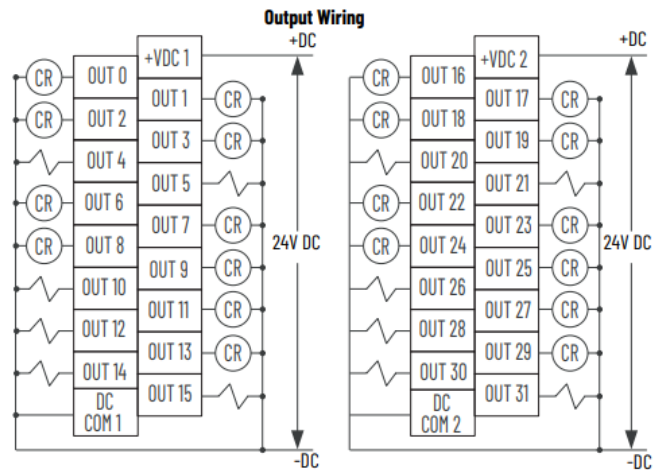
Obr. 2.10: Schéma zapojení modulu 1769-OF8C[10]

K modulu 1769-IQ32 je připojeno šestnáct diskretních vstupů. Modul disponuje 32 vstupy po 4 skupinách s 8 vstupy. Patří do kategorie 24 V DC sink/source, jeho pracovní rozsah napětí je 10-30 V DC při 30°C a nominální impedance při 24 V DC je 5,2 kΩ.



Obr. 2.11: Schéma zapojení modulu 1769-IQ32[10]

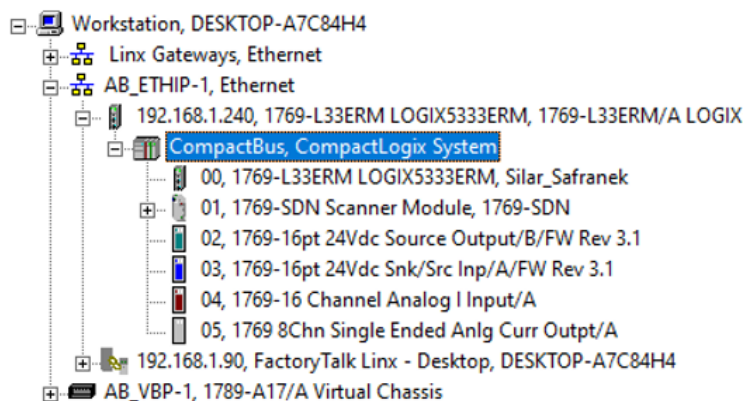
Diskretní výstupy obstarává modul 1769-OB32, ke kterému je připojeno 32 výstupů. Modul má 32 výstupů po 16 výstupech na skupinu. Pracovní rozsah napětí je 20,4-26,4 V DC, maximální proud na výstup je 1 A a maximální proud pro modul je 8 A.



Obr. 2.12: Schéma zapojení modulu 1769-OB32[10]

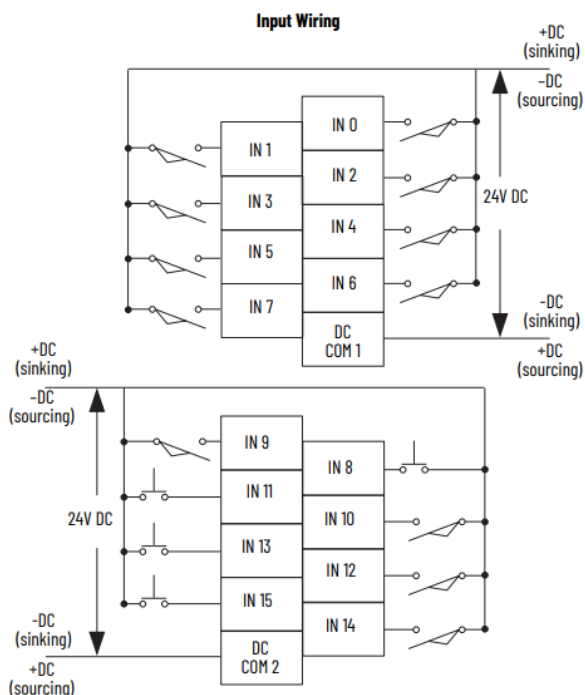
2.3 Simulátor 3

Simulátor 3 disponuje stejným PLC jako simulátor 2, avšak s jinými moduly pro diskretní vstupy a výstupy viz Obr.2.13.



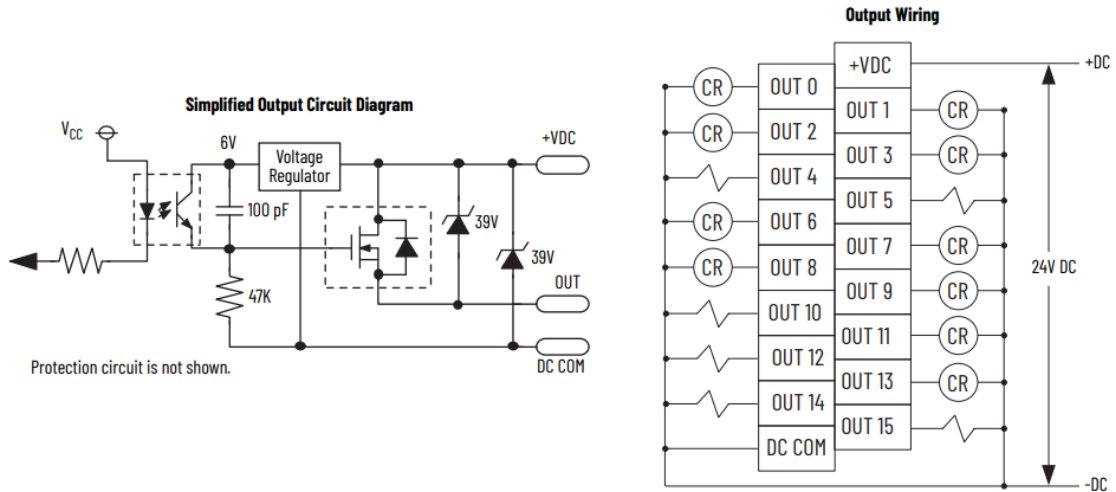
Obr. 2.13: Výpis modulů pro simulátor 3 z aplikace RSLinx

Modul 1769-IQ16 je připojen k diskretním vstupům. Tento modul má šestnáct vstupů rozdělených do dvou skupin po 8 vstupech. Patří do kategorie 24 V DC sink/source a jeho pracovní rozsah napětí je 10-30 V DC, nominální vnitřní impedance je 3 k Ω a minimální proud při stavu zapnuto jsou 2 mA.



Obr. 2.14: Schéma zapojení modulu 1769-IQ16[10]

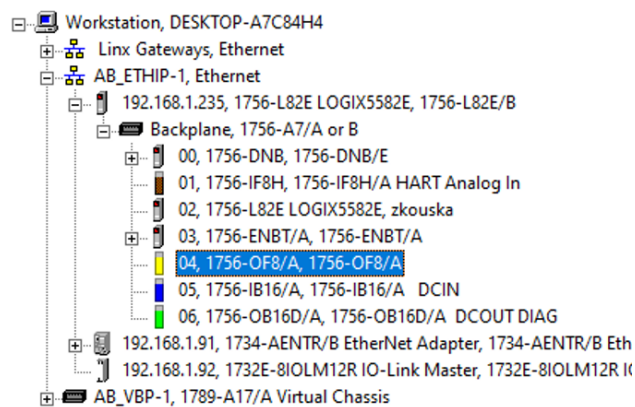
Pro diskrétní výstupy je připojen modul 1769-OB16P. Modul má 16 výstupů v jedné skupině. Patří do kategorie 24 V DC source, pracuje v rozsahu 20,4-26,4 V DC, maximální proud na jeden výstup je 1 A a maximální odběr modulu je 8 A.



Obr. 2.15: Schéma zapojení modulu 1769-OB16P[10]

2.4 Simulátor 4

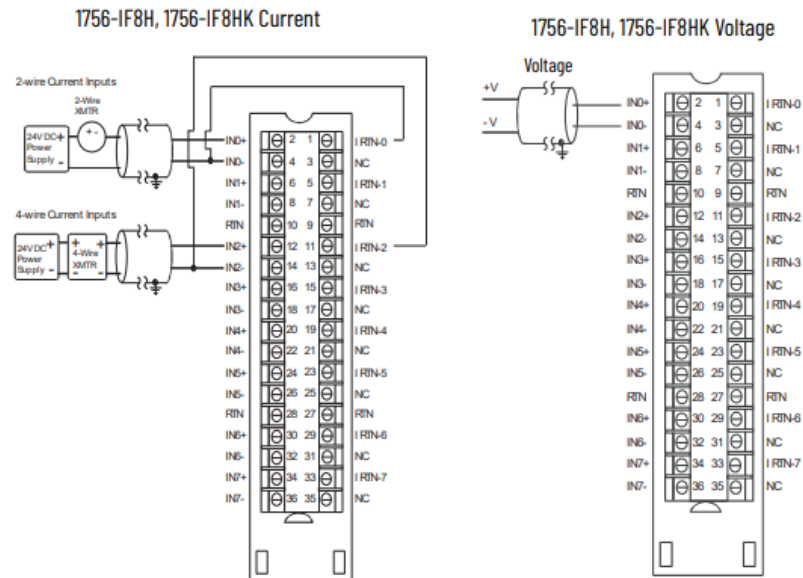
K simulátoru 4 je připojeno PLC s označením 1756-L82E, které patří do skupiny ControlLogix. Má 7 slotů a výpis modulů připojených k PLC viz Obr2.16.



Obr. 2.16: Výpis modulů pro simulátor 4 z aplikace RSLinx

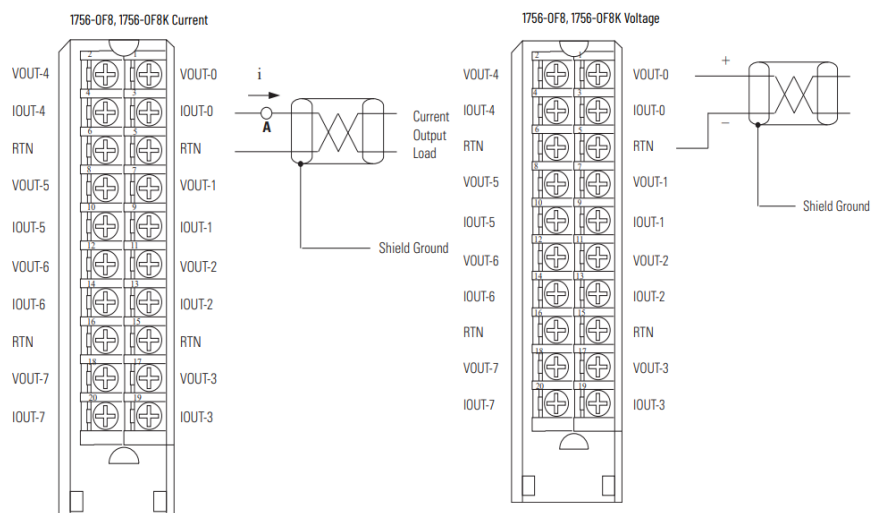
Modul 1756-IF8H umožňuje připojit osm diferenciálních vstupů napětí nebo proudů a obsahuje jeden HART modem pro modul. HART (Highway Addressable

Remote Transducer) je komunikační protokol používaný v průmyslových systémech pro dvousměrnou komunikaci s měřicími a řídicími zařízeními.[11]
 Vstupní rozsahy jsou ± 10 V, 0-5 V, 0-10 V, 0-20 mA, a 4-20 mA. Vnitřní impedance jednotlivých vstupů není uvedena.



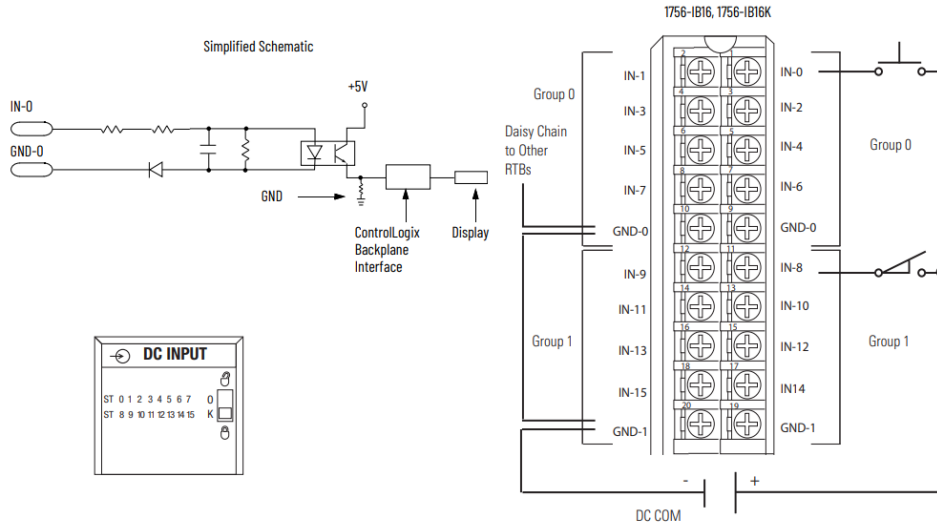
Obr. 2.17: Schéma zapojení modulu 1756-IF8H[9]

Pro analogové výstupy je připojen modul 1756-OF8. Tento modul má osm výstupů napětí nebo proudu. Výstupní rozsah je ± 10 V nebo 0-20 mA. Připojit lze zařízení s odporem menším jak 2000Ω pro napěťové výstupy a pro proudové od 0-750 Ω .



