



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

PROPOJENÍ FYZICKÝCH MODELŮ A PLC ŘADY LOGIX

CONNECTION OF PHYSICAL MODELS AND PLC SERIES LOGIX

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Skopal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2023

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Lukáš Skopal

ID: 221016

Ročník: 3

Akademický rok: 2022/23

NÁZEV TÉMATU:

Propojení fyzických modelů a PLC řady LOGIX

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

- 1) Proveďte literární rešerši o standardizovaných diskrétních signálech pro PLC.
- 2) Seznamte se s fyzickými modely a detailně je popište s ohledem na propojení s PLC.
- 3) Podle návrhu realizujte propojení diskrétních signálů mezi modelem a PLC a případně udělejte úpravy na modelech.
- 4) Vytvořte testovací aplikaci k modelům s ohledem na jejich diagnostiku.
- 5) Vytvořte vizualizaci pro testovací aplikaci.
- 6) Ověřte své řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

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

ANSI/ISA-101.01-2015, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems.

Termín zadání: 6.2.2023

Termín odevzdání: 22.5.2023

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

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
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

Má práce se zabývá propojením a následnou diagnostikou existujících modelů stojanové vrtačky, parkoviště, třídičky kmenů a dávkovače kuliček s PLC Allen-Bradley v laboratoři. Tyto modely budou využívány při výuce předmětu Programovatelné automaty (BPC–PGA). Výsledky této práce jsou hotová propojení v podobě kabelů s konektory a vyjímatelnými svorkovnicemi, které je možno vložit do I/O modulů přiřazeného PLC řady LOGIX výrobce Allen-Bradley a dále pak aplikace a HMI pro ověření funkčnosti jednotlivých komponentů zmíněných modelů.

KLÍČOVÁ SLOVA

PLC, HMI, LOGIX, ControlLogix, CompactLogix, GuardLogix, Allen-Bradley, Vrtačka, Parkoviště, Kmeny, Kuličky

ABSTRACT

My work deals with the connection and subsequent diagnostics of existing models of a stand drill, a parking lot, a trunks sorter and a ball dispenser with an Allen-Bradley PLC in the laboratory. These models will be used in the teaching of the subject called Programmable machines (BPC–PGA). The results of this work are finished connections in the form of cables with connectors and removable terminal blocks, which can be inserted into the I/O modules of the assigned PLC series LOGIX by Allen-Bradley, as well as applications and HMI for verifying the functionality of the individual components of the mentioned models.

KEYWORDS

PLC, HMI, LOGIX, ControlLogix, CompactLogix, GuardLogix, Allen-Bradley, Drill, Parking lot, Trunks, Balls

SKOPAL, Lukáš. *Propojení fyzických modelů a PLC řady LOGIX*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2023, 71 s. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení autora: Lukáš Skopal
VUT ID autora: 221016
Typ práce: Bakalářská práce
Akademický rok: 2022/2023
Téma závěrečné práce: Propojení fyzických modelů a PLC řady LOGIX

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

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Dále chci poděkovat své rodině za podporu při tvorbě této práce.

Obsah

Úvod	12
1 Diskrétní signály	13
1.1 Digitální vstupní modul	13
1.2 Digitální výstupní modul	13
2 Moduly	15
2.1 Seznámení s laboratoří	15
2.2 Vstupní a výstupní moduly	15
2.2.1 1756 ControlLogix (IP 200 & 235)	16
2.2.2 1756 GuardLogix (IP 230)	18
2.2.3 1769 CompactLogix	20
3 Seznámení s modely	24
3.1 Stojanová vrtačka	24
3.2 Parkoviště	25
3.3 Třídička kmenů	26
3.4 Dávkovač kuliček	27
4 Propojení modelů s PLC a jejich úpravy	29
4.1 Úpravy LED	30
4.2 Konektor a kabel	32
4.3 Stojanová vrtačka	33
4.4 Parkoviště	33
4.5 Třídička kmenů	36
4.6 Dávkovač kuliček	38
5 Testovací aplikace	41
5.1 Add-On instrukce	41
5.1.1 Add-On instrukce pro testování výstupů	42
5.1.2 Add-On instrukce pro testování vstupů	43
5.2 Stojanová vrtačka	43
5.2.1 Add-On instrukce pro ovládání motorů pomocí tlačítek	43
5.3 Parkoviště	44
5.3.1 Add-On instrukce pro testování výstupů pomocí tlačítek	45
5.3.2 Add-On instrukce pro testování vstupů motorem	45
5.3.3 Add-On instrukce pro testování vstupů (2 zprávy)	46
5.4 Třídička kmenů	46

5.4.1	Add-On instrukce pro testování optických snímačů B	46
5.5	Dávkořač kuliček	47
5.5.1	Add-On instrukce pro řevod BCD kódu	47
6	Vizualizace	52
6.1	Informační podokno	52
6.2	Ukázky HMI	53
	Závěr	58
	Literatura	59
	Seznam symbolů a zkratek	61
A	Obsah elektronické přílohy	62
B	Elektrická schémata modelů	63
B.1	Stojanová vrtačka	64
B.2	Parkoviště	68
B.3	Třídíčka kmenů	69
B.4	Dávkořač kuliček	71

Seznam obrázků

2.1	1756-IB16	16
2.2	1756-IB16 – vnitřní schéma	16
2.3	1756-OB16D	17
2.4	1756-OB16D – vnitřní schéma	17
2.5	1756-IB16ISOE	18
2.6	1756-IB16ISOE – vnitřní schéma	19
2.7	1756-OB16E	19
2.8	1756-OB16E – vnitřní schéma	20
2.9	1769-IQ16	20
2.10	1769-IQ16 – vnitřní schéma	21
2.11	1769-OB16	21
2.12	1769-OB16 – vnitřní schéma	22
2.13	1769-IQ32	22
2.14	1769-OB32	23
2.15	1769-OB32 – vnitřní schéma	23
3.1	Ovládací deska	24
3.2	Vrtačka – funkční schéma	25
3.3	Parkoviště – funkční schéma	26
3.4	Kmeny – funkční schéma	27
3.5	Kuličky – funkční schéma	28
4.1	RTB	29
4.2	Vrtačka – LED zelená	31
4.3	Vrtačka – LED červená	31
4.4	Kmeny – LED zelená	32
4.5	Kmeny – LED červená	32
4.6	Konektor	33
5.1	Out_AOI	42
5.2	In_AOI	43
5.4	M_AOI	43
5.3	Vrtačka – zjednodušený diagram	44
5.6	Out_M_AOI	45
5.7	In_M_AOI	45
5.8	In_2_AOI	46
5.10	B_In_AOI	46
5.12	Conv_B_AOI	47
5.13	Conv_C_AOI & BCD_AOI	48
5.14	Out_fans_AOI	48

5.5	Parkoviště – zjednodušený diagram	49
5.9	Kmeny – zjednodušený diagram	50
5.11	Kuličky – zjednodušený diagram	51
6.1	[INFORMATION]	52
6.2	Vrtačka – bezchybná diagnostika	54
6.5	Kmeny – ukázka diagnostiky	54
6.3	Vrtačka – diagnostika s chybami	55
6.4	Parkoviště – ukázka diagnostiky	56
6.6	Kuličky – ukázka diagnostiky	57
B.1	Ovládací deska – elektrické schéma	63
B.2	Vrtačka – elektrické schéma (strana 1)	64
B.3	Vrtačka – elektrické schéma (strana 2)	65
B.4	Vrtačka – elektrické schéma (strana 3)	66
B.5	Vrtačka – elektrické schéma (strana 4)	67
B.6	Parkoviště – elektrické schéma (deska)	68
B.7	Parkoviště – elektrické schéma (svorkovnice)	68
B.8	Kmeny – elektrické schéma	69
B.9	Kmeny – desky modelu 1	70
B.10	Kmeny – desky modelu 2	70
B.11	Kuličky – elektrické schéma (vstupy)	71
B.12	Kuličky – elektrické schéma (výstupy)	71

Seznam tabulek

2.1	Rozvržení PLC	15
4.1	Zapojení modelu <i>stojanové vrtačky</i>	34
4.2	Zapojení modelu <i>parkoviště</i>	35
4.3	Zapojení modelu <i>třídičky kmenů</i>	37
4.4	Zapojení modelu <i>dávkovače kuliček – vstupy</i>	39
4.5	Zapojení modelu <i>dávkovače kuliček – výstupy</i>	40

Úvod

Cílem první části této práce je nastudování dokumentace čtyřech již existujících fyzických modelů laboratorních úloh a následné propojení těchto modelů s řídicím systémem tak, aby bylo možné tyto modely nasadit do výuky předmětu *Programovatelné automaty* (BPC–PGA), který spadá do skupiny povinně volitelných předmětů bakalářského studijního programu Automatizační a měřicí technika (BPC–AMT) na Ústavu automatizace a měřicí techniky Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií (FEKT) VUT v Brně.

Řídicím systémem je myšleno dle dostupnosti v laboratoři jedno z celkem šesti PLC řady LOGIX od amerického výrobce Allen-Bradley, které se nacházejí v laboratoři T12/SE 2.131. V teoretické části bych měl kromě dokumentace modelů nastudovat také dokumentaci vstupních a výstupních modulů PLC společnosti Rockwell Automation, na základě které pak vytvořím samotná propojení.

Další část práce se pak má zabývat vývojem diagnostických aplikací pro každý typ modelů, které mám popsat v první části své práce. S těmito aplikacemi jsou také spojeny vizualizace, které uživateli umožňují ovládat průběh samotné diagnostiky a přehledně zobrazují, které komponenty jsou funkční a se kterými se nepodařilo navázat spojení. Funkční vizualizace jsou tedy dalším cílem, kterého mám v rámci své práce dosáhnout.

1 Diskrétní signály

Aby mohly být signály ze snímačů¹ zpracovány, je zapotřebí vstupního modulu připojeného k procesoru PLC. V závislosti na požadované informaci jde pak buď o digitální modul či o analogový modul.

Po vyhodnocení vstupu následuje zaslání dat na výstupy² a k tomu je nutná přítomnost výstupního modulu, který stejně jako ten vstupní může být buď digitální nebo analogový [1]. Dále se zabývám pouze digitálními moduly, které jsem v rámci této práce propojoval s fyzickými modely.

1.1 Digitální vstupní modul

Typickými digitálními vstupy jsou např. přepínače, tlačítka, indukční snímače, koncové snímače, optické závory, snímače tlaku. . .

Získaná informace má podobu *logické 1* nebo *logické 0*, což je dáno rozsahem vstupního napětí konkrétního modulu. Standardně jde o tyto napěťové úrovně:

- 24 V
- 48 V
- 100 V
- 120 V
- 240 V

a to stejnosměrně (DC) i střídavě (AC). Vstupní signál dále musí mít napětí o velikosti dané horní a dolní mezí, které udává dokumentace každého typu modulu. To zabraňuje špatnému vyhodnocení informace³, což v důsledku znamená, že ke správnému vyhodnocení signálu PLC jako logická 0 musí být signál nanejvýš horní mez (např. 30 V) a pro správné vyhodnocení jako logická 1 musí být nejméně dolní mez (např. 120 V), zatímco pásmo mezi těmito mezemi není vyhodnocováno, a je tedy nežádoucí. [1]

1.2 Digitální výstupní modul

Z pohledu toku informace jde o pravý opak vstupního modulu, protože informace zde začíná v PLC a je vedena až k akčnímu členu. Může jít například o relé, stykače, LED, ventilátory. . .

¹informace o poloze, naměřená vzdálenost, tlak, teplota. . .

²spuštění motoru, zavření ventilu, rozsvícení kontrolky. . .

³namísto logické 1 logická 0 a obráceně

Uvnitř každého výstupu výstupního modulu může být relé, triak nebo tranzistor. Tranzistory spolu s tyristory jsou využívány pro stejnosměrný proud (DC) zatímco triaky jsou nasazovány pro střídavé signály (AC). [1]

Oproti vstupnímu modulu potřebuje výstupní modul kromě vodiče s nulovým potenciálem také napájení (např. 24 V stejnosměrně), které při logické 1 připojuje na výstupy a tím spouští akční členy. V závislosti na konkrétním typu výstupního modulu se pak liší schopnost odpojení napájení od výstupu.

2 Moduly

2.1 Seznámení s laboratoří

V tabulce č. 2.1 můžeme vidět uspořádání jednotlivých PLC v laboratoři. U každého programovatelného automatu¹ je dále vypsán jeho vstupní modul (*In*), výstupní modul (*Out*) a IP adresa (*IP*), pod kterou je možné se k danému PLC připojit. Poslední trojčíslí IP adresy dále používám pro zkrácené označení každého PLC.

Tab. 2.1: Rozvržení PLC v laboratoři

Dvěře	1756-L72S GuardLogix	In: 1756-IB16ISOE	1756-L73 ControlLogix	In: 1756-IB16	Okna
		Out: 1756-OB16E		Out: 1756-OB16D	
		IP: 192.168.1.230		IP: 192.168.1.200	
	1769- L33ERM CompactLogix	In: 1769-IQ32	1769- L33ERM CompactLogix	In: 1769-IQ32	
		Out: 1769-OB32		Out: 1769-OB32	
		IP: 192.168.1.245		IP: 192.168.1.250	
	1769- L33ERM CompactLogix	In: 1769-IQ16	1756-L82E ControlLogix	In: 1756-IB16	
		Out: 1769-OB16		Out: 1756-OB16D	
		IP: 192.168.1.240		IP: 192.168.1.235	

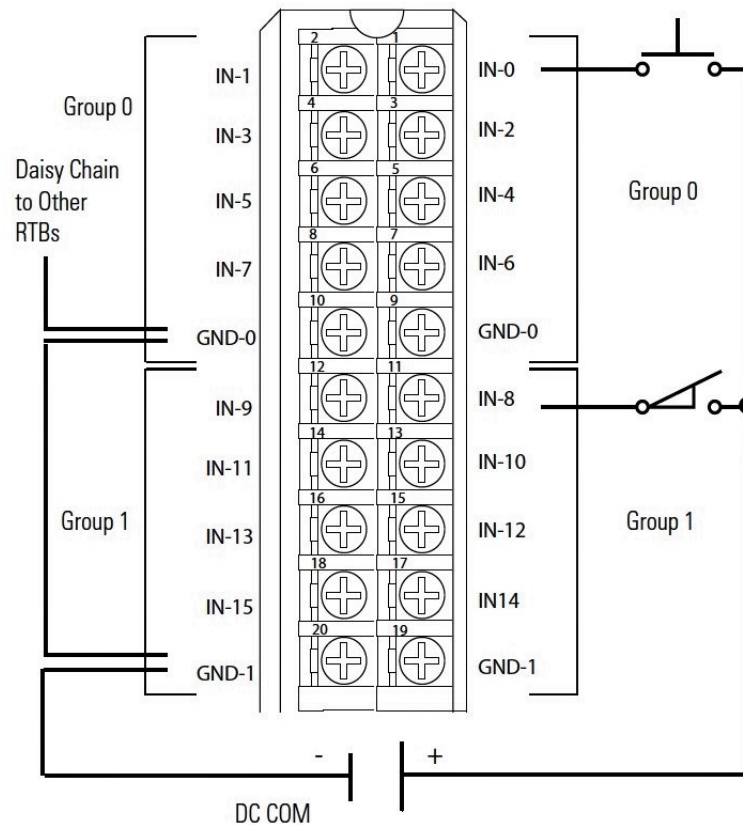
2.2 Vstupní a výstupní moduly

V následující části popisuji I/O moduly, kterými se v bakalářské práci zabývám. Vycházím přitom z dokumentace PLC řady 1756 *ControlLogix*, 1756 *GuardLogix* [2] a 1769 *CompactLogix* [3]. Pro každý vstupní modul také uvádím úroveň stejnosměrného napětí a stejnosměrného proudu, pro které je modul přepnutý do logické 0 a do logické 1.

Pro snazší orientaci v modulech a přehlednější hledání jsou navíc seskupeny vstupní a výstupní moduly vždy v závislosti na typu PLC, ke kterému jsou připojeny.

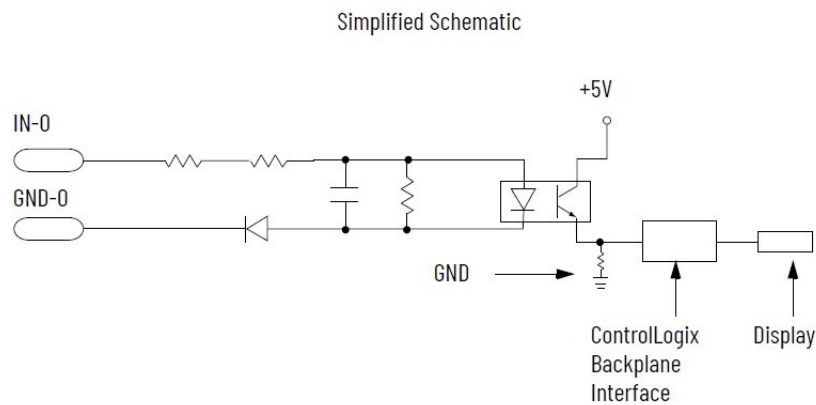
¹k jejich označení v tabulce č. 2.1 používám název CPU jednotky

2.2.1 1756 ControlLogix (IP 200 & 235)

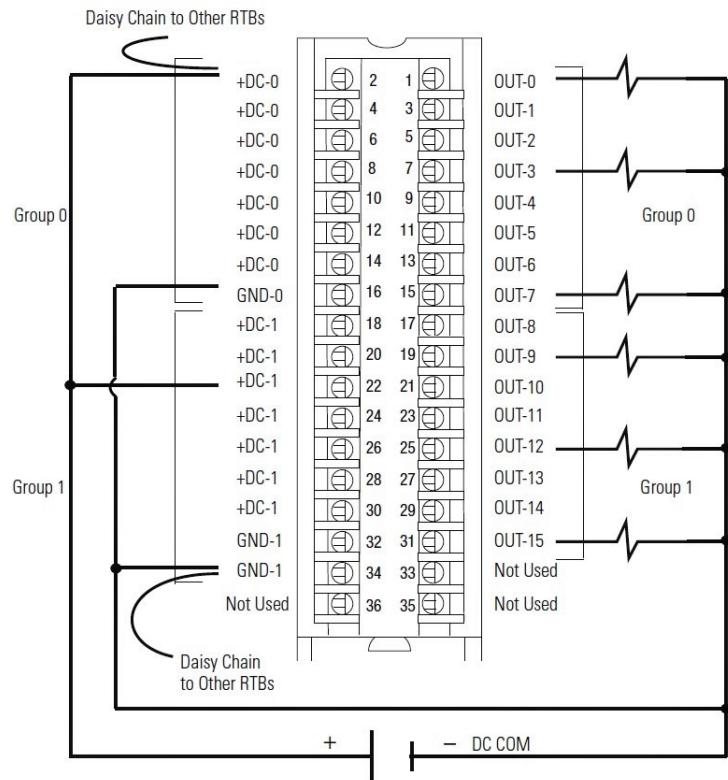


Obr. 2.1: Vstupní modul 1756-IB16 [2]

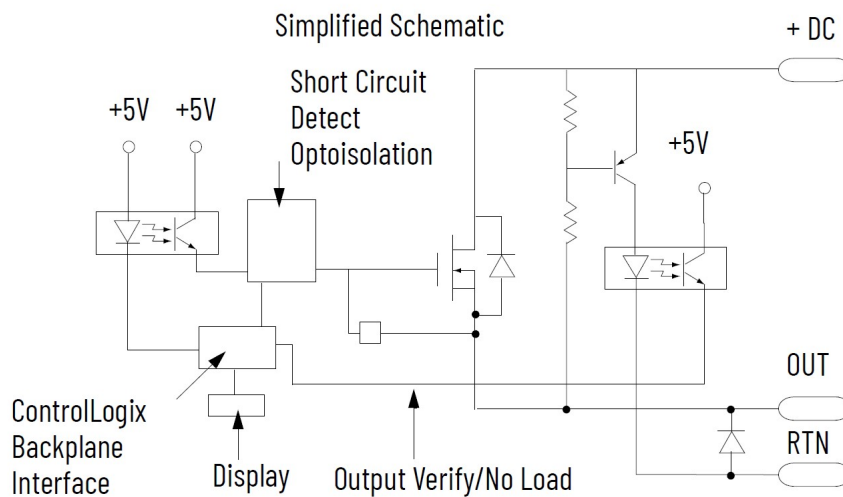
Vstupní modul na obrázku č. 2.1 převádí log. 0 tehdy, když je vstupní napětí nejvýš 5 V a vstupní proud nepřesáhne 1,5 mA. Pro log. 1 musí vstupovat signál v mezích 10 V (proud 2 mA) až 31,2 V (proud 10 mA). [2]



Obr. 2.2: Vnitřní schéma zapojení vstupního modulu 1756-IB16 [2]

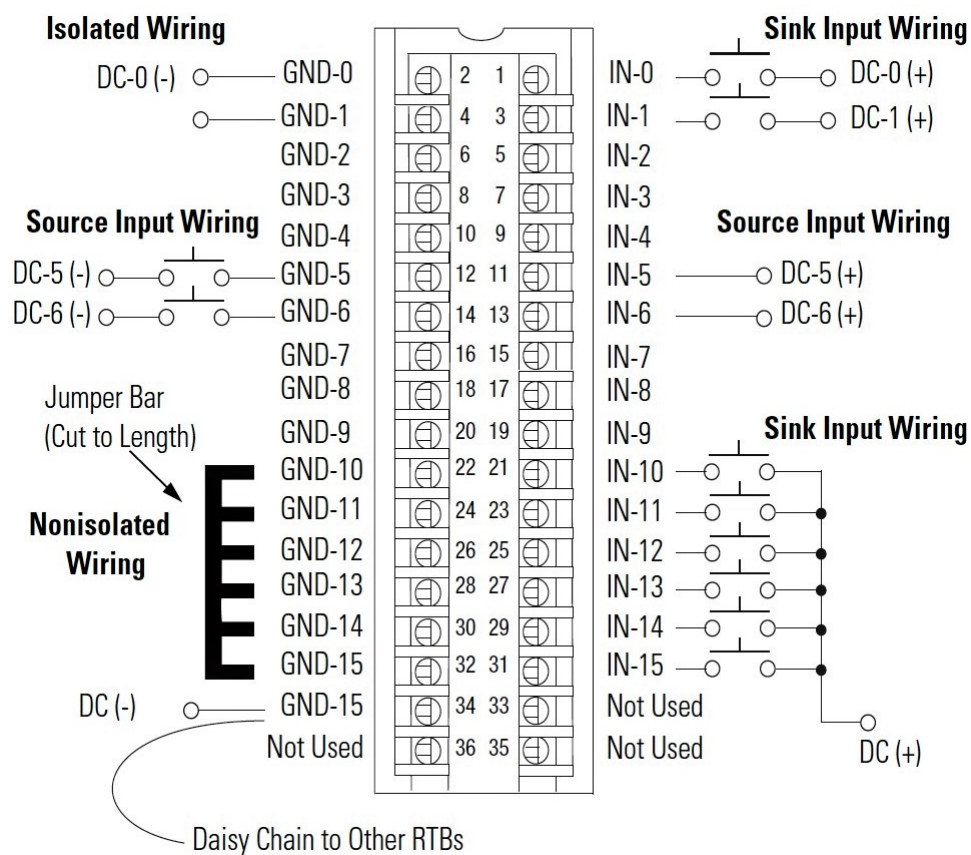


Obr. 2.3: Výstupní modul 1756-OB16D [2]



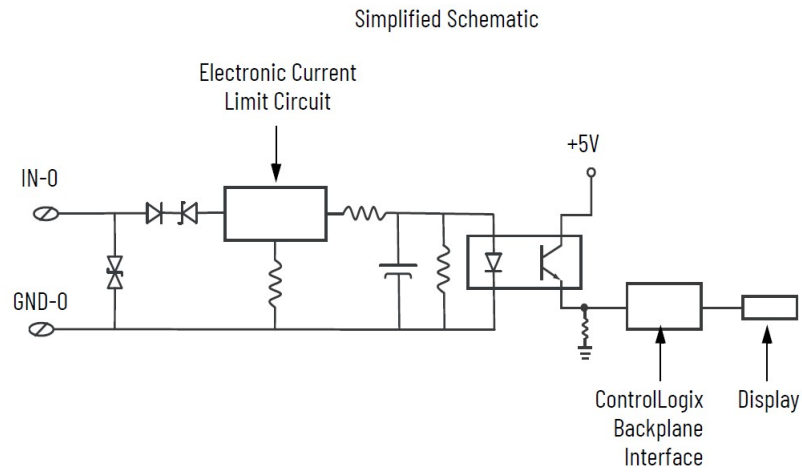
Obr. 2.4: Vnitřní schéma zapojení výstupního modulu 1756-OB16D [2]

2.2.2 1756 GuardLogix (IP 230)