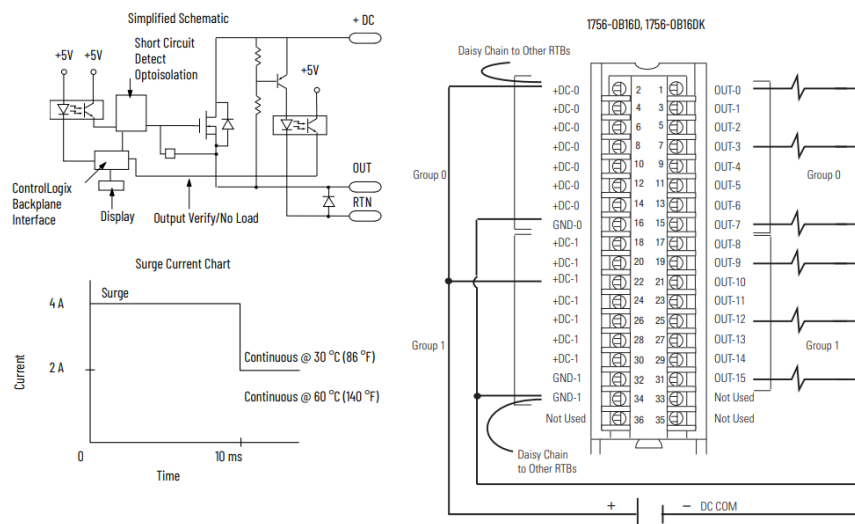
Obr. 2.18: Schéma zapojení modulu 1756-OF8[9]

K modulu 1756-IB16 jsou připojeny diskrétní vstupy. Modul disponuje šestnácti vstupy rozděleny do dvou skupin po osmi vstupech. Patří do kategorie 12/24 V DC sink, vnitřní impedance při maximálním napětí 31,2 V DC je 3,12 k Ω a maximální proud při stavu zapnuto je 10 mA při 31,2 V DC.



Obr. 2.19: Schéma zapojení modulu 1756-IB16[9]

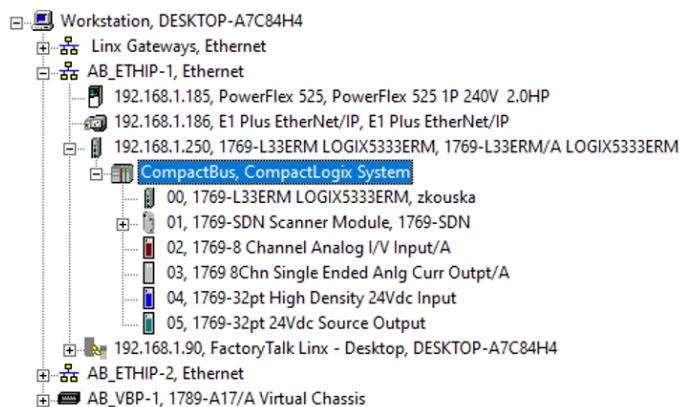
Modul 1756-OB16D má šestnáct diagnostických výstupů rozdělené do dvou skupin po osmi výstupech. Modul poskytuje diagnostické informace o stavu výstupních signálů, modul má napájecí rozsah 19,2-30 V DC, maximální proud pro jednotlivé výstupy je 2 A a pro celý modul je maximální proud 8 A.



Obr. 2.20: Schéma zapojení modulu 1756-OB16D[9]

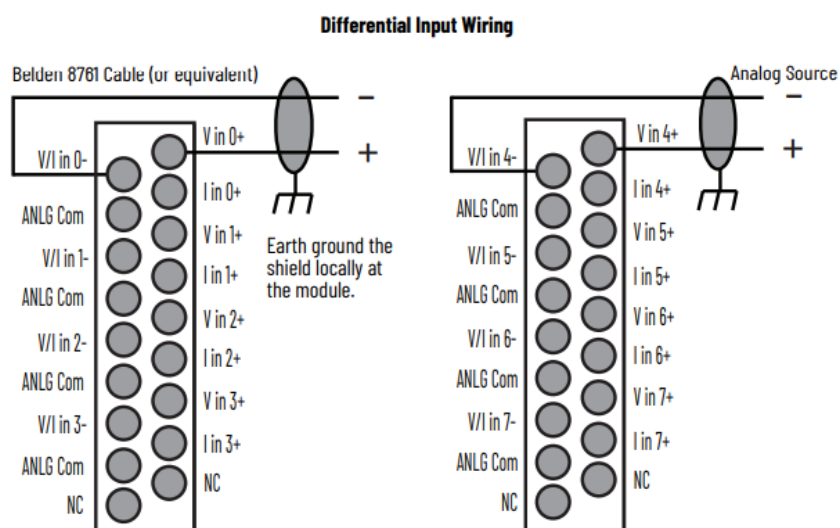
2.5 Simulátor 5

Simulátor 5 je osazen stejným PLC jako simulátor 2, ale má jiný modul pro analogové vstupy viz Obr.2.21.

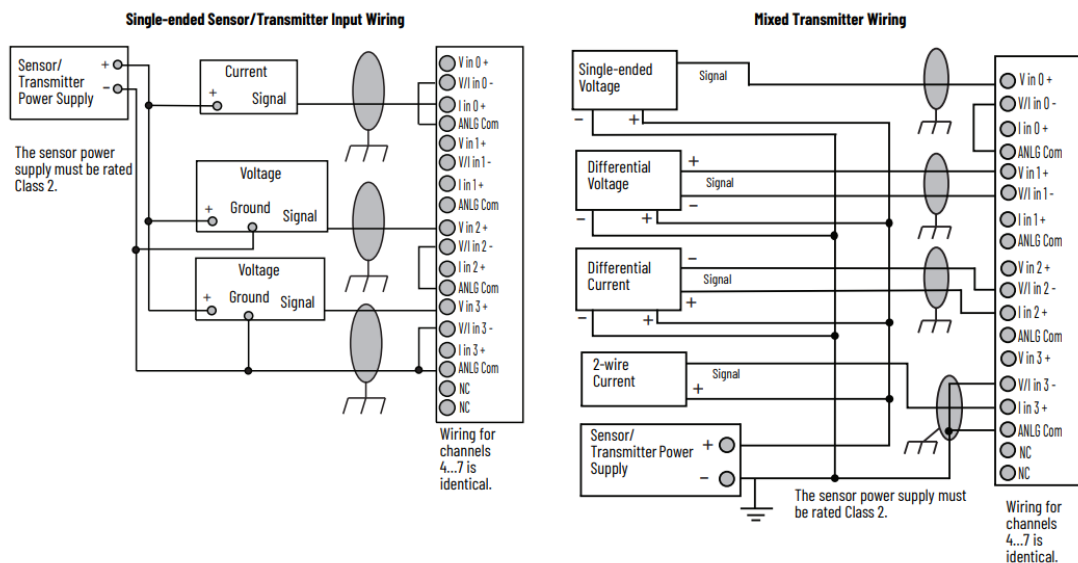


Obr. 2.21: Výpis modulů pro simulátor 5 z aplikace RSLinx

Místo modulu 1769-IF16C je připojen modul 1769-IF8, který má pouze osm vstupů. Tyto vstupy lze zapojit diferenciálně nebo single-ended (jednostranně připojené) signál je přenášen k jednomu společnému uzemnění nebo referenčnímu bodu. Rozsah vstupů může být ± 10 V, 0-10 V, 0-5 V, 1-5 V, 0-20 mA a 4-20 mA. Vnitřní impedanci má pro napěťové připojení 220 k Ω a pro proudovou smyčku 250 Ω . Modul používá A/D převodník typu Delta-Sigma a rozlišení pro bipolární má 16 bitů a pro unipolární 15 bitů plus jeden bit pro znaménko.



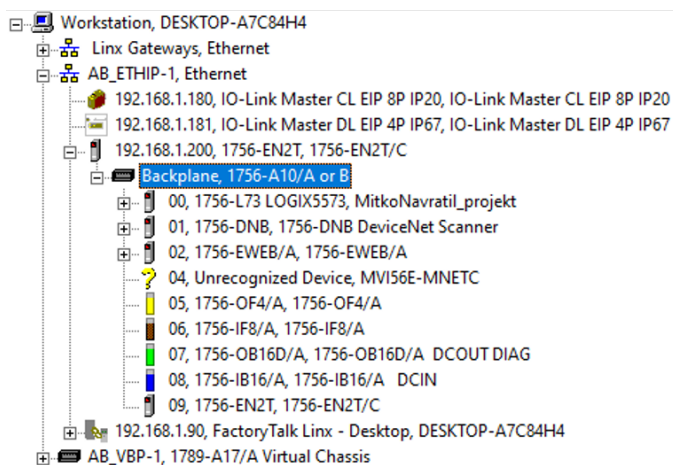
Obr. 2.22: Schéma diferenciálního zapojení vstupů modulu 1769-IF8[10]



Obr. 2.23: Schéma zapojení modulu 1769-IF8[10]

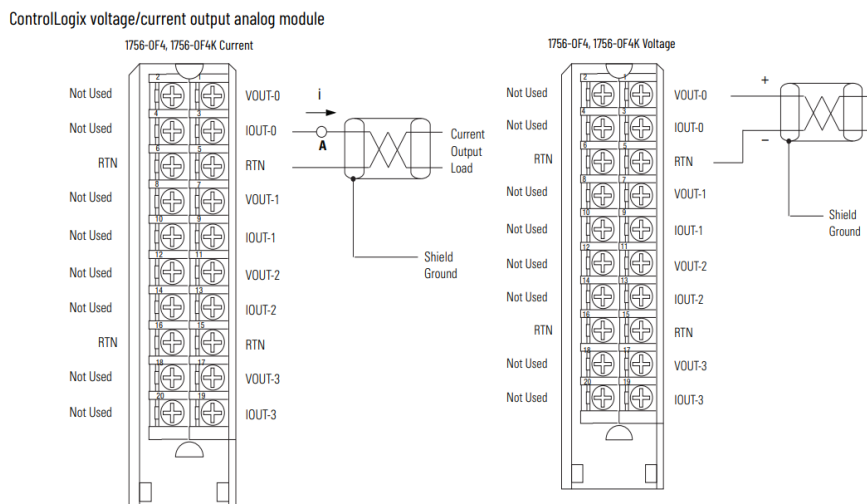
2.6 Simulátor 6

K simulátoru 6 je upevněno PLC s označením 1756-L73, které má k sobě připojené moduly viz Obr.2.24. Patří do skupiny ControlLogix.



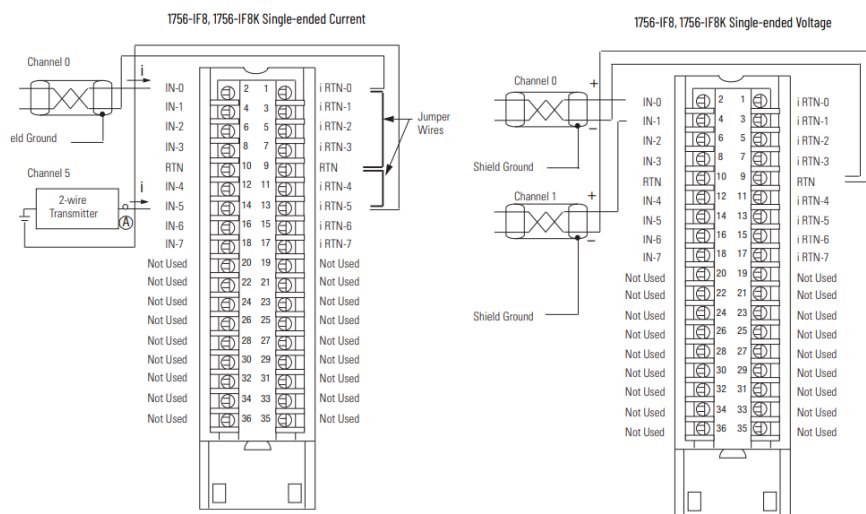
Obr. 2.24: Výpis modulů pro simulátor 6 z aplikace RSLinx

Modul 1756-OF4 slouží pro připojení analogových výstupů. Disponuje čtyřmi napěťovými nebo proudovými výstupy v rozsahu ± 10 V nebo 0-20 mA. Lze připojit zařízení s vnitřní impedancí pro napěťové připojení menší jak 2000Ω a pro proudovou smyčku od 0-750 Ω .



Obr. 2.25: Schéma zapojení modulu 1756-OF4[9]

Pro analogové vstupy je zde použit modul 1756-IF8, ke kterému lze zapojit osm single-ended vstupů, čtyři vstupy diferenciálně a dva vstupy s rychlejší diferencí. Modul má vstupní rozsah ± 10 V, 0-10 V, 0-5 V a 0-20 mA. Vnitřní impedanci pro napěťové připojení je větší nebo rovno 10 M Ω a pro proudovou smyčku je 249 Ω . Modul používá A/D převodník typu Sigma-Delta.