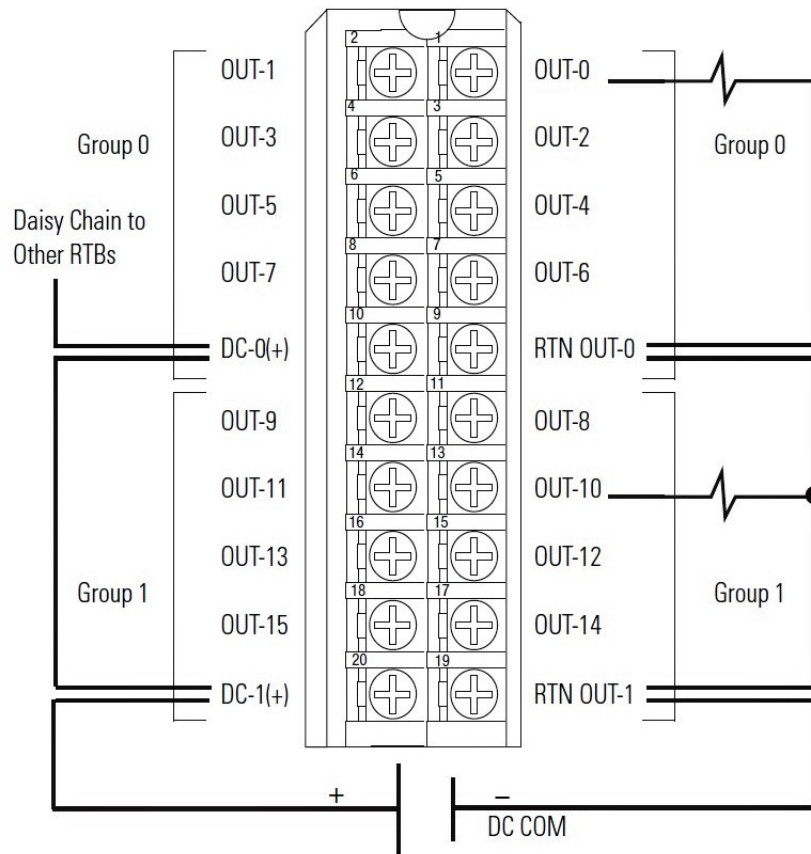


Obr. 2.5: Vstupní modul 1756-IB16ISOE [2]

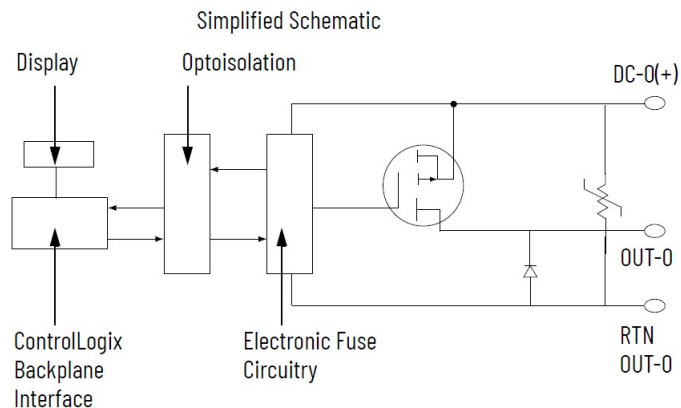
Vstupní modul na obrázku č. 2.5 poskytuje log. 0 tehdy, když je vstupní napětí nanejvýš 5 V a vstupní proud nepřesáhne 1,5 mA. Pro log. 1 musí vstupovat signál v mezích 9 V (proud 2 mA) až 55 V (proud 5,1 mA). [2]



Obr. 2.6: Vnitřní schéma zapojení vstupního modulu 1756-IB16ISOE [2]



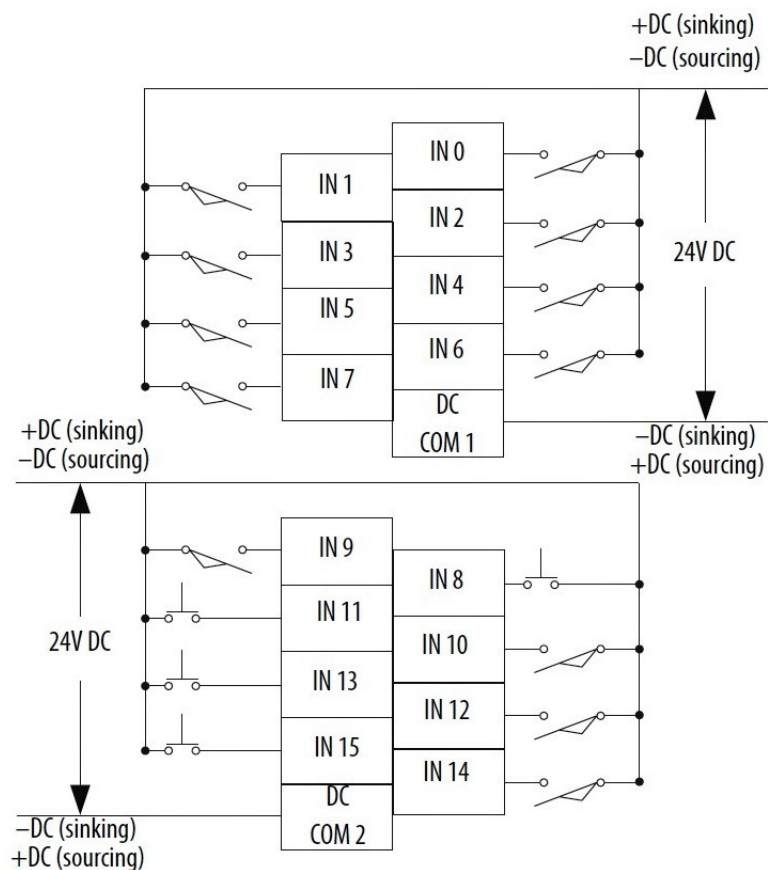
Obr. 2.7: Výstupní modul 1756-OB16E [2]



Obr. 2.8: Vnitřní schéma zapojení výstupního modulu 1756-OB16E [2]

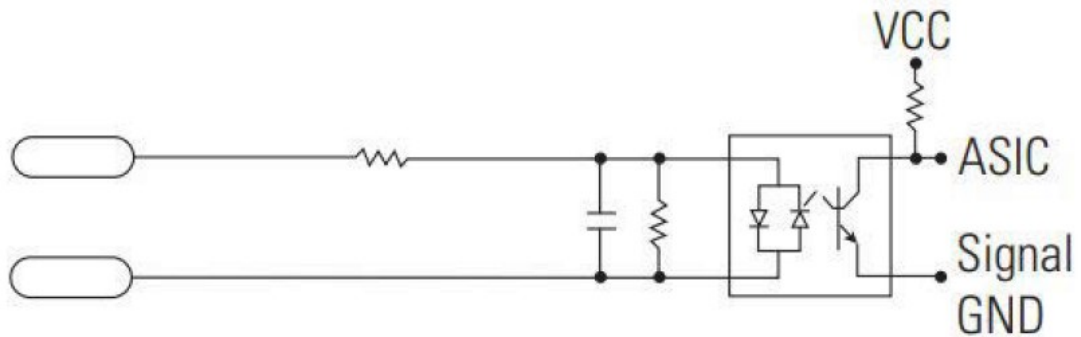
2.2.3 1769 CompactLogix

16-bitové moduly (IP 240)

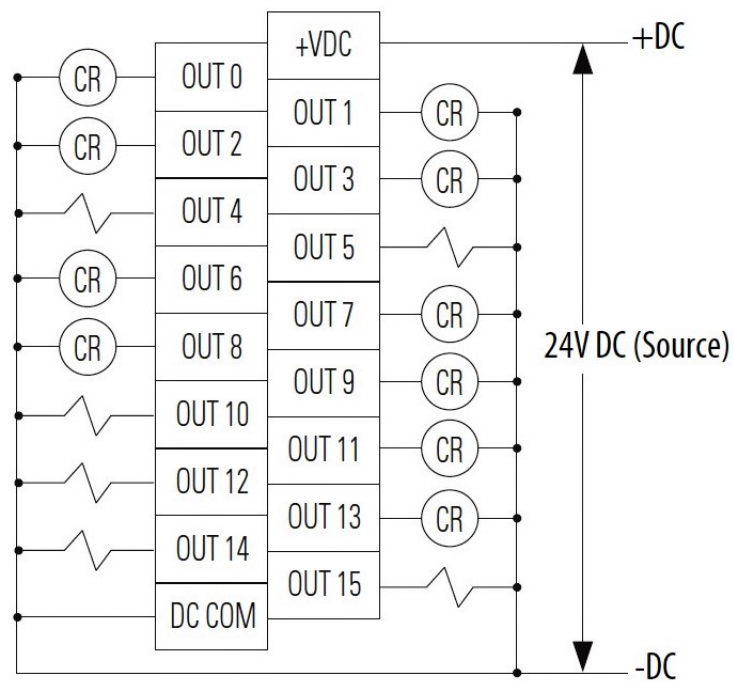


Obr. 2.9: Vstupní modul 1769-IQ16 [3]

Vstupní modul na obrázku č. 2.9 převádí log. 0 tehdy, když je vstupní napětí na-
nejvýš 5 V a vstupní proud nepřesáhne 1,5 mA. Pro log. 1 musí být vstupní napětí
nejméně 10 V a vstupní proud nejméně 2 mA. [3]

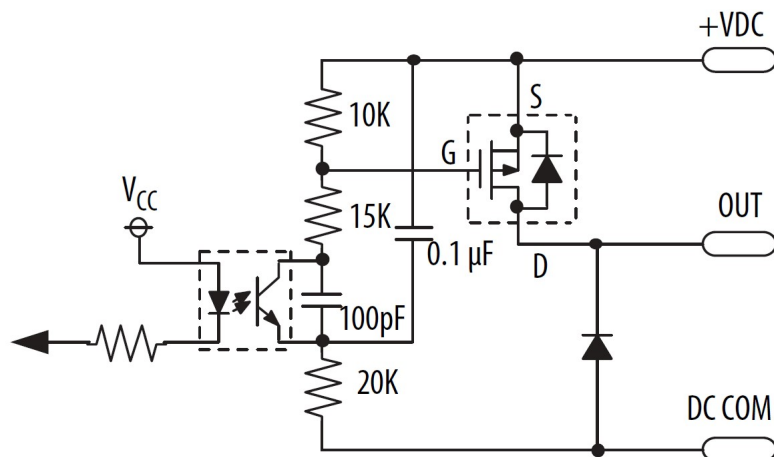


Obr. 2.10: Vnitřní schéma zapojení vstupního modulu 1769-IQ16 [3]



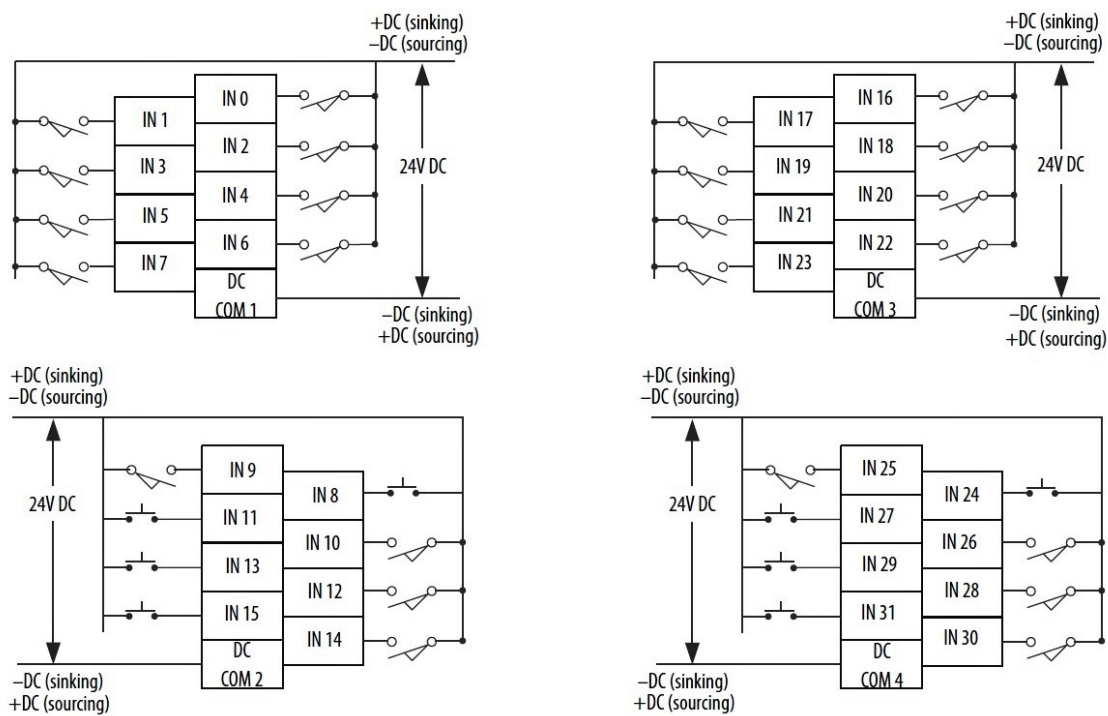
Obr. 2.11: Výstupní modul 1769-OB16 [3]