Obr. 2.26: Schéma zapojení modulu 1756-IF8[9]

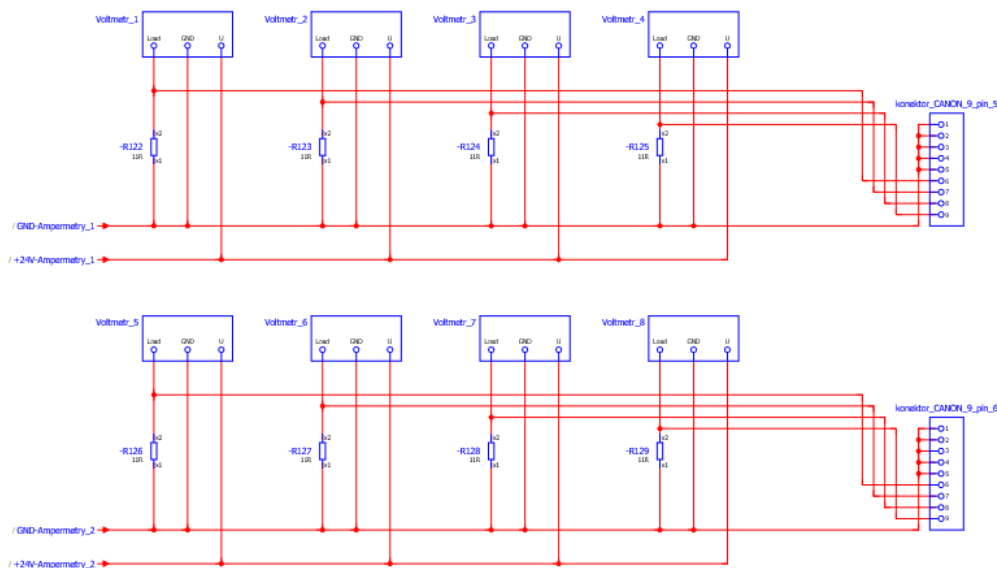
Moduly pro diskretní I/O jsou použité 1756-OB16D a 1756-IB16, které jsou popsány v podkapitole Simulátor 4. Propojení simulátoru s PLC viz Příloha A

Všechny hodnoty parametrů k modulům v této kapitole jsou převzaty z dokumentace. [9, 10]

3 Návrh úprav simulátoru

3.1 Analogové vstupy a výstupy

Analogové vstupy byly špatně zapojeny a po přepojení dle datasheetu začaly fungovat, jak měly. U simulátoru 6 stále docházelo k vzájemnému ovlivňování i po přepojení, při změně potenciometru 1 se změnila hodnota vyčítaná na vstupu 2 a při změně potenciometru 2 se zase změnila vyčítaná hodnota na vstupu 2. To bylo způsobeno tím, že uvnitř modulu se nachází symetrické napájení pro další obvody a součástky. Analogové výstupy jsou realizovány ručičkovými ampérmetry, které mají měřící rozsah do 3 A a jsou upraveny pomocí bočnicku, aby měřily hodnotu 0-30 mA. Zároveň mají vnitřní odchylku a při odečtu vzniká chyba měření, jestliže se nedíváme na ampérmetr přímo kolmo. Návrh na úpravu je použít místo analogových ampérmetrů digitální, které mají přesnost měření větší. Tyto ampérmetry mají rozsah 0-200 mA, přičemž měřený proud je od 0-20 mA, což by bylo měřeno v 1/3 rozsahu, kde je měření s větší chybou. Z tohoto důvodu použijí místo ampérmetru voltmetr s bočníkem pro úpravu rozsahu, aby měřil miliampéry. Voltmetr bude místo 0-30 V měřit 0-30 mA, velikost bočnicku bude 1 k Ω a použitý typ voltmetru bude panelový voltmetr LED červený s označením H27V3. Tento voltmetr má přesnost měření $\pm 0,1\%$, spotřebu méně jak 20 mA a připojuje se pomocí tří vodičů. Schéma zapojení je znázorněno viz Obr.3.1.



Obr. 3.1: Upravené schéma zapojení ampérmetrů

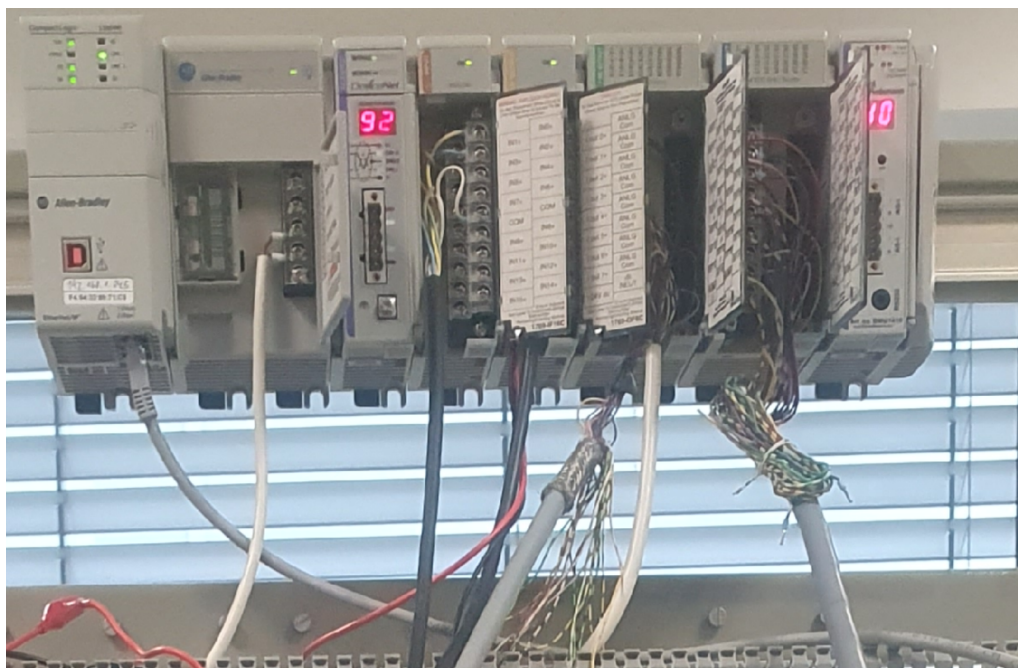
Diskrétní výstupy mají některé studené spoje, které je třeba opravit. Simulátory 1-3 mají připojené odpory, které propojují pin 10 s jednotlivými výstupy. Toto provedení mělo sloužit pro obrácenou logiku spínání výstupů. Výše zmíněné odpory bych odpojil a vyřešil tak prosvěcování ostatních LED diod. Při přivedení napětí na jeden výstup se napětí objeví i na zbývajících výstupech.

Diskrétní vstupy jsou realizovány prostřednictvím přepínačů a tlačítek. Panel číslo 4 má přepínače a tlačítka, avšak tlačítka přísluší pouze vstupům 16-32, proto bych celý panel upravil a přepínače nahradil tlačítky. To umožní volbu mezi panelem s přepínači či tlačítky, aniž by bylo nutné přepojovat panel na svorkovnici modulu. Každý panel, jenž potřebuje napájení, bych předělal na konektor, což by vedlo k lepší manipulaci při případné opravě.

4 Provedené úpravy na simulátorech

4.1 Kabelové propojení

Spojení mezi simulátorem a diskretní moduly PLC je tvořeno pomocí 36-vodičového kabelu a konektoru CANNON 37. A mezi analogovými moduly je spojení realizované pomocí 6-vodičového kabelu a konektoru CANNON 9. Propojení kabelů se svorkovnicemi jednotlivých modulů viz Obr.4.1.



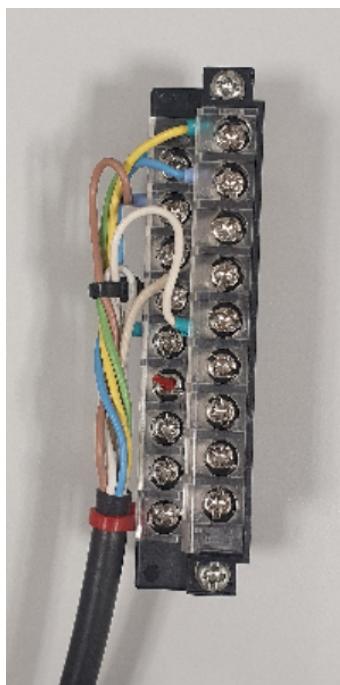
Obr. 4.1: Realizace kabelového propojení simulátoru s PLC

Jelikož některé moduly jsou jen 16-vstupové/výstupové, tak nejsou všechny vodiče zapojeny. Délka kabelu je akorát dostačující, aby došlo ke spojení panelů s moduly PLC. Pro úpravu jsem tedy zvolil postup, přičemž pokud bude v budoucnu vyměněn modul za větší, tak kabeláž se kvůli tomu nebude muset měnit. Přes všechny vodiče kabelu jsem dal smršťovací bužírku, ty nepoužité přehl zpět ke kabelu a zadělal je druhou smršťovací bužírkou viz Obr.4.2. Dále jsem použil stahovací pásky na přichycení vodičů k sobě a zpevnil jsem tak kabel se svorkovnicí, aby s ní byla následná manipulace jednodušší, jelikož se k daným modulům připojují i přípravky, jenž jsou použity k závěrečnému projektu v předmětu BPC-PGA.



Obr. 4.2: Upravené kabelové spojení se svorkovnicí

Kabely pro spojení analogových modulů s PLC jsem připevnil ke svorkovnici pomocí stahovací pásky a její konec jsem zastříhl tak, aby se do svorkovnice vešla. Konec pásky jsem poté umístil do místa svorky, ve kterém nic není připojeno a přichytil ji šroubkem viz Obr.4.3.



Obr. 4.3: Zapojení svorkovnice analogových modulů

Zapojení jednotlivých diskretních vstupů nebo výstupů na panelu a propojení kabelů se svorkovnicí podle barevného označení vodičů je uvedeno viz Tab.4.1.

Tab. 4.1: Piny konektoru CANNON 37, barevné označení vodičů a jejich propojení

Pin	Barva	Zapojení panel	Pin	Barva	Zapojení panel
1	Fialová	Zem	20	-	Zem
2	Černá	0 vstup/výstup	21	Růžovo-šedá	16 vstup/výstup
3	Červená	1 vstup/výstup	22	Hnědo-černá	17 vstup/výstup
4	Modrá	2 vstup/výstup	23	Červeno-modrá	18 vstup/výstup
5	Růžová	3 vstup/výstup	24	Bílo-černá	19 vstup/výstup
6	Šedá	4 vstup/výstup	25	Šedo-zelená	20 vstup/výstup
7	Hnědo-červená	5 vstup/výstup	26	Zeleno-modrá	21 vstup/výstup
8	Žlutá	6 vstup/výstup	27	Žluto-šedá	22 vstup/výstup
9	Bílo-červená	7 vstup/výstup	28	Modro-žlutá	23 vstup/výstup
10	Zelená	+24 V (volný)	29	Zeleno-bílá	24 vstup/výstup
11	Hnědo-modrá	8 vstup/výstup	30	Černo-žlutá	25 vstup/výstup
12	Hnědá	9 vstup/výstup	31	Zeleno-růžová	26 vstup/výstup
13	Bílá	10 vstup/výstup	32	Zeleno-červená	27 vstup/výstup
14	Bílo-modrá	11 vstup/výstup	33	Zeleno-červená	28 vstup/výstup
15	Růžovo-hnědá	12 vstup/výstup	34	Žluto-červená	29 vstup/výstup
16	Hnědo-šedá	13 vstup/výstup	35	Žluto-růžová	30 vstup/výstup
17	Bílo-šedá	14 vstup/výstup	36	Růžovo-bíla	31 vstup/výstup
18	Bílo-žlutá	15 vstup/výstup	37	Zeleno-hnědá	Zem
19	Hnědo-žlutá	Zem	-	-	-

Spojení mezi simulátorem a analogovými moduly je realizováno pomocí konektoru CANNON 9 a kabelu, jehož zapojení je znázorněno prostřednictvím tabulky. Piny 1 až 5 jsou navzájem propojeny a k nim jsou připojeny dvě bílé vodiče viz Tab.4.2.

Tab. 4.2: Piny konektoru CANNON 9, barevné označení vodičů a jejich propojení

Pin	Barva	Zapojení panel
1-5	2x Bílá	Zem
6	Žlutá	0 vstup/výstup
7	Zelená	1 vstup/výstup
8	Modrá	2 vstup/výstup
9	Hnědá	3 vstup/výstup

4.2 Úpravy na simulátorech

4.2.1 Úprava panelů pro diskretních vstupy

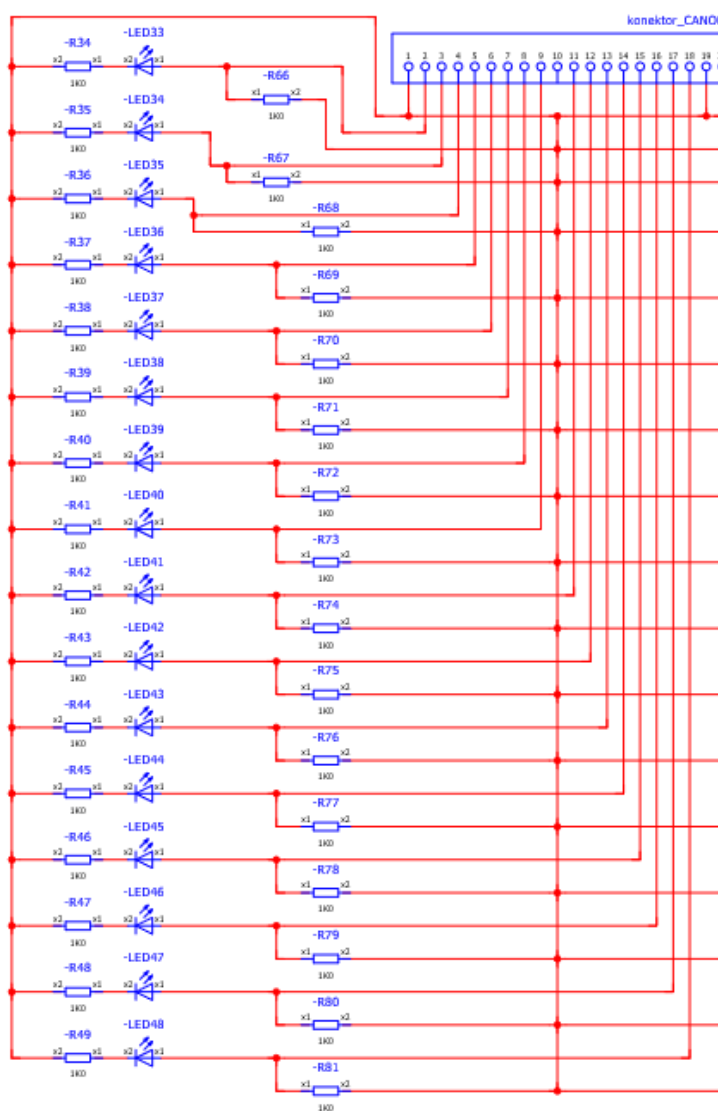
Původní návrh byl nechat jeden panel přepínačů a druhý panel tlačítek, ale jelikož jsou při simulaci potřeba někdy společně tlačítka i přepínače, rozhodl jsem se udělat panely tak, že půlka panelu jsou přepínače a půlka tlačítka. Takže pro 16 vstupové moduly jsou k dispozici osm tlačítek a osm přepínačů a pokud by došlo v budoucnu k výměně modulu z 16 vstupého za 32 vstupý bude k dispozici šestnáct tlačítek a šestnáct přepínačů. Původní vzhled panelů a předělaný vzhled panelů viz Obr.4.4.



Obr. 4.4: Vlevo panely původní a vpravo předělané panely diskretních vstupů

4.2.2 Oprava diskretních výstupů

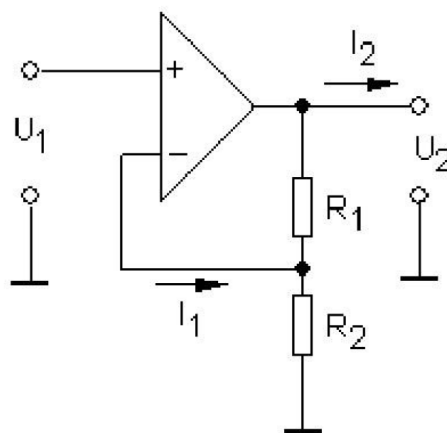
Co se týče simulátorů 1-3, zde jsem odpory místo odpájení uzemnil viz Obr.4.5 a díky tomu se už výstupy neovlivňují. U simulátoru 3 nefungoval výstup 0. Původním vyhodnocením problému byl studený spoj, ale po důkladném proměření jsem zjistil, že výstup z modulu není funkční. Domnívám se, že se buď prorazil tranzistor, nebo došlo ke zničení optočlenu, který odděluje výstupní obvod s obvodem procesoru. Tento problém byl i u simulátoru 5. Pro simulátor 3 jsme našli náhradní modul, který jsem vyměnil. Takže modul 1769-OB16 byl nahrazen modulem 1769-OB16P. U simulátoru 5 bohužel k nahrazení nedošlo, jelikož 32 výstupní modul není k dispozici. Takže pro simulátor 5 je použitelných jen 31 diskretních výstupů.



Obr. 4.5: Schéma uzemnění rezistorů na pin 1, 19, 20 a 37

4.2.3 Úprava analogových výstupů

Původní návrh tkvěl v úplném nahrazení ručičkových ampérmetrů. Tento plán jsem přehodnotil, a jelikož zde byly dva panely těchto ampérmetrů, tak jsem jen jeden panel předělal na digitální a ten druhý zachoval. U simulátorů 2, 3 a 5 nastal problém, kde výstupní modul měl maximální výstupní napětí pouze 11 V. Díky tomu nešel realizovat bočník o hodnotě 1 k Ω jako u simulátorů 1, 4 a 6, u kterých měl analogový výstupní modul na výstupu 20 V. Jelikož výstupní proudová smyčka je 0-20 mA nebo 4-20 mA, zvolil jsem pro řešení zesilovač tvořený operačním zesilovačem TL084. Tento operační zesilovač jsem zapojil jako neinvertující napěťový zesilovač viz Obr.4.6.



Obr. 4.6: Schéma zapojení napěťového neinvertujícího zesilovače [12]

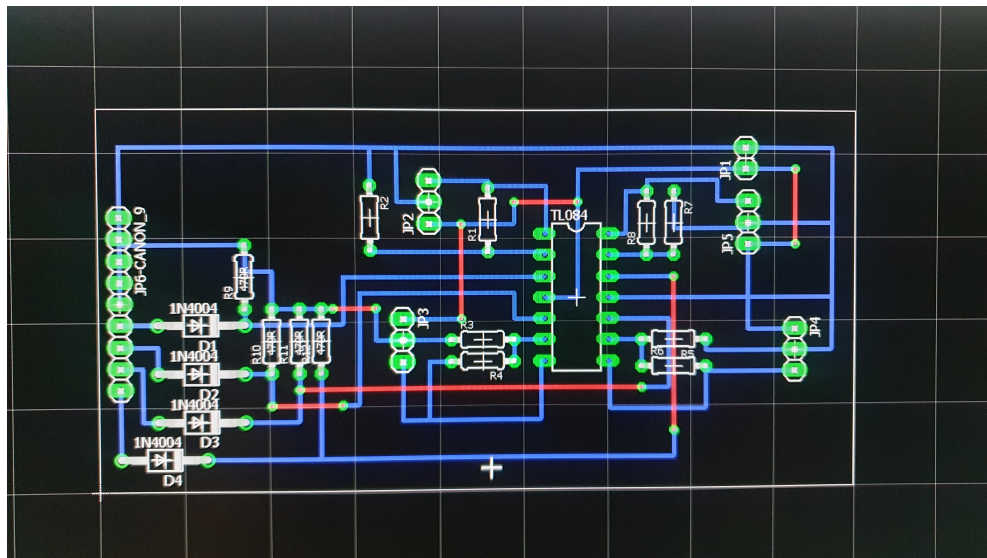
Matematické vyjádření U_1 a U_2 [12]:

$$U_1 = U_2 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (4.1)$$

$$U_2 = U_1 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (4.2)$$

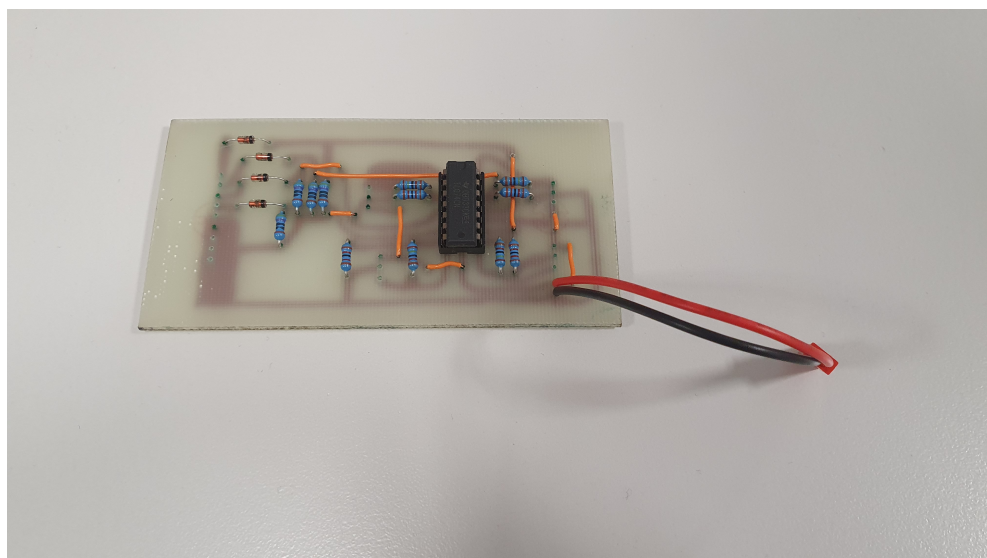
Změřil jsem si hodnotu napětí na výstupu modulu při 4 mA, což činilo 1,88 V a při 20 mA byla hodnota napětí 9,4 V. Při hodnotě 9,4 V jsem potřeboval, aby na výstupu zesilovače bylo 20 V. Z rovnice 4.2 jsem si dopočítal hodnoty R_1 a R_2 , které mi vyšly $R_1 = 18 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 16 \text{ k}\Omega$. Při realizaci operačního zesilovače na nepájivém kontaktním poli jsem dané hodnoty otestoval. Jelikož proudová smyčka dodávaná ze simulátoru do analogového vstupního modulu nečiní přesně 4-20 mA, ale pohybuje se kolem 3,5-13,6 mA, tak jsem se rozhodl přizpůsobit měřený výstup, aby výstup na digitálním voltmetru byl 4,65-19,2 V. Hodnoty rezistorů jsem proto zvolil $R_1 = 24 \text{ k}\Omega$ a $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$.

Po úspěšném otestování na nepájivém kontaktním poli jsem daný obvod realizoval v programu Eagle viz Příloha B a navrhl jsem zapojení na DPS (desku plošných spojů) viz Obr.4.7.

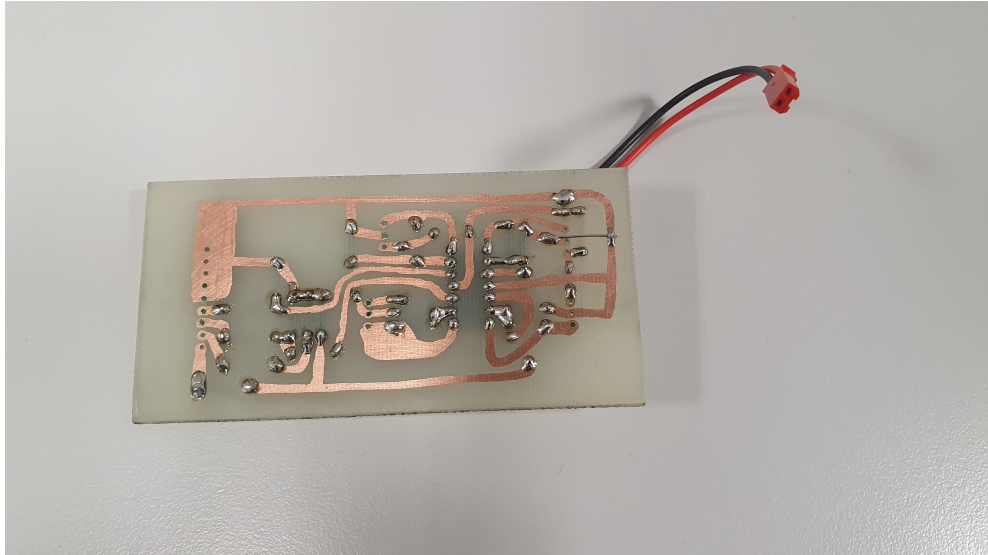


Obr. 4.7: Návrh cest pro DPS

Následně jsem si návrh vytiskl, vyvrtal otvory na součástky, pomocí pera s leptuvzdornou barvou nakreslil příslušné cesty a desku vyleptal v kyselině chlorovodíkové s peroxidem vodíku. Po vyleptání jsem desku umyl od leptuvzdorné barvy acetonem a následně ji ošetřil ochranným pájitelným lakem. Na závěr jsem desku osadil součástkami, propoji a konektorem viz Obr.4.8.



Obr. 4.8: Osazená deska součástky a propoji



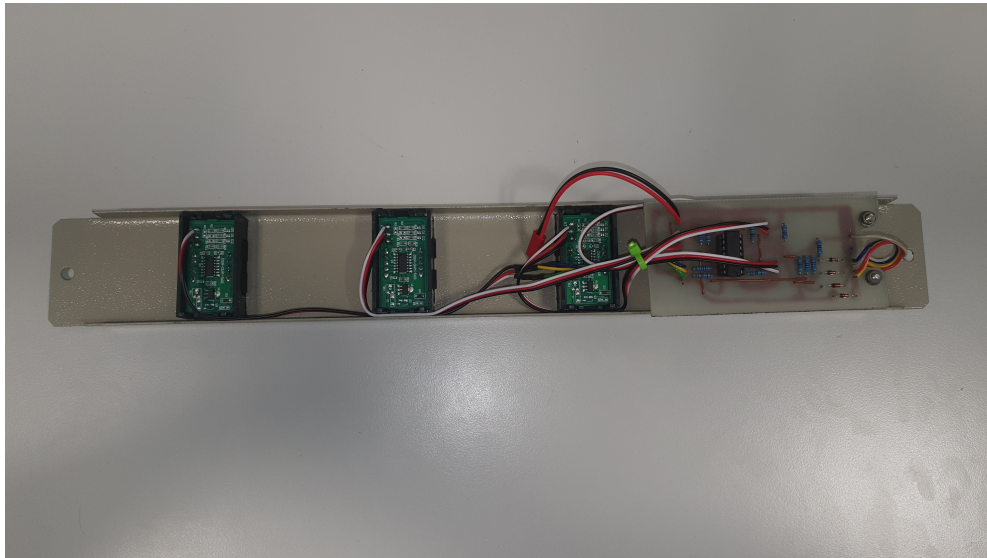
Obr. 4.9: Napájené součástky a ukázka cest

Na výstup jsem připojil diodu s označením 1N4148, která slouží jako ochrana proti přepólování. Pro integrovaný obvod jsem napájel klasickou patičkou. Pro napájení je použit typ konektoru JST SYP. Rezistory jsou použity 0,6 W s tolerancí 1 %. Digitální voltmetr s označením H27V3 má montážní otvor 46x28mm, a jelikož po oddělení ručičkových ampérmetrů zůstaly malé otvory, bude potřeba je zvětšit. Rozměřil jsem si příslušné otvory na voltmetry a pomocí rýsovací jehly narýsoval šablonu, podle které budu frézovat viz Obr.4.10.