Simplified Output Circuit Diagram



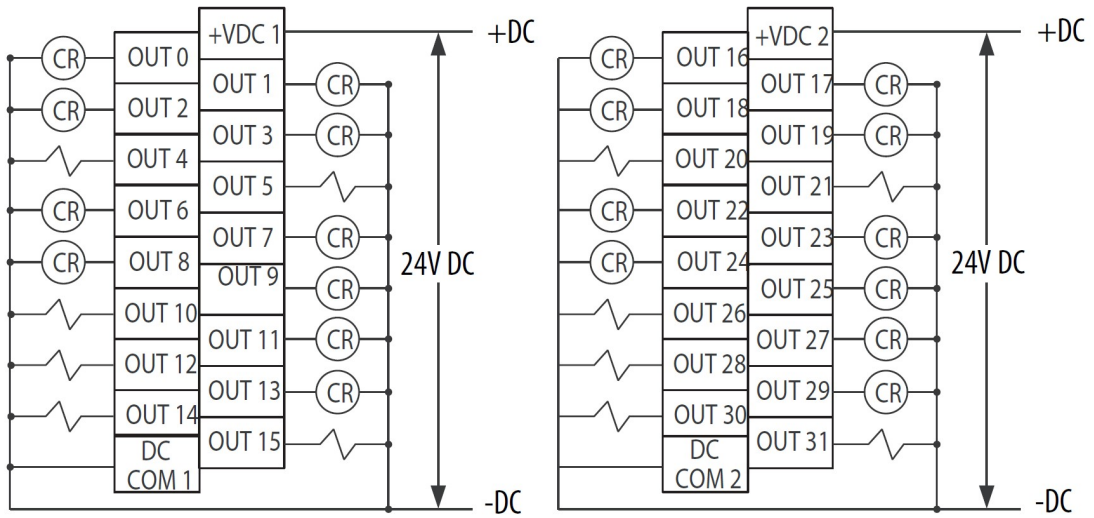
Obr. 2.12: Vnitřní schéma zapojení výstupního modulu 1769-OB16 [3]

32-bitové moduly (IP 245 & 250)



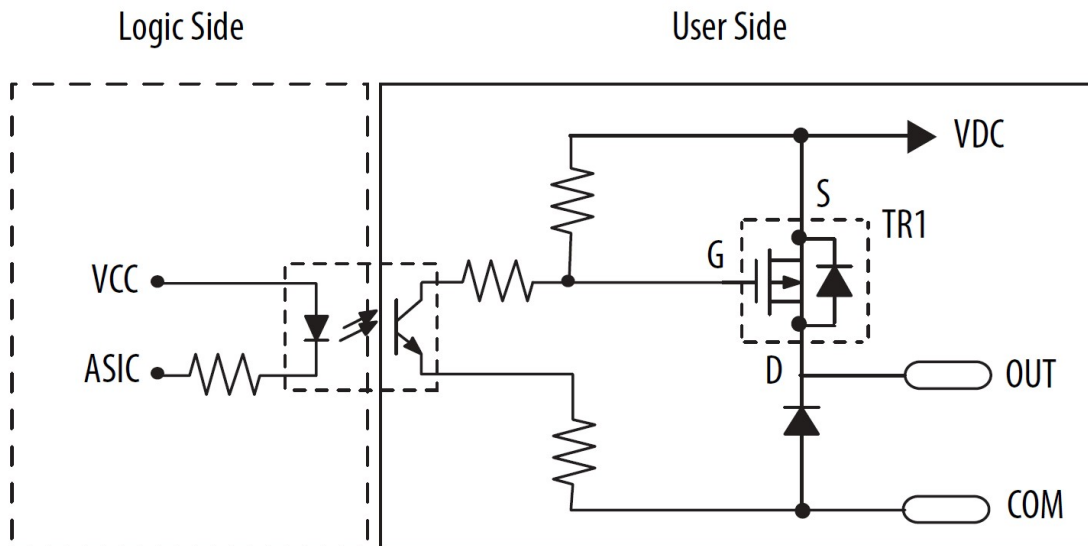
Obr. 2.13: Vstupní modul 1769-IQ32 [3]

Vstupní modul na obrázku č. 2.13 převádí log. 0 tehdy, když je vstupní napětí nanejvýš 5 V a vstupní proud nepřesáhne 1,5 mA. Pro log. 1 musí vstupní napětí nejméně 10 V a vstupní proud nejméně 2 mA. [3]



Obr. 2.14: Výstupní modul 1769-OB32 [3]

Simplified Output Circuit Diagram

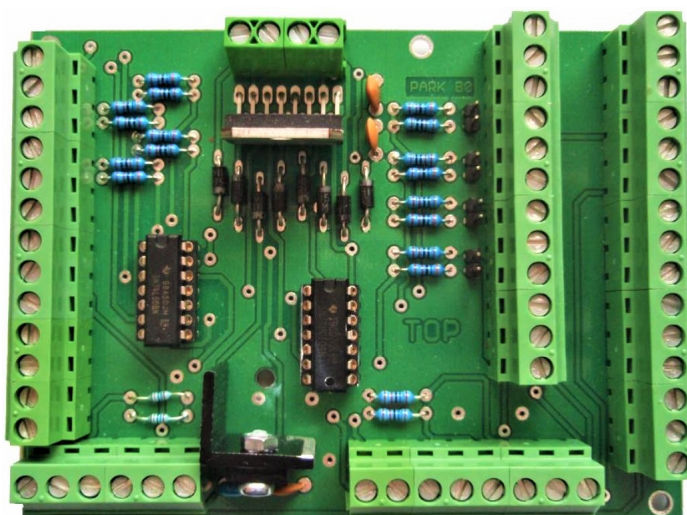


Obr. 2.15: Vnitřní schéma zapojení výstupního modulu 1769-OB32 [3]

3 Seznámení s modely

V této části stručně popisují modely a komponenty, ze kterých jsou poskládány. Vycházím přitom z bakalářských prací svých předchůdců, kteří tyto modely inovovali a vytvořili pro ně dokumentaci.

Všechny modely jsou napájeny spínaným napájecím zdrojem *BKE JS-30-240* s výstupem 24 V / 1,25 A a jejich rozhraní s řídicím systémem je zajištěno konektorem CANON 25 [5, 6, 7, 9]. U prvních třech modelů je přitom k ovládání jednotlivých akčních členů (tzn. motorů a LED) a propojení všech snímačů, tlačítek a kontrolky využito univerzální ovládací desky [5, 6, 7]. Ta je pro představu ukázána na obrázku č. 3.1 a její elektrické schéma je uvedeno v příloze B na obrázku č. B.1¹, který vychází ze zdroje [5].



Obr. 3.1: Univerzální ovládací deska [4]

3.1 Stojanová vrtačka

Mimo prvky společné pro více modelů zmíněné výše je na modelu stojanové vrtačky možno nalézt DC motory od výrobce Mega Motor (dva kusy na každém modelu) napájené napětím 24 V. Motor *M1* zajišťuje svislý pohyb vrtáku nahoru a dolů, zatímco motor *M2* ovládá otáčivý pohyb vřetene. [5]

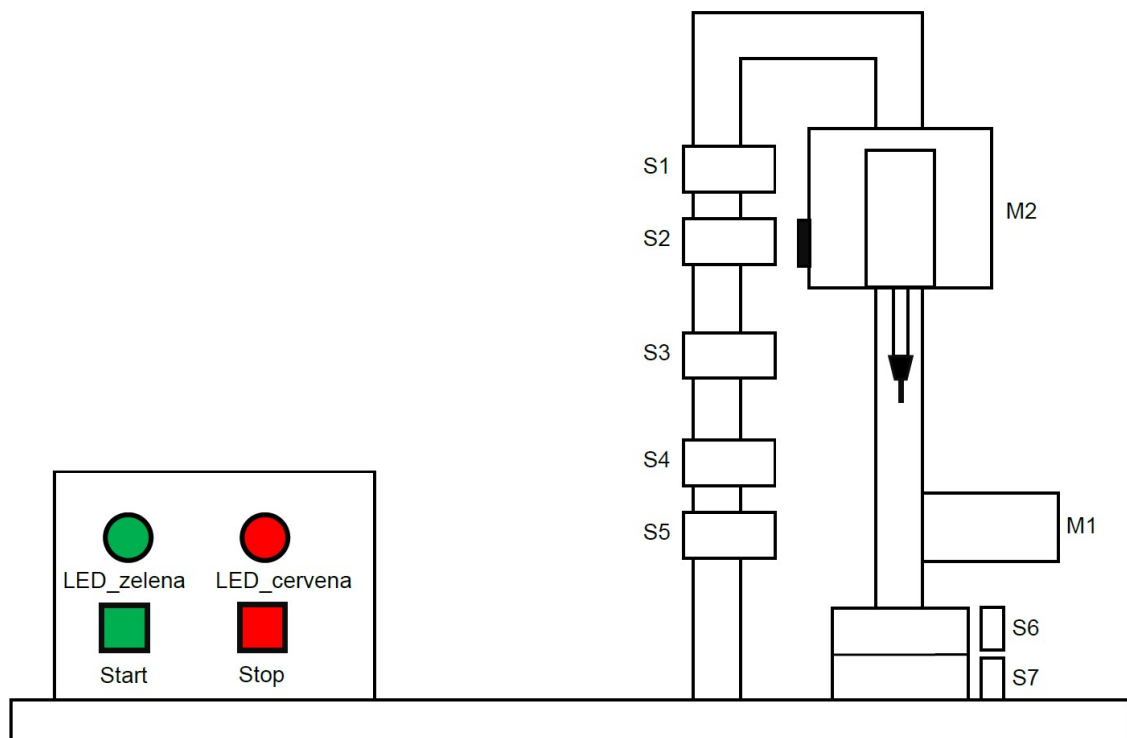
Pro detekci vertikální polohy vrtáku je využito trojice magnetických jazýčkových snímačů *MK471B* od výrobce MEDER. Ty jsou umístěny na nepohyblivé části modelu (jde o snímače *S2*, *S3* a *S4* na obrázku č. 3.2). Snímače jsou aktivovány tehdy,

¹na tomto schématu bylo nutné upravit zapojení svorek 20 až 27 tak, aby odpovídaly skutečnosti

když se k nim přiblíží pohyblivá platforma vřetene s magnetem $MM4$. Další dva tyto snímače jsou umístěny nad horní a pod dolní polohu vrtáku ($S1$ a $S5$ na obrázku č. 3.2), a vymezují tak koncové mezní limitní (resp. „zakázané“) polohy vrtáku. [5]

K detekci obrobku a jeho velikosti je využito dvojice mikrospínačů $SM-05S$ od výrobce ZIPPY ($S6$ a $S7$ na obrázku č. 3.2). K ovládání jsou využity dvojce tlačítka typu $P-PB303B$. Pro indikaci je využito dvojice signálek $HBS1-AY-D$ (červená a zelená). [5]

Převzatou elektrickou dokumentaci pak uvádím v příloze B a jedná se o obrázky č. B.2, B.3 a B.5. Stranu 3 (tzn. obrázek č. B.4) jsem upravil tak, aby byly snáze rozpoznatelné LED a tlačítka. Vycházím přitom ze zdroje [5].



Obr. 3.2: Funkční schéma modelu *stojanové vrtačky*

3.2 Parkoviště

Kromě společných prvků s dalšími modely je model parkoviště vybaven dvěma DC motory $33GN2738-380-0781$ ($M1$ a $M2$ na obrázku č. 3.3) s napájecím napětím 24 V, které zajišťují zvedání a spouštění dvou závor [6].