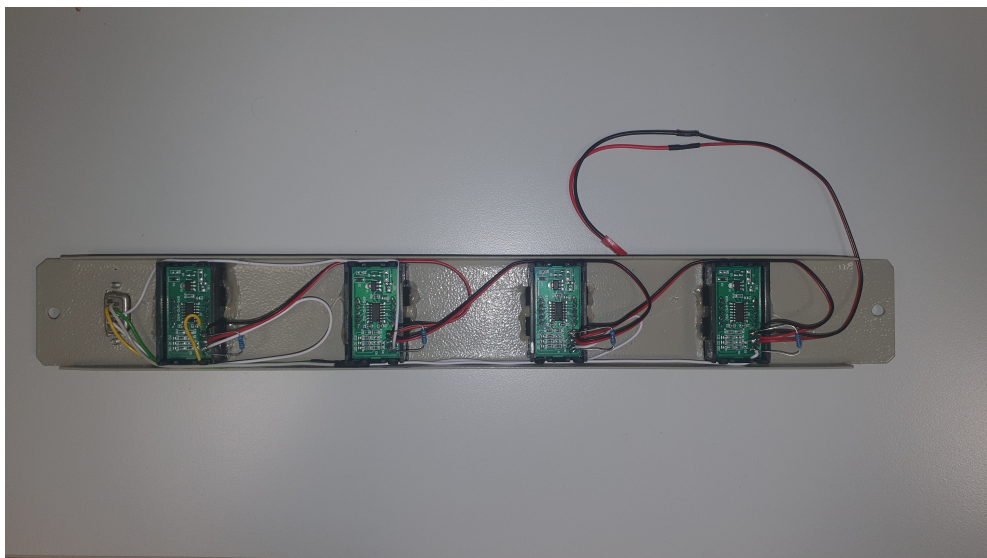
Obr. 4.10: Frézování otvorů

Konektor CANNON 9 byl v panelu přidělán šroubky M3x10mm, tyto šroubky jsem poté nahradil M3x30mm. Na ně jsem ze zadní strany panelu umístil navrženou desku viz Obr.4.11. Červený vodič napojený na konektor přísluší výstupu 0, výstupem 1 je žlutý vodič, jako výstup 2 pak modrý vodič a poslední výstup je propojen bílým vodičem.



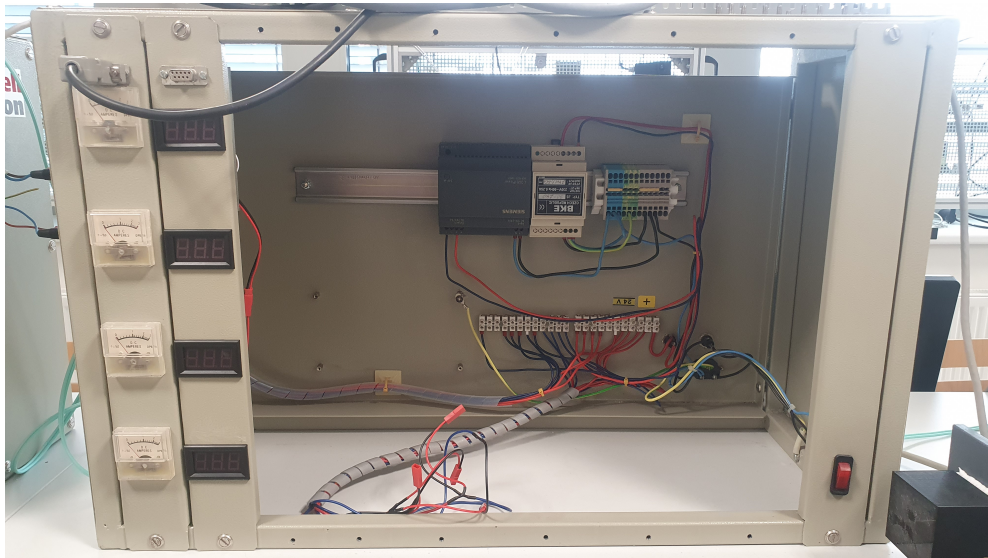
Obr. 4.11: Osazený panel voltmetry a navrženou deskou

Pro simulátory 1, 4 a 6 jsem voltmetry zapojil podle schématu v Příloze A "Zapojení panelů ampérmetrů - nové zapojení". Provedení lze vidět viz Obr.4.12.



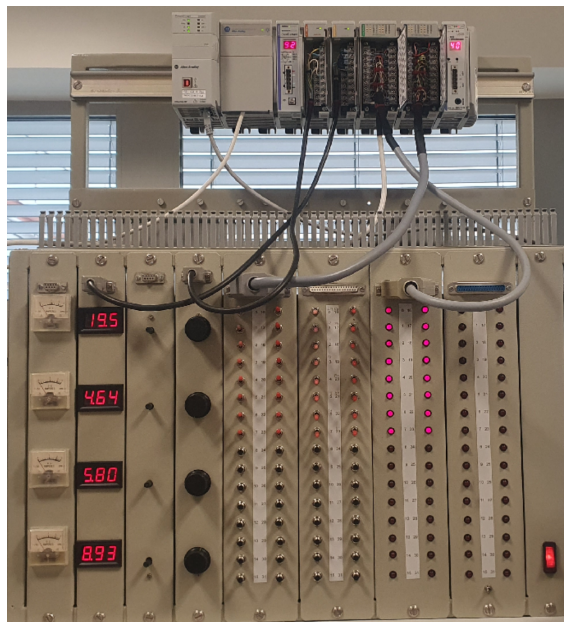
Obr. 4.12: Zapojení voltmetrů s bočníkem

V simulátoru jsem upravil kabeláž, jelikož zde chyběly dráty pro napájení panelu s voltmetry. Přívod tohoto panelu jsem následně napojil na svorkovnici, která je jištěna pojistkou s dimenzovaným proudem 800 mA viz Obr.4.13.



Obr. 4.13: Montáž panelu a úprava kabeláže

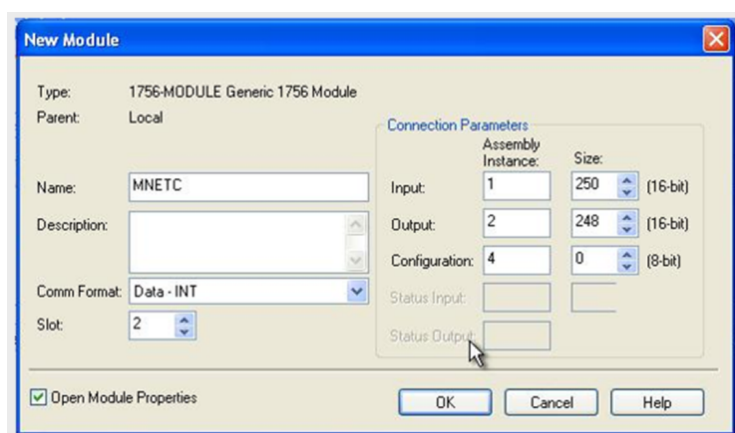
Výsledný vzhled zrekonstruovaného simulátoru je znázorněn viz Obr.4.14. Tyto úpravy byly provedeny i na zbylých pěti simulátorech. U simulátoru 1 a 6 ještě došlo k výměně hlavního vypínače, jelikož kolébkový vypínač na 220 V byl už opotřebovaný.



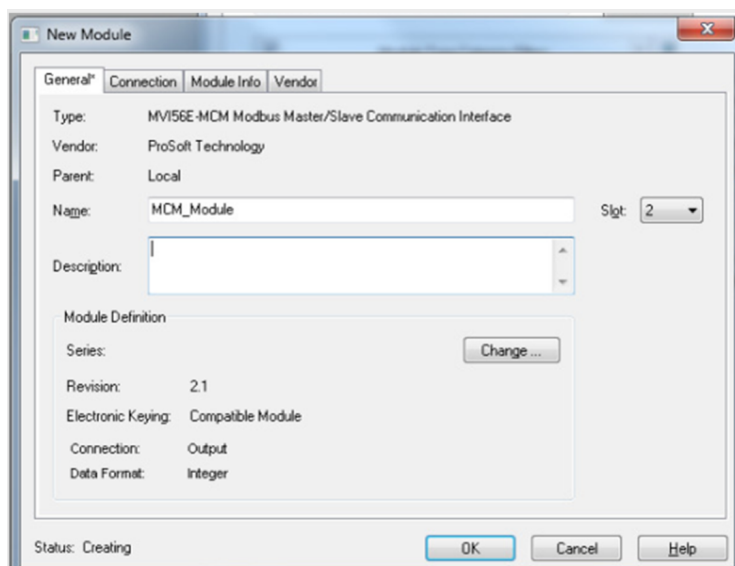
Obr. 4.14: Aktuální vzhled simulátoru

5 Add Profile technologie

Add Profile technologie neboli AOP (Add-On Profile) je nástroj pro komunikaci s PLC, který se stahuje z webových stránek výrobce a instaluje se do programovacího balíku RSLogix/Studio 5000 od společnosti Rockwell Automation. Kromě toho, že obsahuje informace a konfigurace, přidává i další parametry pro komunikaci. Některé instalace AOP nabízejí grafické rozhraní pro konfiguraci, včetně adres IP a masky podsítě. Po instalaci AOP mohou být k dispozici funkční bloky usnadňující programování nového zařízení. Pro přidání nového modulu s AOP do Studio 5000 stačí vyplnit jen název, slot (pozice, kde je modul připojen k PLC), revizi a typ formátu dat, jenž budeme dostávat z modulu.[13]



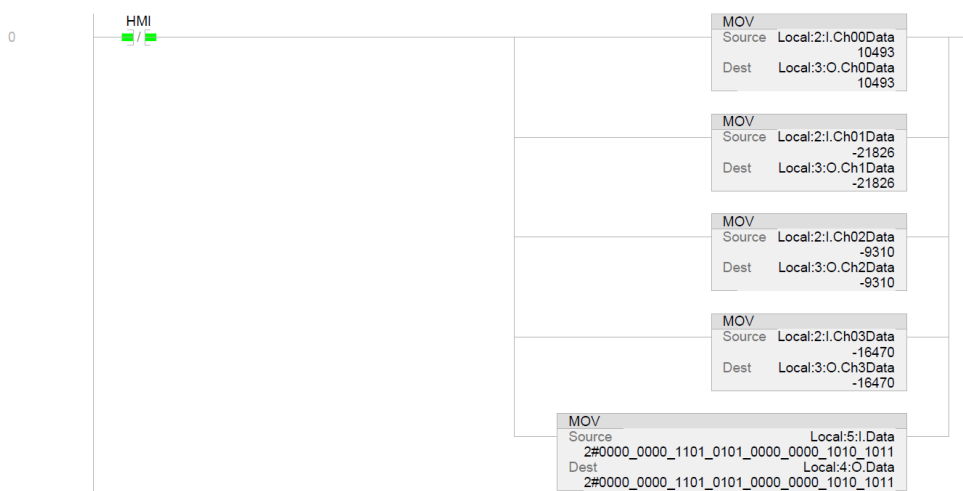
Obr. 5.1: Konfigurace modulu bez AOP[14]



Obr. 5.2: Konfigurace modulu s AOP[14]

6 Demonstrační a testovací úloha s využitím Add Profile technologií

Demonstrační úlohu jsem realizoval v programu Studio 5000. Zvolil jsem vzájemné propojení jednotlivých vstupů a výstupů pro názornou ukázkou funkčnosti, což jsem realizoval pomocí instrukce MOV viz Obr.6.1.



Obr. 6.1: Ukázka kódu demonstrační úlohy

Testovací úloha propojuje virtuální simulátor vytvořený v programu FactoryTalk viz Obr.6.2 a fyzický simulátor.

Analogový výstup	Analogový vstup	Diskretní vstup				Diskretní výstup			
	Vstup 0								
Výstup 0	-21859 10482	ON 0	16	ON		OFF 0	16	OFF	
NNNNNNN	#####	ON 1	17	ON		OFF 1	17	OFF	
	Vstup 1	ON 2	18	ON		OFF 2	18	OFF	
Výstup 1	-21834 10478	ON 3	19	ON		OFF 3	19	OFF	
NNNNNNN	#####	ON 4	20	ON		OFF 4	20	OFF	
	Vstup 2	ON 5	21	ON		OFF 5	21	OFF	
Výstup 2	-21803 10397	ON 6	22	ON		OFF 6	22	OFF	
NNNNNNN	#####	ON 7	23	ON		OFF 7	23	OFF	
	Vstup 3	ON 8	24	ON		OFF 8	24	OFF	
Výstup 3	-21971 10231	ON 9	25	ON		OFF 9	25	OFF	
NNNNNNN	#####	ON 10	26	ON		OFF 10	26	OFF	
		ON 11	27	ON		OFF 11	27	OFF	
		ON 12	28	ON		OFF 12	28	OFF	
		ON 13	29	ON		OFF 13	29	OFF	
		ON 14	30	ON		OFF 14	30	OFF	
		ON 15	31	ON		OFF 15	31	OFF	
									Vypruto

Obr. 6.2: Virtuální simulátor

Propojil jsem diskretní vstup z vizualizace s fyzickým diskretním výstupem a výstup se vstupem. To stejné jsem aplikoval pro analogové vstupy a výstupy. Pro vizualizaci jsem použil pomocné proměnné u diskretních - TLAC a LED. Virtuální analogové vstupy a výstupy mají pomocné proměnné následující: Potenciometr0 - Potenciometr4 a Ampermetr0 - Ampermetr4 viz Obr.6.3.



Obr. 6.3: Kód pro vizualizaci virtuálního simulátoru

Kód programu je pro všechny simulátory stejný, pouze se mění fyzické moduly a jejich konfigurace. Projekty příslušné k daným simulátorům i s jejich reporty jsou k dispozici v elektronické příloze v záložce "Simulatory".

7 Ověření řešení

U všech šesti simulátorů jsem do příslušných PLC nahrál demonstrační i testovací úlohu. Jednotlivé vstupy a výstupy fungují dle předpokladu, jen je nefunkční vstup 0 u simulátoru 5 v místě diskretního modulu, jak již bylo zmíněno. V průběhu testování jsem u simulátoru 6 zjistil, že jedno z tlačítek bylo rozpínací namísto spínacího, tak jsem jej vyměnil. U simulátorů 2, 3 a 5 mají analogové výstupy hodnotu proudové smyčky 4,6-19,2 mA, přičemž všechny výstupy nemají hodnotu stejnou a liší se v desetínách mA. Pro simulátory 1, 4 a 6 činí rozsah výstupu 0-20 mA. Při propojení analogových vstupů a výstupů je proudová smyčka v rozsahu 3,5-13,6 mA a z důvodu tolerance rezistorů a přesnosti měření voltmetru se mezi jednotlivými výstupy odlišuje v řádu desetín mA.

Závěr

Prvním úkolem této práce bylo provést rešerši o standardizaci diskrétních a analogových signálů pro PLC. Tato problematika byla nastíněna v první kapitole.

Ve druhé kapitole jsem popisoval fyzický simulátor, přičemž v příslušných podkapitolách byli čtenáři obeznámeni s PLC připojenými k danému simulátoru. Popsal jsem jednotlivé moduly a jejich parametry.

Následuje třetí kapitola, kde jsem uvedl jednotlivé návrhy pro analogové i diskrétní I/O spolu s dosavadními úpravami. V další kapitole je zpracováno zapojení kabeláže tak, aby byla u všech simulátorů stejná. Jsou zde zpracovány úpravy analogových výstupů, kde u tří simulátorů bylo zapotřebí navrhnout a vyrobit desky za účelem zesílení napětí, poněvadž modul byl schopen na svůj výstup poskytnout pouze 11 V. Jestliže dojde k výměně modulu či celého PLC, je třeba vyměnit tuto desku za bočník na základě dokumentace k novému modulu. Dále potom pokud dojde k nové realizaci proudové smyčky na analogových vstupních panelech simulátoru, je třeba změnit rezistory u pomocné DPS s zesilovači.

V navazující kapitole byla popsána Add Profile technologie. V programu Studio 5000 jsem realizoval demonstrační i testovací úlohu, jež byla zpracována v šesté kapitole. Úplným závěrem jsem uvedl ověření funkčnosti všech simulátorů.

Literatura

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav a MARTINÁSKOVÁ, Marie. *PLC a automatizace*. 3. dotisk 1. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN 80-860-5658-9.
- [2] ZEŽULKA, František. *Prostředky průmyslové automatizace*. Brno: VUTIUM, 2004. ISBN 80-214-2610-1.
- [3] *AutomationForum.co*. Online. AutomationForum.co. 2023. Dostupné z: <https://automationforum.co/allen-bradley-plc-components-instructions/>. [cit. 2023-12-15].
- [4] BOLTON, William. *Programmable Logic Controllers (4th Edition)*. 4th Edition. San Diego: Elsevier, 2006. ISBN 9780750681124. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8112-4.X5018-9>.
- [5] PETRUZELLA, Frank D. *Programmable logic controllers*. Fifth edition. New York: McGraw Hill Education, 2017. ISBN 978-0-07-337384-3.
- [6] MLČÁK, Tomáš. *PLC připojení čidel*. Ostrava: Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2015. Dostupné z: <https://homel.vsb.cz/~mlc37/PEZI/PLC.pdf>. [cit. 2023-12-18].
- [7] *PLC TECHNICIAN TRAINING*. Online. George Brown College. 2021. Dostupné z: <https://www.plctechnician.com/news-blog/discrete-vs-analog-io-whats-difference>. [cit. 2023-12-20].
- [8] PÁSEK, Jan. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. 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. 2023-12-20]. Pro oprávněné uživatele.
- [9] *1756 ControlLogix I/O Modules Specifications Technical*. Rockwell Automation, 2023. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td002_-en-e.pdf. [cit. 2023-12-20].
- [10] *1769 Compact I/O Modules Specifications Technical Data*. Rockwell Automation, 2023. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf. [cit. 2023-12-20].

- [11] *FieldCommGroup*. Online. FieldCommGroup. 2022. Dostupné z: <https://www.fieldcommgroup.org/technologies/hart/hart-technology-explained>. [cit. 2023-12-20].
- [12] FURKA, David. *Operační zesilovače*. Varnsdorf: VOŠ a SPŠ Varnsdorf, 2014. Dostupné z: <https://www.slideserve.com/norina/opera-n-zesilova>. [cit. 2024-05-11].
- [13] *Control Automation*. Online. DIETRICH, Shawn. Control Automation. 2023. Dostupné z: <https://control.com/technical-articles/what-is-the-difference-between-an-electronic-data-sheet-and-addon-profile/>. [cit. 2024-05-11].
- [14] *ProSoft Technology*. Online. ProSoft Technology. 2024. Dostupné z: <https://www.prosoft-technology.com/Landing-Pages/AOP>. [cit. 2024-05-11].

Seznam příloh

A Elektrické schémata k simulátoru	51
B Eagle	67

A Elektrické schémata k simulátoru



Tel.

Firma / zákazník
 Popis projektu
 Číslo projektu
 Komise

Simulátor I/O
 01

Výrobce (firma)