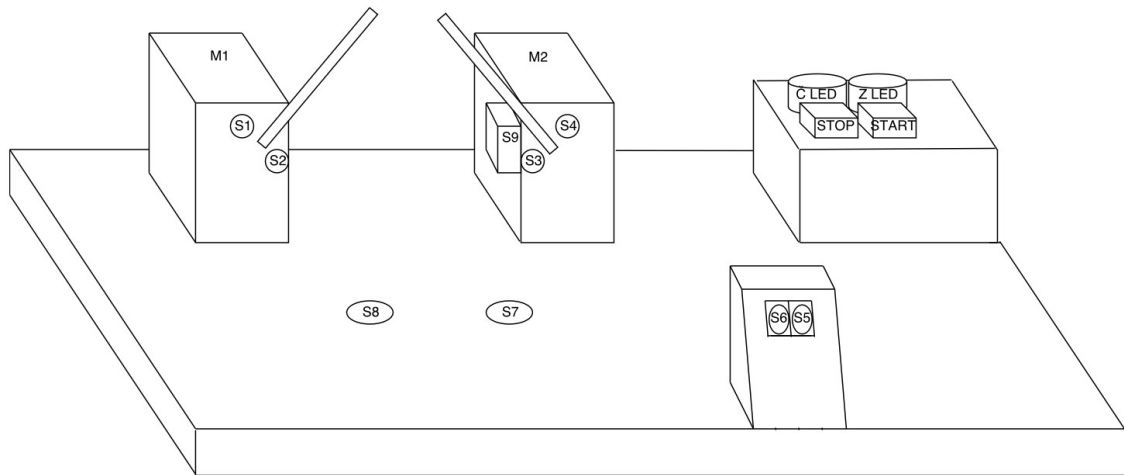
Dále je na modelu rozmístěno celkem šest indukčních snímačů $IY5049$ od výrobce ifm electronic – čtyři pro detekci koncové polohy závor (snímače $S1$, $S2$, $S3$ a $S4$ na

obrázku č. 3.3) a dva pro detekci vhození malé či velké mince (snímače *S5* a *S6* na obrázku č. 3.3). [6]

K detekci vozidla čekajícího před závorami je využito dvojice magnetických snímačů *ME5011* (snímače *S7* a *S8* na obrázku č. 3.3) od výrobce ifm electronic. Prostor mezi závorami monitoruje optický snímač *OJ5088* (snímač *S9* na obrázku č. 3.3) od výrobce ifm electronic. [6]

Jako pojistka proti přetočení závor je dále využito čtyř mikrospínačů *SM-05S-05A0-Z* od výrobce ZIPPY, které vždy při sepnutí zastaví motory. Aktivaci mikrospínačů není možno sledovat v PLC, protože nejsou vyvedeny na konektor a jsou pouze propojeny s ovládací deskou na obrázku č. 3.1. [6] Posledními komponenty je dvojice tlačítek (červené a zelené) a LED.

Převzané schéma zapojení jednotlivých signálů na ovládací desce uvádím na obrázku č. B.6 v příloze B. V této příloze dále uvádím upravené schéma zapojení svorkovnice na obrázku č. B.7, které jsem také původně převzal ze zdroje [6].



Obr. 3.3: Funkční schéma modelu *parkoviště* [6]

3.3 Třídička kmenů

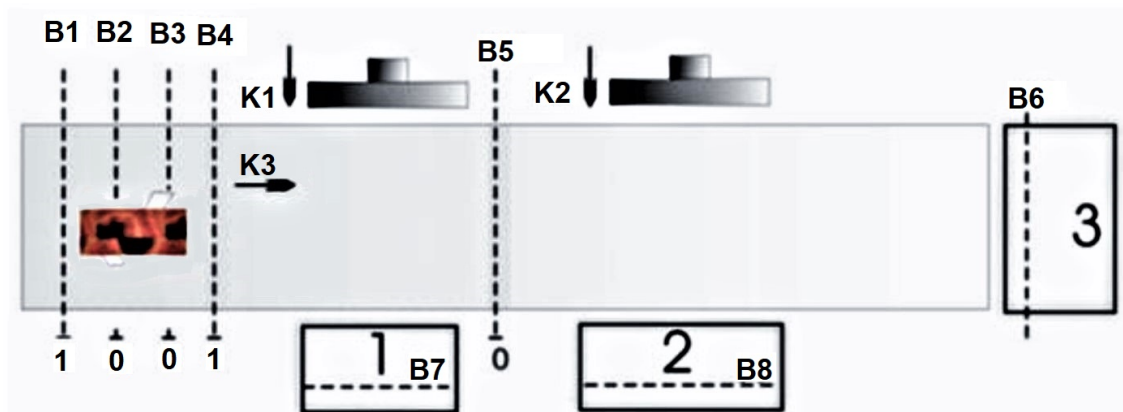
Zespodu modelu třídičky kmenů je vedle ovládací desky umístěna menší deska pro ovládání lopatek (*K1* a *K2* na obrázku 3.4). Zajišťuje omezení napájecího napětí na 12 V oproti 24 V, které je dodáváno zdrojem a na které klapky reagovaly příliš prudce. Omezením napětí se dosáhlo poloviční síly pohybu lopatek, která je plně dostačující pro posunutí kmenů do svých boxů. [7]

Jediným typem snímačů využitých na tomto modelu jsou optické snímače *E20612* (*B1*, *B2*, *B3*, *B4*, *B5*, *B6*, *B7* a *B8* na obrázku č. 3.4, který je poupravený a vychází ze zdroje [8]) od výrobce ifm electronic. Jde o externí čidla, která zajišťují „pouze“

přenos optických signálů. Ty musí být dále zesíleny a převedeny na elektrické signály, což zde zajišťuje zesilovačem vláknové optiky *OO5003* rovněž od výrobce ifm electronic. Jedná se o osmikanálový zesilovač, kde je k jednomu kanálu připojen vždy jeden snímač. [7]

Stejně jako u předchozích modelů i zde je využito DC motoru, který zajišťuje pohon dopravníkového pásu (*K3* na obrázku 3.4). Dále jsou přítomna dvě tlačítka a dvě LED. [7]

Převzatá schémata elektrického zapojení vycházející ze zdroje [7] jsem upravil tak, aby odpovídala aktuálnímu stavu zapojení obou modelů *třídičky kmenů* (zejména několik vodičů v celkovém pohledu na zapojení na obrázku č. B.8) a uvádím je v příloze B. Detailní zapojení signálů na ovládací desce (obrázky č. B.9 a B.10) se liší pouze barvou vodičů.



Obr. 3.4: Funkční schéma modelu *třídičky kmenů*

3.4 Dávkovač kuliček

Na rozdíl od výše zmíněných modelů, model dávkovače kuliček neobsahuje univerzální ovládací desku (viz obrázek č. 3.1). Místo toho jsou ke spínání aktuátorů (tzn. západek a ventilátorů) použity relé *40.61* s paticemi *95.05* od výrobce Finder pro montáž na DIN lištu [9].

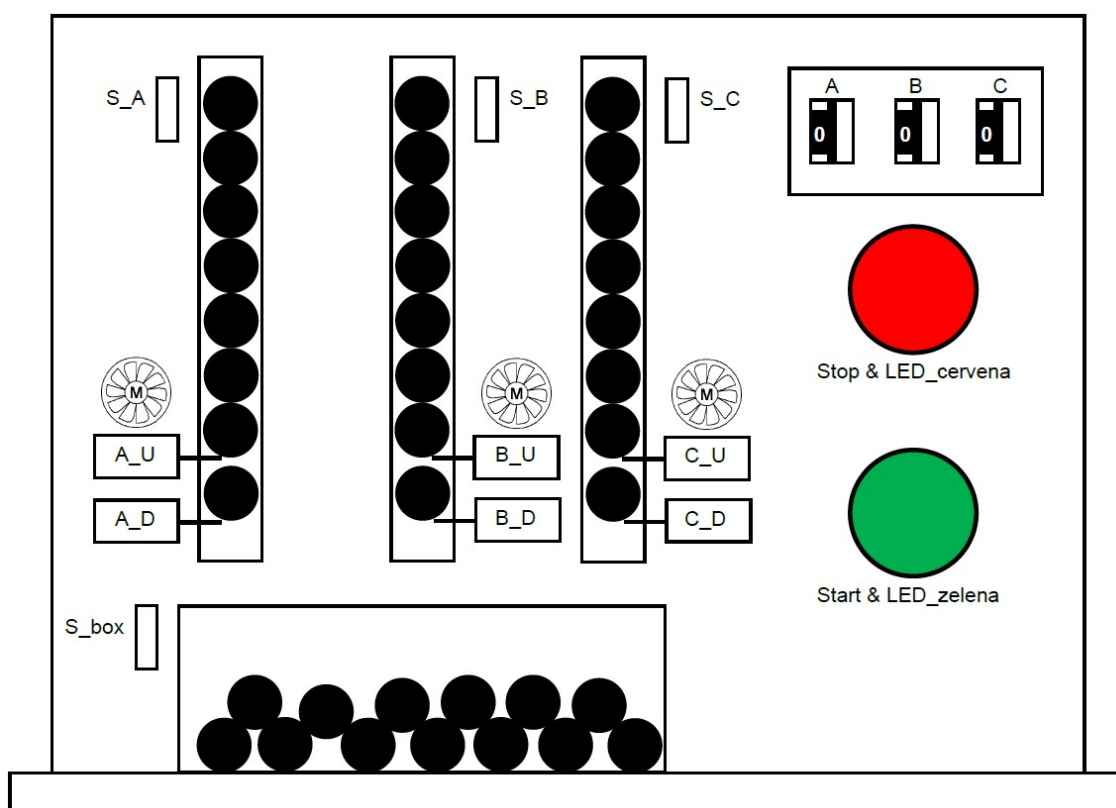
Pro zvolení počtu kuliček dávkaných do krabice je využito otočných číslicových voličů *TS 211 02 01* od výrobce Tesla [9] (*A*, *B* a *C* na obrázku č. 3.5).

Pro odpočítání zvoleného počtu kuliček jsou využity západky na solenoidech *RS 44A 220 621 720* (horní západky *A_U*, *B_U*, *C_U* a dolní západky *A_D*, *B_D*, *C_D* na obrázku č. 3.5). Ty je při aktivaci nutné chladit pomocí ventilátorů *KDE1202PFB2-8* od výrobce Sunon, které jsou napájeny 12 V. Z toho důvodu je použit i regulátor napětí *ST L7812CV*. [9]

Pro detekci naplnění válců kuličkami je využito tří reflexních proximityních snímačů *OH5008* (*S_A*, *S_B*, *S_C* na obrázku č. 3.5) od výrobce ifm electronic. K detekci přítomnosti krabice pod válci je využit mikropsínač *SM-05S-05A0-Z* od výrobce ZIPPY. [9]

K ovládání a indikaci slouží dvě tlačítka *ZBE101* s LED signalizací *ZBVB3/4*. Obě komponenty jsou od výrobce Schneider Electric. [9]

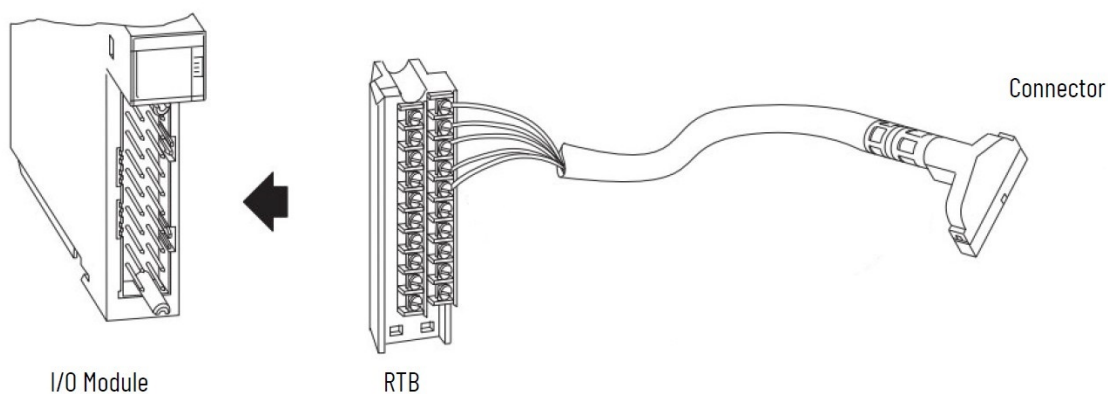
Elektrická schémata jsem převzal ze zdroje [9] a značně upravil popisky jednotlivých signálů tak, aby vše odpovídalo aktuálnímu zapojení, a tedy aby tabulka č. 4.4 (vstupy PLC) korelovala se schématem na obrázku č. B.11 a tabulka č. 4.5 (výstupy PLC) korelovala se schématem na obrázku č. B.12. Tato dvě schémata uvádím na konci přílohy B.



Obr. 3.5: Funkční schéma modelu *dávkače kuliček*

4 Propojení modelů s PLC a jejich úpravy

V této kapitole se zabývám dokumentací realizace propojení modelů popsanych v kapitole č. 3 s PLC. Pro každý z modelů bylo nutné vytvořit propojení s konektorem CANON 25 (viz obrázek č. 4.6) na jednom konci a s příslušnou vyjímatelnou svorkovnicí (tj. RTB, což používám dále v textu), která se vloží do daného I/O modulu PLC, na druhém konci kabelu. To je ilustrováno na obrázku č. 4.1, který vychází z dokumentace modulů pro PLC řady *1756 ControlLogix*. U těchto RTB vstupních modulů bylo nutné „prosmýčkovat“ vodič s nulovým potenciálem (0 V, GND) z kabelu na vícero svorek dle dokumentace tak, aby modul fungoval správně. K označení PLC, pro které jsem vytvořil propojení s modelem, využívám mimo názvu jejich řady či přímo CPU jednotky také poslední 3 číslice IP adresy dle tabulky č. 2.1. Je to kvůli jednoznačnému určení popisovaného PLC¹.



Obr. 4.1: Příklad RTB [2]

V tabulkách č. 4.1, 4.2 a 4.3, kde jsem pracoval s PLC řady *1756 ControlLogix* (tj. PLC s IP 200 a 235), *1756 GuardLogix* (tj. PLC s IP 230) a jejich příslušnými RTB, uvádím dvojí označení. To proto, že na tělech RTB je číslování sloužící pro snazší orientaci (viz obrázky č. 2.1, 2.3, 2.5 a 2.7), které ve výše jmenovaných tabulkách uvádím v závorkách pro úplnost. Nicméně pro namapování skutečných vstupů a výstupů v prostředí Studio 5000 je nutné vycházet z jiného značení uváděného v datasheetu (dokument [2]) I/O modulů pro *1756 ControlLogix* a *1756 GuardLogix*, ze kterého vycházím i v kapitole č. 2.

¹v laboratoři je použito několik kusů stejného typu

4.1 Úpravy LED

Bylo nutné vypořádat se s problémem spočívajícím v tom, že výstupní moduly 1756-OB16D, které používají automaty *1756-L73 ControlLogix® 5570 Controller* (IP 200) a *1756-L82E ControlLogix® 5580 Controller* (235)², mají na svých výstupech při logické 0 poměrně vysokých 5 V. To sice stačí k zastavení motorů, nicméně LED zůstávaly mírně podsvíceny. Kvůli tomu byl pak trošku hůře patrný rozdíl mezi svítící a zhasnutou LEDkou.

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

Výše popsany problém byl vyřešen přidáním (resp. připájením) paralelního rezistoru R_{01} k zeleným LED a R_{02} k červeným LED. Po vyjádření R_2 (tzn. hledaný paralelní odpor) ze známého vzorce 4.1 pro odporový dělič napětí dostaneme vztah 4.2,

$$R_2 = \frac{R \cdot U_2}{U_1 - U_2} \quad (4.2)$$

kde R je sériový odpor o velikosti $1600 \Omega^3$, U_2 je požadované napětí na LED a U_1 je napájecí napětí⁴.

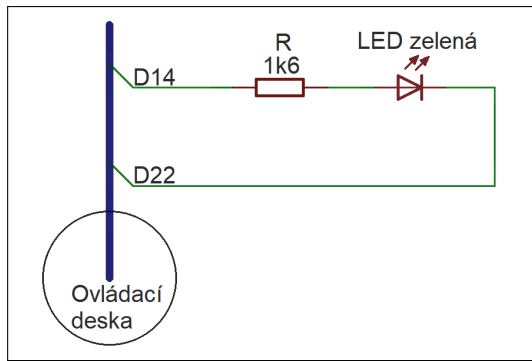
Pro zelenou LED jsem napřed za U_2 dosadil do vztahu pro R_2 (resp. nyní už konkrétně pro R_{01}) hodnotu 1,7 V, která je uvedena jako hraniční hodnota napětí ve voltampérové charakteristice LED [10]. Po dosazení a experimentálním otestování výsledku tohoto výpočtu (rezistor 820Ω) však zelená LED stále trochu svítla i při log. 0. Snižoval jsem tedy odpor zkoušením různých rezistorů, až jsem nakonec zvolil rezistor z řady E24 o odporu 270Ω (viz obrázky č. 4.2 a 4.4), který fungoval nejlépe a při kterém je na LED napětí U_2 přibližně 0,7 V.

Pro červenou LED jsem za U_2 dosadil do vztahu pro R_2 (resp. pro R_{02}) hodnotu 1,5 V, která je uvedena jako hraniční hodnota napětí ve voltampérové charakteristice LED [11] a opakoval jsem postup jako při hledání hodnoty rezistoru R_{01} . Tentokrát, abych dosáhl požadovaného výsledku, stačilo snížit napětí U_2 na 1 V a tím vyšel rezistor s odporem 430Ω (viz obrázky č. 4.3 a 4.5), který je rovněž z řady E24.

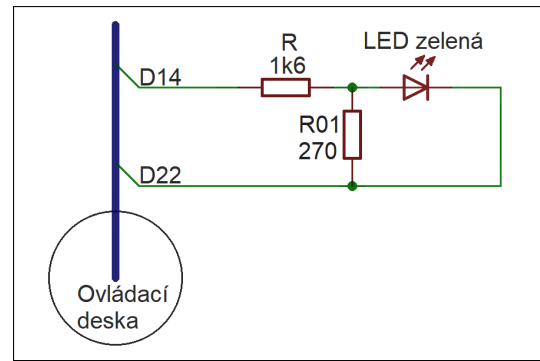
²týká se modelů *třídičky kmenů* a *stojanové vrtačky*

³na obrázku č. B.1 označen jako R3 pro zelenou LED a R4 pro červenou LED

⁴24 V při logické 1 a 5 V při logické 0

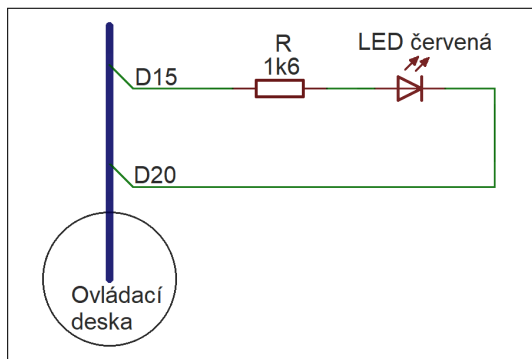


(a) Původní stav

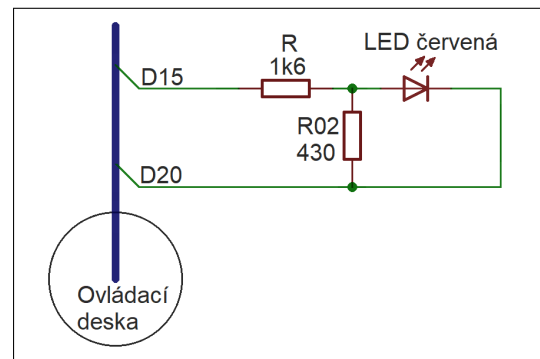


(b) Upravené zapojení

Obr. 4.2: Úprava zapojení zelené LED u modelu *stojanové vrtačky*



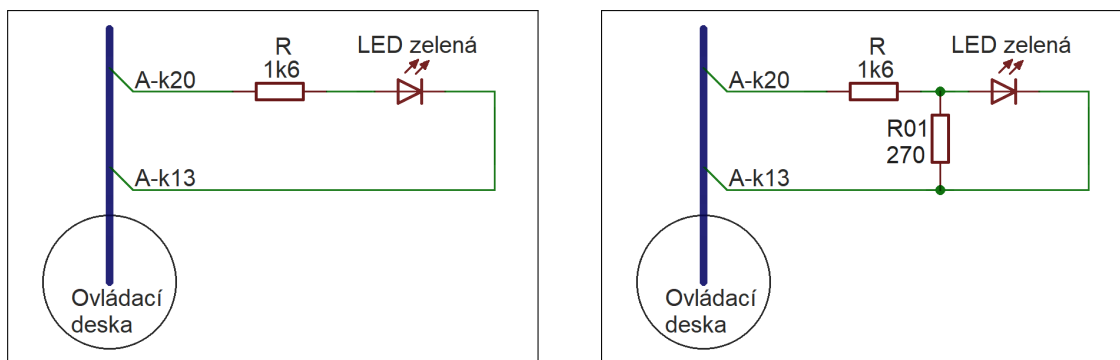
(a) Původní stav



(b) Upravené zapojení

Obr. 4.3: Úprava zapojení červené LED u modelu *stojanové vrtačky*

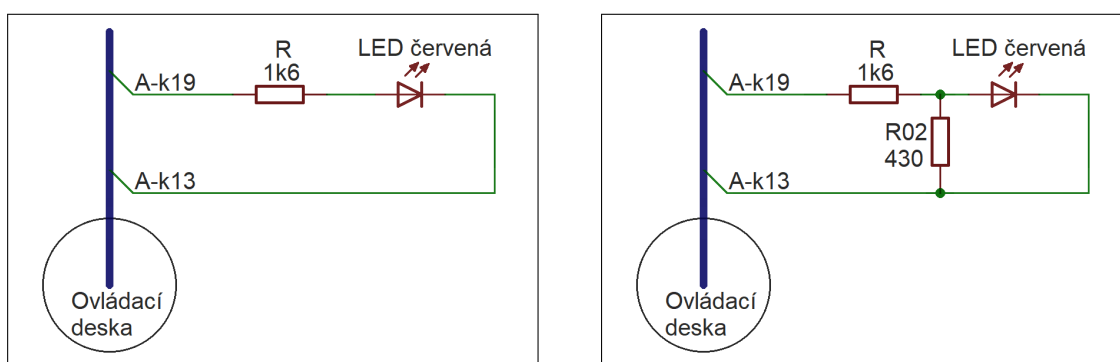
Tím, že je u obou typů modelů využito univerzální ovládací desky a zapojení LED je totožné, je také možné k popisu využít schéma na obrázku č. B.1. Tam je využito značení, kterého využívá model *stojanové vrtačky*, nicméně dále tam je také univerzální značení svorek. U modelů *třídičky kmenů* je nulový vodič veden z jediné svorky, kterou je právě A-k13 (tzn. X10-2 na schématu B.1). Svorka X4-3 (tj. D14 u modelu *stojanové vrtačky* a A-k20 u modelu *třídičky kmenů*) je vždy využita k propojení červené LED s PLC a svorka X4-4 (tj. D15 u vrtačky a A-k19 u kmenů) je zase využita k propojení zelené LED s PLC.



(a) Původní stav

(b) Upravené zapojení

Obr. 4.4: Úprava zapojení zelené LED u modelu *třídíčky kmenů*



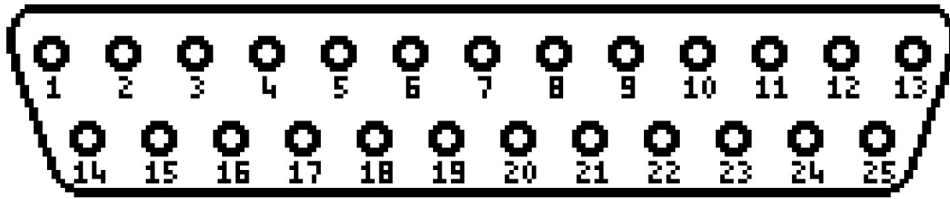
(a) Původní stav

(b) Upravené zapojení

Obr. 4.5: Úprava zapojení červené LED u modelu *třídíčky kmenů*

4.2 Konektor a kabel

Všechny modely jsou vybaveny zdírkami CANON 25 (viz obrázek č. 4.6) s pětadvaceti piny, které jsou napájeny na kabel s 25 vodiči. Ty představují 25 řádků mých tabulek č. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 a 4.5, kde hned první sloupec označený jako „Číslo pinu“ koreluje s obrázkem č. 4.6. Experimentálně byla také zjištěna barva jednotlivých žil kabelu, která je pro každou žílu zaznamenána ve třetím sloupci tabulek. Z mého kabelu s vidlicí CANON 25 bylo vždy nutné vybrat pouze používané žíly a ty následně odizolovat a opatřit dutinkami. Takto připravené vodiče již bylo možné upevnit do příslušného RTB.