Sloupec

Název projektu

Výrobek

Typ

Místo instalace

Osoba odpovědná za projekt

Zvláštnost dílu

Semestrální práce

Vytvořeno dne

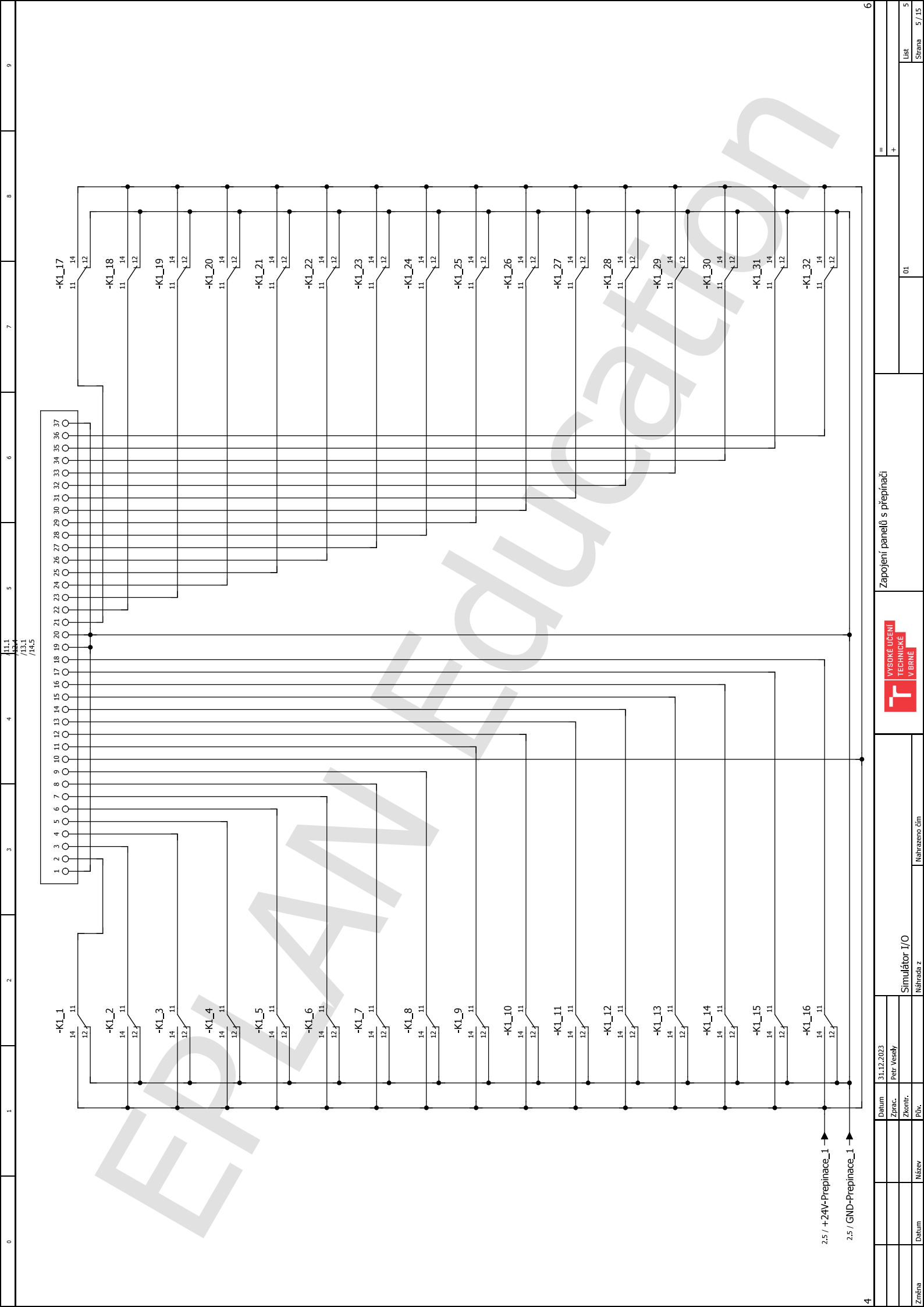
22.10.2023

Zpracováno dne

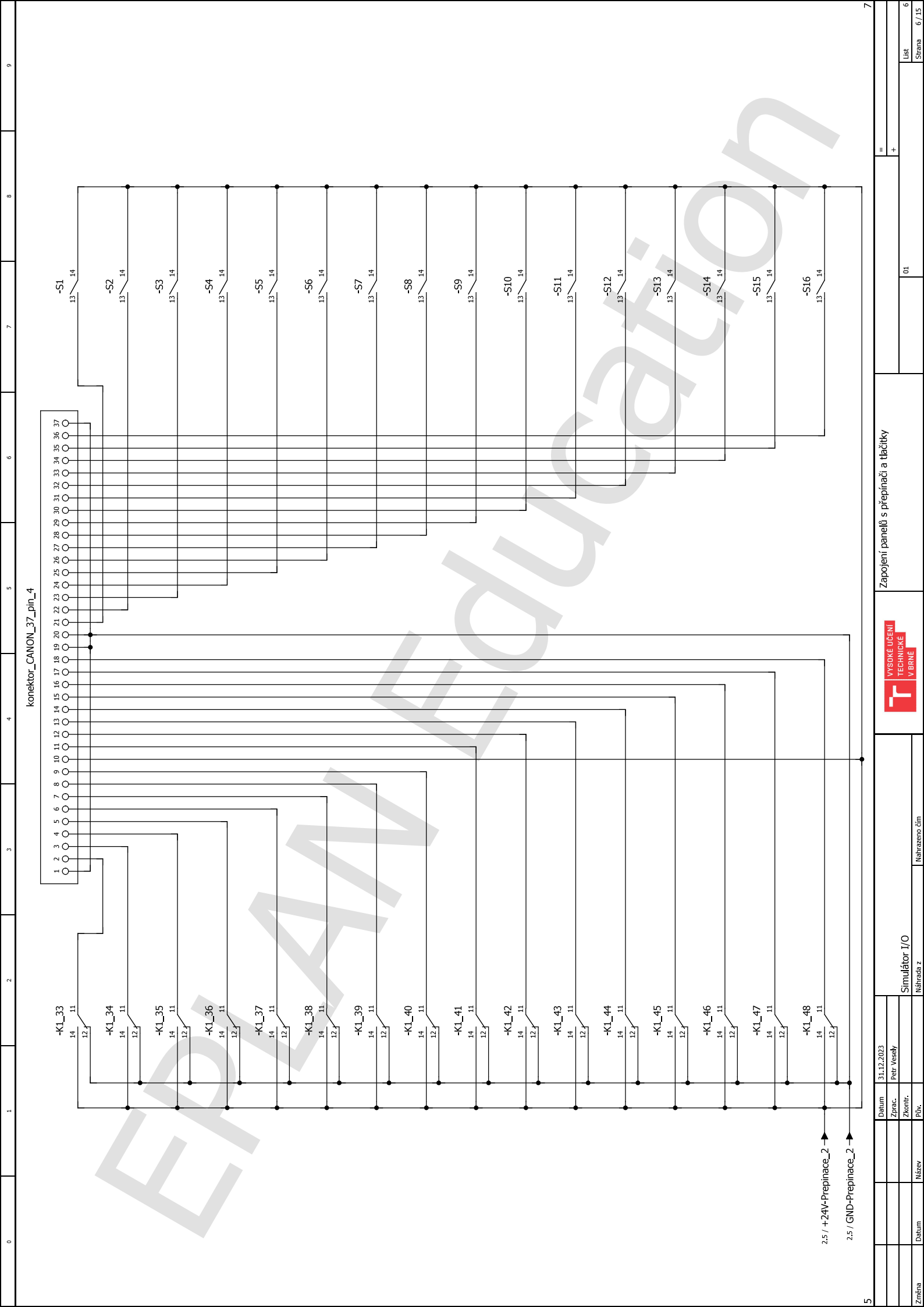
13.05.2024

od (zkratka) Petr Vesely

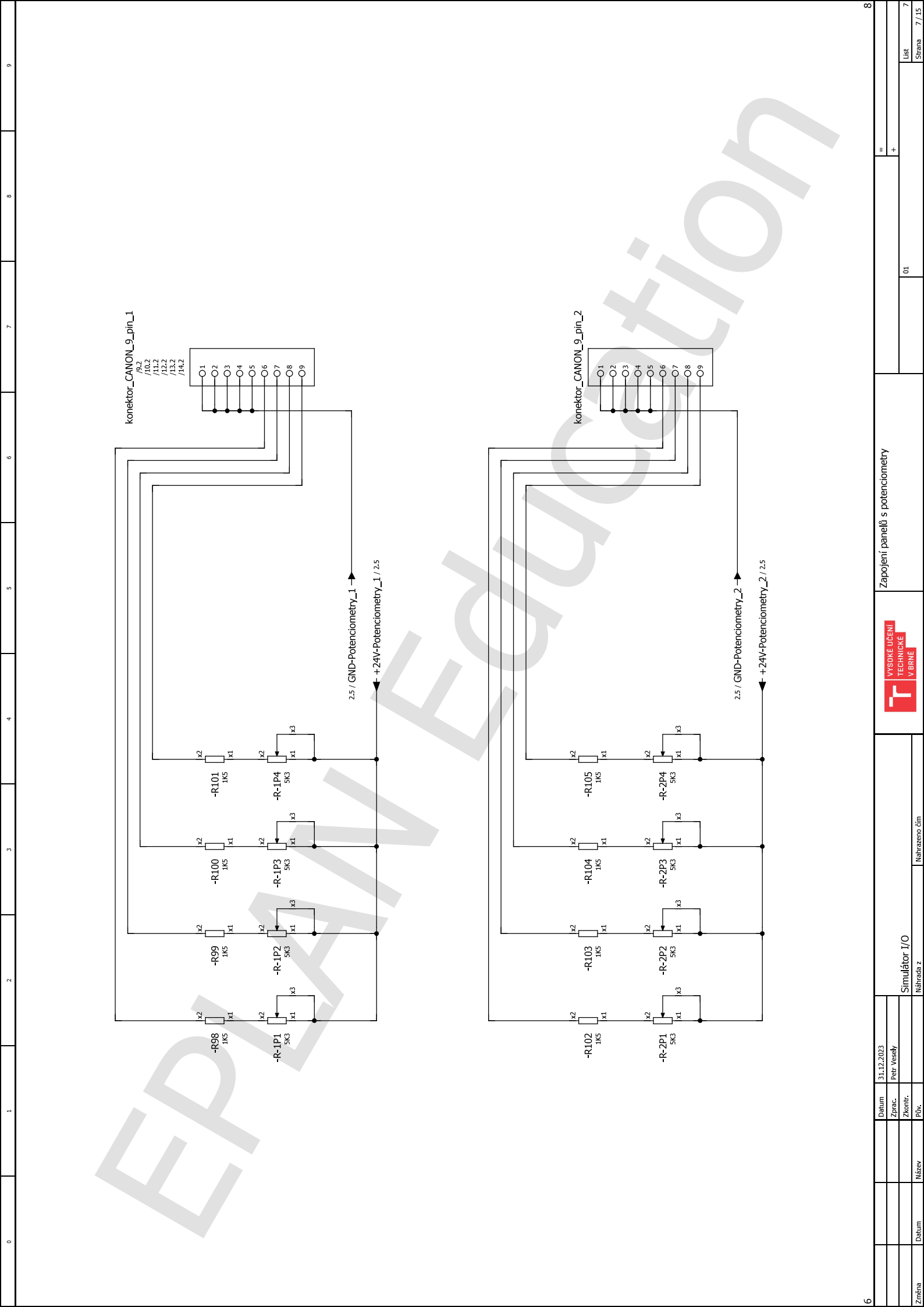
Počet stran 15



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9												
/13.1 /14.5																					
Zapojení panelů s přepínači																					
<table border="1"> <tr> <td>Datum</td> <td>31.12.2023</td> </tr> <tr> <td>Zprac.</td> <td>Petr Veselý</td> </tr> <tr> <td>ZmĚNA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Název</td> <td>Simulátor I/O</td> </tr> <tr> <td>Přív.</td> <td>Náhrada z</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Náhrada čm</td> </tr> </table>										Datum	31.12.2023	Zprac.	Petr Veselý	ZmĚNA		Název	Simulátor I/O	Přív.	Náhrada z		Náhrada čm
Datum	31.12.2023																				
Zprac.	Petr Veselý																				
ZmĚNA																					
Název	Simulátor I/O																				
Přív.	Náhrada z																				
	Náhrada čm																				
<table border="1"> <tr> <td>01</td> <td></td> </tr> <tr> <td>01</td> <td></td> </tr> </table>										01		01									
01																					
01																					
6																					

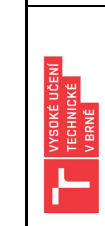


0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
konektor_CANON_37_pin_4										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>-K1_33 14 11</p> <p>-K1_34 14 11</p> <p>-K1_35 14 11</p> <p>-K1_36 14 11</p> <p>-K1_37 14 11</p> <p>-K1_38 14 11</p> <p>-K1_39 14 11</p> <p>-K1_40 14 11</p> <p>-K1_41 14 11</p> <p>-K1_42 14 11</p> <p>-K1_43 14 11</p> <p>-K1_44 14 11</p> <p>-K1_45 14 11</p> <p>-K1_46 14 11</p> <p>-K1_47 14 11</p> <p>-K1_48 14 11</p> <p>2.5 / +24V-Prepinace_2 →</p> <p>2.5 / GND-Prepinace_2 →</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>-S1 13 14</p> <p>-S2 13 14</p> <p>-S3 13 14</p> <p>-S4 13 14</p> <p>-S5 13 14</p> <p>-S6 13 14</p> <p>-S7 13 14</p> <p>-S8 13 14</p> <p>-S9 13 14</p> <p>-S10 13 14</p> <p>-S11 13 14</p> <p>-S12 13 14</p> <p>-S13 13 14</p> <p>-S14 13 14</p> <p>-S15 13 14</p> <p>-S16 13 14</p> </div> </div>										
Změna	Datum	Název	Simulátor I/O				Zapojení panelů s přepínací a tlačítky			7
	31.12.2023		Petř Veselý							
	Zprac.									
	Začet.									
	Přiv.		Návrhová z				01			
			Návrhová čm				6 / 15			
							6			
							List			
							Strana			