Obr. 4.6: Konektor CANON 25 [9]

4.3 Stojanová vrtačka

U modelu *stojanové vrtačky* jsem provedl následující úpravu: Stačilo vyjmout vodič pro napájení výstupního modulu PLC z plastové lišty umístěné pod modelem. Jedná se o pin č. 20, jak je patrné z tabulky č. 4.1. Všechny komponenty obou modelů vrtaček jsou funkční. 8 žil kabelu je bez využití. Předchozí práce mého předchůdce je dobře zdokumentována ve zdroji [5], a bylo možné odtud vycházet ohledně elektrického zapojení (viz podkapitolu B.1 v části příloh).

Vytvořil jsem dvojí propojení – jedno pro *1769-L33ERM CompactLogix™ 5370 Controller* (konkrétně s IP 245) a jedno pro *1756-L73 ControlLogix® 5570 Controller* (IP 200).

4.4 Parkoviště

Dále jsem propojil model parkoviště, kde již bylo nutné z napájecího zdroje modelu přivést skrze pin č. 12 napájení do výstupního modulu PLC, jak uvádí tabulka č. 4.2. Opět jsem vytvořil dvojí propojení, přičemž jedno je pro *1769-L33ERM CompactLogix™ 5370 Controller* (IP 240) a druhé je pro *1756-L72S GuardLogix® 5570 Safety Controller* (IP 230). Všechny komponenty obou modelů jsou plně funkční.

Také zde bylo možno vycházet ze zdroje [6], kde je práce studenta, který modely parkoviště inovoval v roce 2018, dobře zdokumentována (viz podkapitolu B.2 v části příloh). Do schématu na obrázku č. B.7 jsem zanesl provedené úpravy zapojení v podobě napájení přivedeného na konektor.

Tab. 4.1: Zapojení modelu *stojanové vrtačky*

Číslo pinu	Význam signálu	Barva vodiče	Ozna- čení svorky	PLC I/O	
				1769- L33ERM Compact- Logix (245)	1756-L73 Control- Logix (200)
1	Obrobek velký (<i>S6</i>)	Černá	w	IN 16	IN 1 (2)
2	Obrobek malý (<i>S7</i>)	Hnědá	u	IN 17	IN 2 (3)
3	Poloha dolní (<i>S4</i>)	Červená	s	IN 19	IN 4 (5)
4	Poloha střední (<i>S3</i>)	Oranžová	q	IN 21	IN 6 (7)
5	Poloha horní (<i>S2</i>)	Žlutá	o	IN 28	IN 8 (11)
6	Nevyužito	Zelená			
7	Nevyužito	Modrá			
8	Nevyužito	Fialová			
9	Vrtání (<i>M2</i>)	Šedá	h	OUT 17	OUT 4 (9)
10	Povel dolů (<i>M1</i>)	Bílá	f	OUT 19	OUT 6 (13)
11	Povel nahoru (<i>M1</i>)	Růžová	d	OUT 22	OUT 7 (15)
12	Nevyužito	Tmavě hnědá			
13	Nevyužito	Červeno-bílá			
14	Nevyužito	Oranžovo-bílá			
15	Doraz horní (<i>S1</i>)	Tmavohnědo- bílá	t	IN 18	IN 3 (4)
16	Doraz dolní (<i>S5</i>)	Modro-bílá	r	IN 20	IN 5 (6)
17	Zelené tlačítko (<i>Start</i>)	Fialovo-bílá	p	IN 22	IN 7 (8)
18	Červené tlačítko (<i>Stop</i>)	Hnědo-bílá	n	IN 30	IN 10 (13)
19	Nevyužito	Černobílá			
20	Napájení (+24 V)	Červeno-černá	j	+VDC 2	+DC 0 (10)
21	Zelená LED	Oranžovo-černá	i	OUT 16	OUT 3 (7)
22	Červená LED	Žluto-černá	g	OUT 18	OUT 5 (11)
23	Nevyužito	Zeleno-černá			
24	Společný vodič (0 V)	Šedo-černá	c	DC COM 3 (IN)	GND 0 (10) (IN)
25	Společný vodič (0 V)	Krémovo-černá	c	DC COM 2 (OUT)	GND 0 (16) (OUT)

Tab. 4.2: Zapojení modelu *parkoviště*

Číslo pinu	Význam signálu	Barva vodiče	Číslo svorky	PLC I/O	
				1769-L33ERM Compact-Logix (240)	1756-L72S Guard-Logix (230)
1	Levá závora nahoře (S_1)	Černá	P1	IN 0	IN 3 (7)
2	Pravá závora dole (S_3)	Hnědá	P3	IN 2	IN 7 (15)
3	Větší mince (S_5)	Červená	P5	IN 4	IN 9 (19)
4	Pravý snímač vozidla (S_7)	Oranžová	P7	IN 6	IN 11 (23)
5	Optická závora (S_9)	Žlutá	P9	IN 10	IN 13 (27)
6	Zelené tlačítko ($Start$)	Zelená	P11	IN 14	IN 15 (31)
7	Zelená LED	Modrá	P13	OUT 1	OUT 3 (4)
8	Levý motor dolů ($M1-$)	Fialová	P15	OUT 7	OUT 5 (6)
9	Pravý motor dolů ($M2-$)	Šedá	P17	OUT 11	OUT 7 (8)
10	Nevyužito	Bílá			
11	Nevyužito	Růžová			
12	Napájení (+24 V)	Tmavě hnědá	P23	+VDC	DC 0 (10)
13	Společný vodič (0 V)	Červeno-bílá	P24	DC COM (OUT)	RTN OUT 0 (9) (OUT)
14	Levá závora dole (S_2)	Oranžovo-bílá	P2	IN 1	IN 4 (9)
15	Pravá závora nahoře (S_4)	Tmavohnědo-bílá	P4	IN 3	IN 8 (17)
16	Menší mince (S_6)	Modro-bílá	P6	IN 5	IN 10 (21)
17	Levý snímač vozidla (S_8)	Fialovo-bílá	P8	IN 7	IN 12 (25)
18	Červené tlačítko ($Stop$)	Hnědo-bílá	P10	IN 12	IN 14 (29)
19	Červená LED	Černobílá	P12	OUT 0	OUT 2 (3)
20	Levý motor nahoru ($M1+$)	Červeno-černá	P14	OUT 3	OUT 4 (5)
21	Pravý motor nahoru ($M2+$)	Oranžovo-černá	P16	OUT 9	OUT 6 (7)
22	Nevyužito	Žluto-černá			
23	Nevyužito	Zeleno-černá			
24	Nevyužito	Šedo-černá			
25	Společný vodič (0 V)	Krémovo-černá	P24	DC COM 1 (IN)	GND 15 (32) (IN)

4.5 Třídačka kmenů

Po modelu *parkoviště* jsem vytvořil propojení k modelu *třídačky kmenů*. I zde bylo nutné z napájecího zdroje modelu přivést skrze pin č. 12 napájení do výstupního modulu PLC, jak uvádí tabulka č. 4.3. Opět jsem vytvořil dvojí propojení – jedno pro *1756-L82E ControlLogix® 5580 Controller* (IP 235) a druhé pro *1756-L72S GuardLogix® 5570 Safety Controller* (IP 230). Všechny komponenty obou modelů jsou plně funkční.

Dále jsem upravil uložení optických kabelů vedoucích z optických snímačů do zesilovače pro vlákňovou optiku OO5003. Původně byly tyto optické vodiče představovány chaotickou změťí černých vodičů visících zespodu obou modelů. U modelu *Kmeny 2* se mi povedlo plně využít plastových lišt na spodní straně modelu. U modelu *Kmeny 1* jsou však lišty jen v omezeném rozsahu, a tak jsem vodiče provizorně slepil lepicí páskou do svazků, které jsou méně náchylné na přetržení. Lepšího uložení optických vodičů se mi podařilo docílit bez jejich zlomení či ztráty funkčnosti snímačů.

Bylo možno vycházet ze zdroje [7], kde je práce studenta, který modely třídačky kmenů inovoval v roce 2018, zdokumentována (viz podkapitolu B.3 v části příloh). Do schématu elektrického zapojení na obrázku č. B.8 jsem doplnil označení aktuátorů (*K1*, *K2*, *K3*), tlačítek a LED, u kterých jsem také vyznačil zapojení nulového vodiče ⁵.

Zapojení obou modelů je shodné s výjimkou svorek společného vodiče (0 V). U modelu *Kmeny 1* je využito svorky C-4 a C-5 zatímco u druhého modelu (*Kmeny 2*) je to pouze svorka C-2, neboť u toho modelu již další svorka nebyla volná.

⁵v původním schématu chyběl

Tab. 4.3: Zapojení modelu *třídičky kmenů*

Číslo pinu	Význam signálu	Barva vodiče	Číslo svorky	PLC I/O	
				1756-L82E Control-Logix (235)	1756-L72S GuardLogix (230)
1	Zelené tlačítko (<i>Start</i>)	Černá	A-k14	IN 0 (1)	IN 4 (9)
2	Snímač <i>B2</i>	Hnědá	A-k22	IN 2 (3)	IN 8 (17)
3	Snímač <i>B6</i>	Červená	A-k26	IN 4 (5)	IN 10 (21)
4	Snímač <i>B3</i>	Oranžová	A-k23	IN 6 (7)	IN 12 (25)
5	Snímač <i>B1</i>	Žlutá	A-k21	IN 8 (11)	IN 14 (29)
6	Nevyužito	Zelená			
7	Lopatka <i>K1</i>	Modrá	B-D2	OUT 0 (1)	OUT 1 (2)
8	Zelená LED	Fialová	A-k20	OUT 1 (3)	OUT 0 (1)
9	Pásový dopravník (<i>K3</i>)	Šedá	A-k29	OUT 2 (5)	OUT 2 (3)
10	Lopatka <i>K2</i>	Bílá	B-D4	OUT 3 (7)	OUT 4 (5)
11	Červená LED	Růžová	A-k19	OUT 4 (9)	OUT 6 (7)
12	Napájení (+24 V)	Tmavě hnědá	C-7	DC 0 (14)	DC 0 (10)
13	Společný vodič (0 V)	Červeno-bílá	C-4/ C-2	GND 0 (16) (OUT)	RTN 0 (9) (OUT)
14	Červené tlačítko (<i>Stop</i>)	Oranžovo-bílá	A-k17	IN 1 (2)	IN 7 (15)
15	Snímač <i>B5</i>	Tmavohnědo-bílá	A-k25	IN 3 (4)	IN 9 (19)
16	Snímač <i>B8</i>	Modro-bílá	A-k28	IN 5 (6)	IN 11 (23)
17	Snímač <i>B4</i>	Fialovo-bílá	A-k24	IN 7 (8)	IN 13 (27)
18	Snímač <i>B7</i>	Hnědo-bílá	A-k27	IN 10 (13)	IN 15 (31)
19	Nevyužito	Černobílá			
20	Nevyužito	Červeno-černá			
21	Nevyužito	Oranžovo-černá			
22	Nevyužito	Žluto-černá			
23	Nevyužito	Zeleno-černá			
24	Nevyužito	Šedo-černá			
25	Společný vodič (0 V)	Krémovo-černá	C-5/ C-2	GND 1 (19) (IN)	GND 15 (34) (IN)

4.6 Dávkovač kuliček

Poslední model byl poněkud specifický svým provedením i dokumentací, která není úplná. Navíc oproti předchozím modelům jsou tu na jednom modelu *dávkovače kuliček* rovnou dva CANON konektory a to kvůli velkému počtu vstupních signálů sloužících pro přenos zvoleného čísla počtu kuliček. To se děje prostřednictvím BCD kódu, který se skládá ze čtyř bitů. Tedy jsou zapotřebí čtyři vodiče pro každý válec, které nejsou zapojeny ve svorkovnicích X2 ani X4, ale jsou přímo napájeny na otočné číslicové voliče ze zadní strany modelů a sice pod černým plastovým krytem. V tabulce č. 4.4 tedy uvádím vlastní značení, kde *A*, *B* a *C* značí válec, ke kterému se volič vztahuje a číslice 0 až 3 mocninu čísla 2.

Ze všeho nejdříve zde byla nutná drobná úprava čtyř konektorů, u kterých jsem musel na straně u pinu 25 odstranit asi 1,5 mm materiálu tak, aby je vůbec bylo možné ve stísněném prostoru zadní strany modelů *dávkovače kuliček* zapojit. Následně jsem musel odmontovat DIN lištu tak, abych se dostal k plastové liště se skrytými zalepenými nevyužívanými žilami kabelu, a mohl jsem tak vytvořit propojení z napájecího zdroje modelu skrze pin č. 11 výstupního konektoru do napájení výstupního modulu PLC, jak uvádí tabulka č. 4.5. Z této tabulky je též patrné, že konektor s výstupy měl již vyvedený vodič s nulovým potenciálem a to hned na čtyřech pinech (12, 13, 24 a 25). Aby správně fungovaly výstupy, stačí však pracovat pouze s jedním tímto vodičem (pin č. 13). Ostatní piny nejsou využity, nicméně pro úplnost v tabulce č. 4.5 uvádím, jak jsou tyto vodiče zapojeny v modelu.