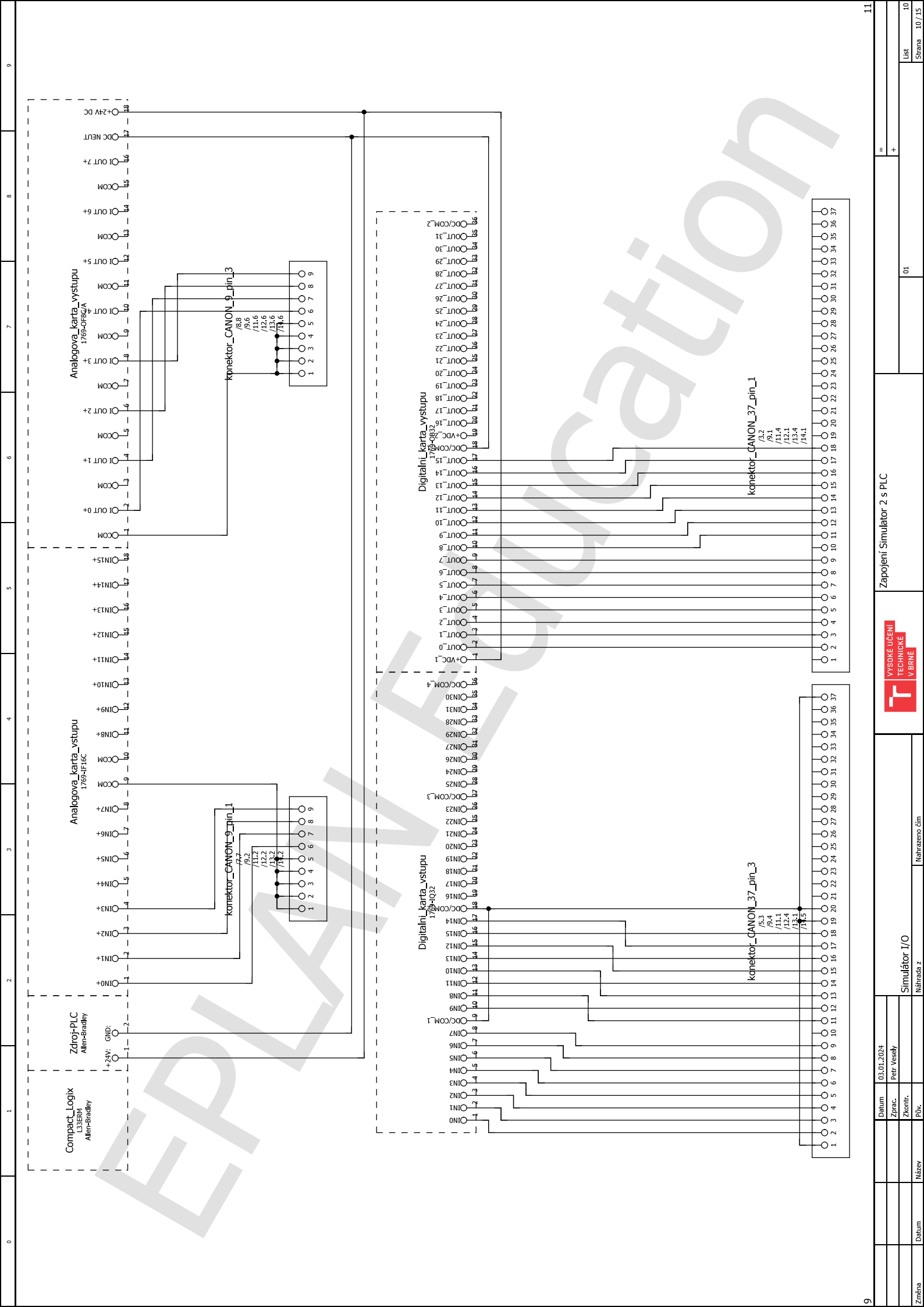
Změna	Datum	Název

Simulátor I/O	
Návrata z	Nahrazeno čm



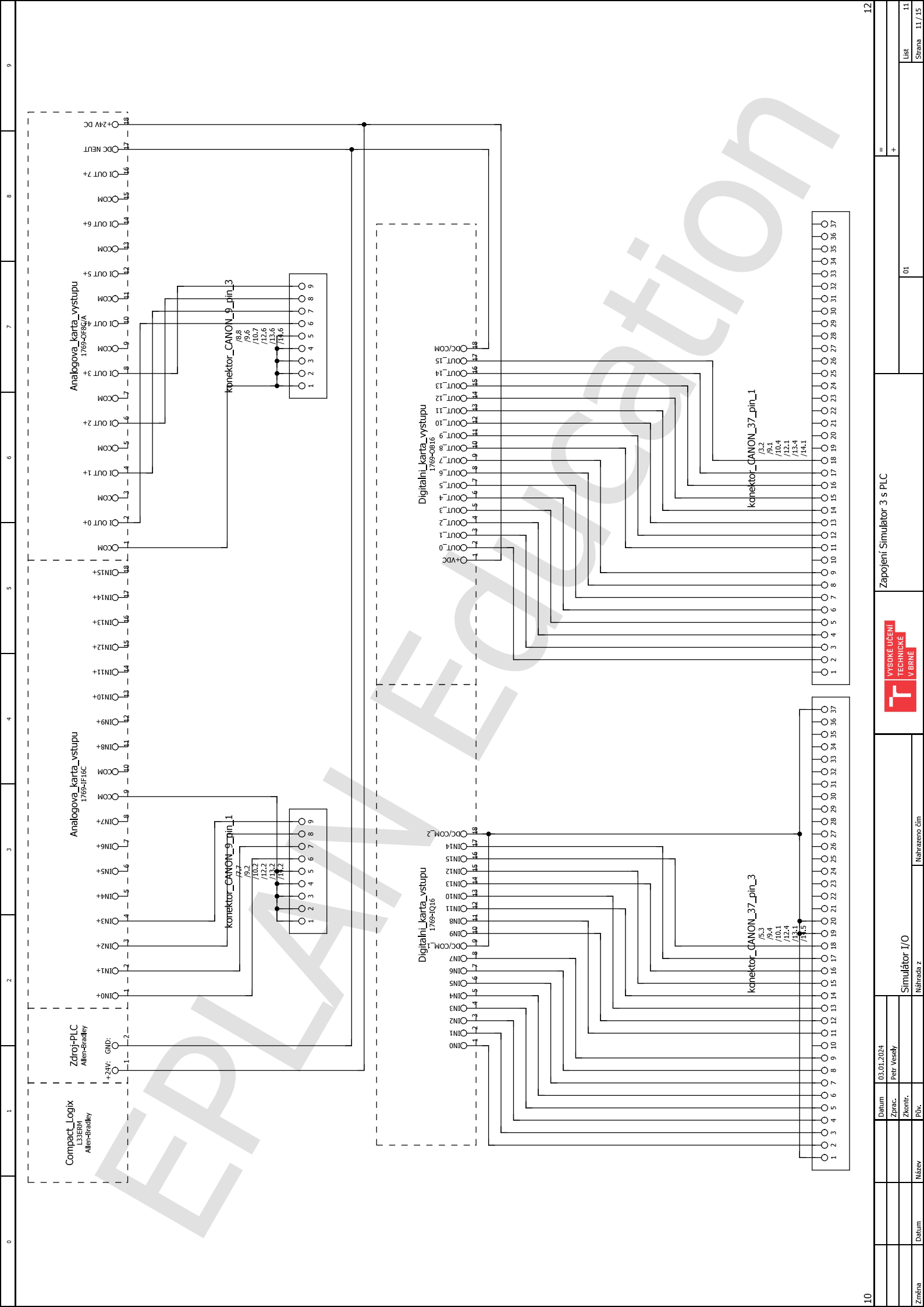
Zapojení panelů s potenciometry

=	
+	
01	

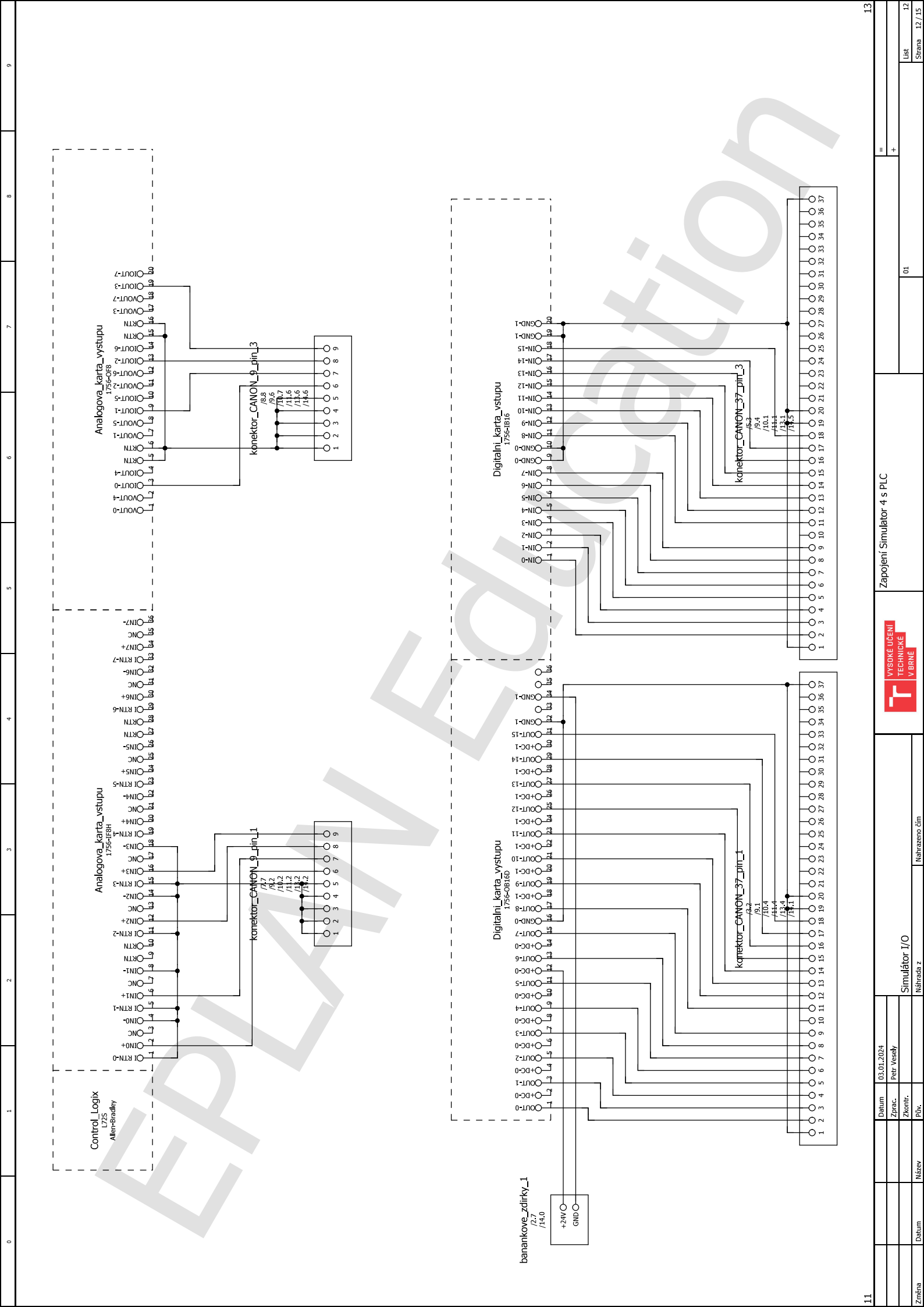


Změna	Datum	03.01.2024	Zapojení Simulátor 2 s PLC		Lst	20
	Zprac.	Petr Veselý				
	Zmont.				01	
	Plv.	Návrh z				
		Návrheno čm				





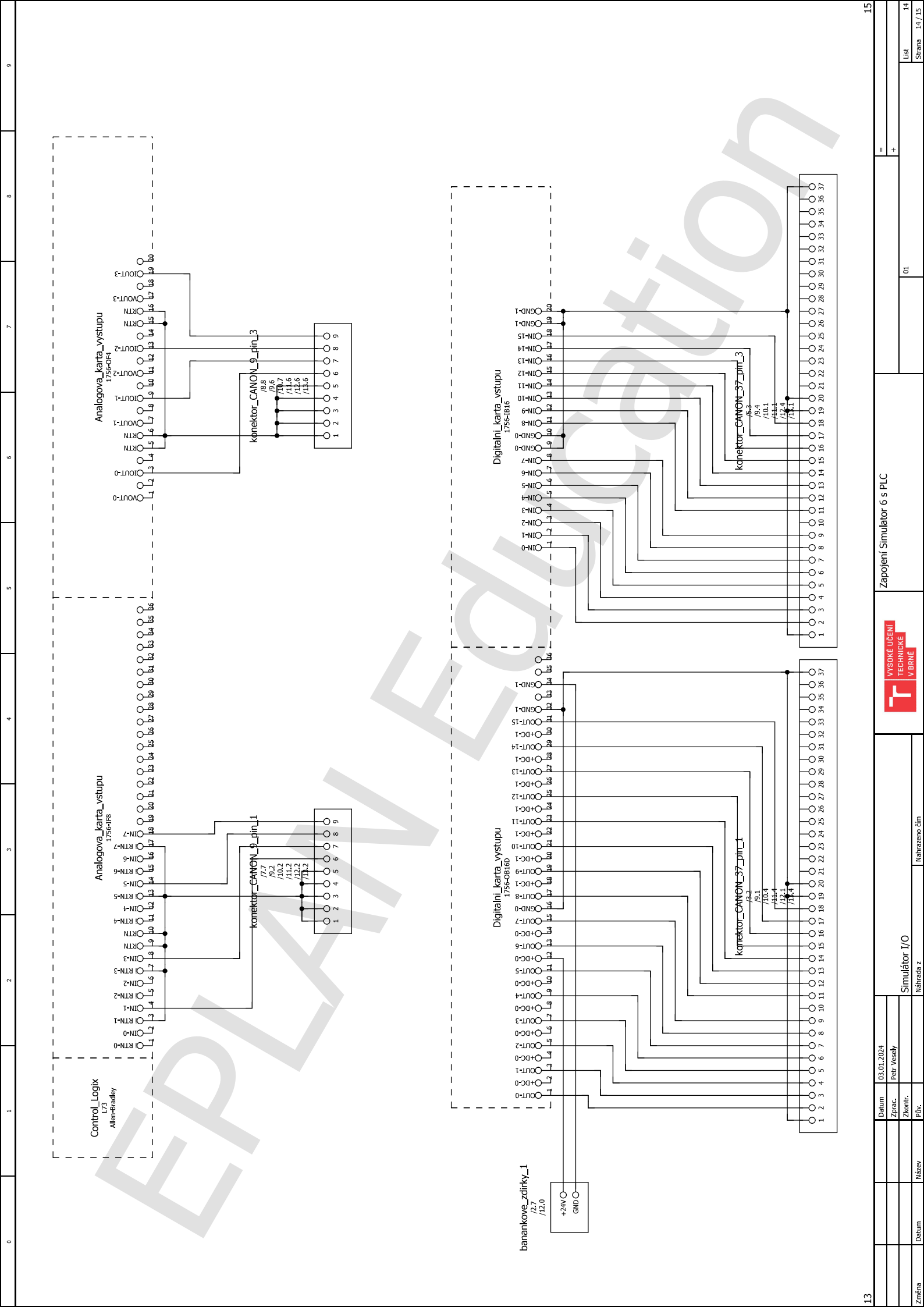
Změna	Datum	Simulátor I/O		Zapojení Simulátor 3 s PLC		Lst	11
		Návrata z		Nahrazeno čm			
		Přív.		01			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			
		Datum		03.01.2024			
		Zdroj		Petr Veselý			
		Zprac.		Petr Veselý			



Datum	03.01.2024
Zprac.	Petr Veselý
Zmtr.	
Název	Simulátor I/O
Změna	Návrata z

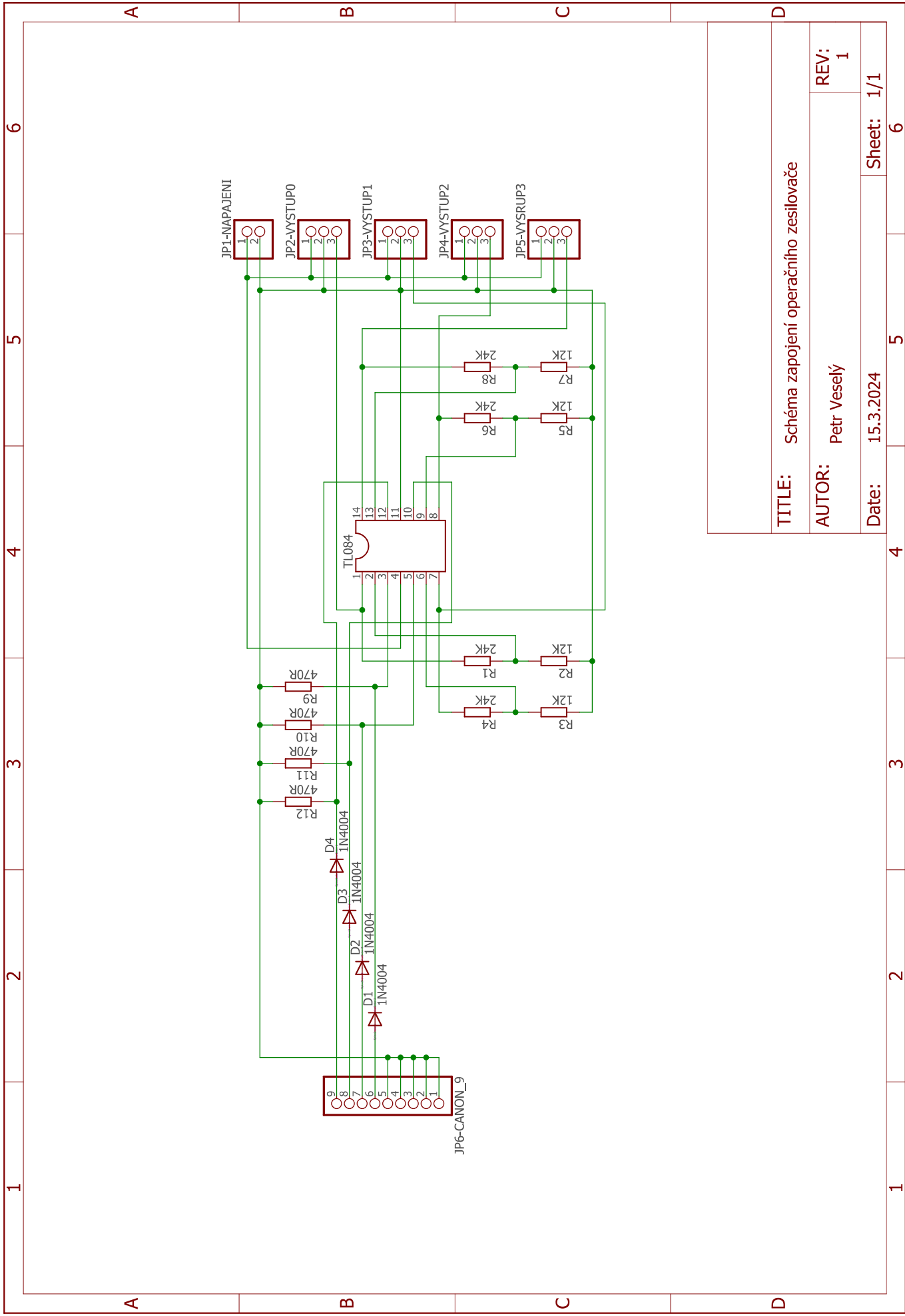
Zapojení Simulátor 4 s PLC	
Návrata čm	

01	
----	--



Změna	Datum	Datum		Zapojení Simulátor 6 s PLC		=	
	Zprac.	03.01.2024				+	
	Zaotr.	Petr Veselý					
	Plv.	Návrh z		Návrheno čim		01	
	Název	Simulátor I/O		VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ		14	
						14 / 15	

B Eagle



TITLE: Schéma zapojení operačního zesilovače	
AUTOR: Petr Veselý	REV: 1
Date: 15.3.2024	Sheet: 1/1