Pro vstupní modul pak bylo nutné stejným způsobem přivést nulový potenciál (GND) skrze hned dva vodiče kabelu, jak je patrné z tabulky č. 4.4, a to z důvodu dvou použitých vyjímatelných svorkovnic (tj. RTB) použitých vstupních modulů.

Dále jsem stejně jako u předchozích modelů, kde vše souhlasilo s dokumentací, ověřoval zapojení jednotlivých komponent modelu na konektor a zjistil jsem, že tabulky č. 4 a 5, které uvádí zdroj [9], nejsou platné. Tím pádem bylo nutné ověřit mé kabely vodič po vodiči pomocí multimetru, než jsem zjistil skutečné zapojení, které již při testování modelů odpovídalo skutečnosti.

Tentokrát jsem pro oba modely vytvořil totožné zapojení (tzn. dvakrát ty stejné kabely ukončené stejnými RTB) a to z důvodu, že byly třeba 32-bitové vstupní moduly, které jsou v laboratoři k dispozici pouze u PLC *1769-L33ERM CompactLogix™ 5370 Controller* a to konkrétně s IP 245 a 250.

Nakonec jsem na přání vedoucího své práce vytvořil nový vstup, a tedy na pin č. 23 vstupního konektoru přivedl signál (viz tabulka č. 4.4), který informuje o aktivitě ventilátorů – jedná se o jakési zpětné hlášení, díky kterému je zřejmé, zda-li relé R7, spínající ventilátory a poskytující ono zpětné hlášení, funguje správně či nastala porucha.

Všechny provedené úpravy zapojení i značení jsem zanesl do schémat v podkapitole B.1 v části příloh. Ty vycházejí ze zdroje [9].

Tab. 4.4: Zapojení modelu *dávkovače kuliček* – vstupy

Číslo pinu	Význam signálu	Barva vodiče	Číslo svorky	PLC I/O
				1769- L33ERM Compact- Logix (245 & 250)
1	Levý válec – $BCD 2^0$	Černá	A0	IN 0
2	Levý válec – $BCD 2^2$	Hnědá	A2	IN 2
3	Prostřední válec – $BCD 2^0$	Červená	B0	IN 4
4	Prostřední válec – $BCD 2^2$	Oranžová	B2	IN 6
5	Pravý válec – $BCD 2^0$	Žlutá	C0	IN 8
6	Pravý válec – $BCD 2^2$	Zelená	C2	IN 10
7	Levý snímač zaplnění (S_A)	Modrá	X2-10.2	IN 16
8	Pravý snímač zaplnění (S_C)	Fialová	X2-8.2	IN 18
9	Červené tlačítko ($Stop$)	Šedá	X2-6.2	IN 20
10	Společný vodič (0 V)	Bílá	0 V	DC COM 2
11	Nevyužito	Růžová		
12	Nevyužito	Tmavě hnědá		
13	Společný vodič (0 V)	Červeno-bílá	0 V	DC COM 3
14	Levý válec – $BCD 2^1$	Oranžovo-bílá	A1	IN 1
15	Levý válec – $BCD 2^3$	Tmavohnědo-bílá	A3	IN 3
16	Prostřední válec – $BCD 2^1$	Modro-bílá	B1	IN 5
17	Prostřední válec – $BCD 2^3$	Fialovo-bílá	B3	IN 7
18	Pravý válec – $BCD 2^1$	Hnědo-bílá	C1	IN 9
19	Pravý válec – $BCD 2^3$	Černobílá	C3	IN 11
20	Prostřední snímač zaplnění (S_B)	Červeno-černá	X2-9.2	IN 22
21	Snímač přítomnosti krabice (S_{box})	Oranžovo-černá	X2-7.2	IN 21
22	Zelené tlačítko ($Start$)	Žluto-černá	X2-5.2	IN 23
23	Zpětné hlášení od ventilátorů (ZH)	Zeleno-černá	X2-4.2	IN 19
24	Nevyužito	Šedo-černá		
25	Nevyužito	Krémovo-černá		

Tab. 4.5: Zapojení modelu *dávkovače kuliček* – výstupy

Číslo pinu	Význam signálu	Barva vodiče	Číslo svorky	PLC I/O
				1769- L33ERM Compact- Logix (245 & 250)
1	Levá horní zarážka (<i>A_U</i>)	Černá	X4-11.2	OUT 13
2	Prostřední horní zarážka (<i>B_U</i>)	Hnědá	X4-9.2	OUT 2
3	Pravá horní zarážka (<i>C_U</i>)	Červená	X4-7.2	OUT 6
4	Ventilátory	Oranžová	X4-5.2	OUT 8
5	Zelená LED	Žlutá	X4-3.2	OUT 9
6	Nevyužito	Zelená		
7	Nevyužito	Modrá		
8	Nevyužito	Fialová		
9	Nevyužito	Šedá		
10	Nevyužito	Bílá		
11	Napájení (+24 V)	Růžová	+24 V	+VDC 1
12	Nevyužito (společný vodič)	Tmavě hnědá	0 V	
13	Společný vodič (0 V)	Červeno-bílá	0 V	DC COM 1
14	Levá dolní zarážka (<i>A_D</i>)	Oranžovo-bílá	X4-10.2	OUT 1
15	Prostřední dolní zarážka (<i>B_D</i>)	Tmavohnědo-bílá	X4-8.2	OUT 3
16	Pravá dolní zarážka (<i>C_D</i>)	Modro-bílá	X4-6.2	OUT 7
17	Červená LED	Fialovo-bílá	X4-4.2	OUT 11
18	Nevyužito	Hnědo-bílá		
19	Nevyužito	Černobílá		
20	Nevyužito	Červeno-černá		
21	Nevyužito	Oranžovo-černá		
22	Nevyužito	Žluto-černá		
23	Nevyužito	Zeleno-černá		
24	Nevyužito (společný vodič)	Šedo-černá	0 V	
25	Nevyužito (společný vodič)	Krémovo-černá	0 V	

5 Testovací aplikace

V této kapitole se věnuji popisu testovacích aplikací, které jsou i s reporty k dispozici v elektronické příloze (viz přílohu A) a které jsem naprogramoval ve vývojovém prostředí *Studio 5000 Logix Designer* od společnosti Rockwell Automation. Ta zajišťuje také PLC Allen-Bradley, na kterých mají tyto aplikace fungovat a zajišťovat diagnostiku modelů popsaných v kapitole č. 3. U nich má být tímto způsobem zkoumáno, zda-li jsou nebo nejsou všechny komponenty (tzn. LED, tlačítka, aktuátory a snímače) funkční.

Ačkoliv v zadání se píše o jedné aplikaci, vytvořil jsem pro každý model aplikaci trochu odlišnou, a tedy přizpůsobenou danému modelu. Např. u modelu *stojanové vrtačky* nepotřebuji zjišťovat, jestli je číselná hodnota vyčítaná a převáděná z BCD kódu shodná s číselnou hodnotou zvolenou na otočném voliči, jako je tomu u modelu *dávkovače kuliček*.

Pro všechny 4 aplikace je společné, že běží v jediném tasku typu *Continuous Task* obsahujícím jednu hlavní rutinu (Main Routine) a jednu subrutinu (Init) sloužící k inicializaci (tj. vynulování) všech tagů¹. Vyjma třech AOI² jsou všechny instrukce psány v jazyku ST (tj. structured text) z důvodu náročnosti větvení programu.

Pro jednotlivé modely jsem vytvořil v rámci popisu funkce aplikace ke každému z nich velmi zjednodušený stavový diagram (viz obrázky č. 5.3, 5.5, 5.9 a 5.11) znázorňující sekvenci, ve které se vykonávají stavy automatu tehdy, když všechny komponenty fungují a nebo má uživatel zájem o pokračování v diagnostice. V jednom stavu je zpravidla použita vždy jedna AOI a testuje se vždy jeden komponent. V těchto diagramech není zobrazeno pár stavů, které nejsou pro běh samotného programu nikterak zásadní³. Taktéž tam pro zjednodušení není uveden pomocný „nultý“ stav, do kterého se skočí v případě, že chce uživatel zrušit probíhající diagnostiku stiskem příslušného tlačítka na HMI. Poslední věcí, která není vyloženě podstatná, je pamatování si posledního proběhlého stavu pro případ návratu o jeden stav v hlavním cyklu zpět.

5.1 Add-On instrukce

Při snaze co nejvíce zjednodušit kód vytvořený pro diagnostiku jednoho modelu a následně využít takový kód i u dalších modelů (resp. u stejných či podobných

¹s výjimkou tagu *Fans* pro ovládání ventilátorů, které mají opačnou logiku – spouští se při logické 0

²ty jsou psány jazykem LD (tj. ladder diagram) pro jednoduchost jejich funkce

³úvodní hláška uživateli o zahájení diagnostiky a střídavé blikání LED po dokončení diagnostiky

komponentů) jsem se rozhodl pro použití Add-On instrukcí⁴.

AOI jsou snadno přenositelné mezi programy a jejich vykonávání (resp. předávání parametrů mezi AOI a programem, odkud je instrukce volána) je téměř čtyřnásobně rychlejší v porovnání se subroutine, která by vykonávala stejný kód a měla stejný počet parametrů [12]. Dále díky parametrům typu *InOut*, které předávají referenci na tag a nikoliv přímo jeho hodnotu⁵, je možné v jednom stavu stavového automatu (tzn. při jednom zavolání AOI) opakovaně číst výstup Add-On instrukce a pracovat s ním např. ve vizualizaci (tzn. v HMI). Navíc z Add-On instrukce je možné volat jinou Add-On instrukci (ne však rekurzivně), což se subroutine provést nelze. [13]

Nyní stručně popíšu AOI, které jsou společné všem čtyřem aplikacím.

5.1.1 Add-On instrukce pro testování výstupů

```
38 4: //Rozsvěcuji červenou LED. Skutečně svítí?  
39   Last_state := State;  
40   Out_AOI(Out, 9, HMI_msg, LED_red, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_LED_red, HMI_OK_LED_red, State);
```

Obr. 5.1: Add-On instrukce *Out_AOI*

Na obrázku č. 5.1 je ukázka volání *Out_AOI*, kde *Out* je struktura typu *Out_AOI*, „9“ je číselný kód zprávy v komentáři (řádek 38), *HMI_msg* je tag sloužící k přenosu číselného kódu z aplikace do HMI, kde se zpráva zobrazuje uživateli. Ten na ni reaguje buď „Ano“ a *HMI_yes* má pak hodnotu 1, nebo „Ne“ a *HMI_no* má pak hodnotu 1. Současně se zobrazením zprávy se aktivuje testovaný výstup (v tomto případě červená LED, která se má rozsvítit). Pokud už po úvodním dotazu uživatel odpoví „Ano“, nastaví se *HMI_OK_LED_red* na 1 a *State* se zvýší o 1. Tím se posuneme do dalšího stavu ve stavovém automatu. Pokud tomu tak není, následuje série dotazů ve snaze zjistit možnou příčinu problému (konkrétně je uživatel dotázán, jestli je zapnuté napájení modelu a případně jestli je zapojen správný datový kabel). Pokud nic z toho nefunguje, nastaví se do 1 *HMI_Error_LED_red* a uživatel je dotázán, zda-li si přeje pokračovat v testování dalších komponentů.

Tuto instrukci využívám pro testování LED a aktuátorů, které můžou být spuštěny, aniž by se dostaly do koncové polohy, kde by při dalším pokusu o pohyb hrozilo jejich poškození (patří sem např. motor *M2* u vřetene vrtačky, ale motor *M1* pro svislý pohyb už nikoliv).

⁴zkráceně AOI, jak také značím vlastní Add-On instrukce ve stavových diagramech dále v této kapitole i v kódu programů, které jsou součástí reportů v elektronické příloze

⁵jako tomu je u parametrů typu *Input* a *Output*

5.1.2 Add-On instrukce pro testování vstupů

```
42 5: //Stiskněte, prosím, na chvíli zelené tlačítko. Můžeme pokračovat?  
43   Last_state := State;  
44   In_AOI(In, 10, HMI_msg, Start, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_start, HMI_OK_start, State);
```

Obr. 5.2: Add-On instrukce *In_AOI*

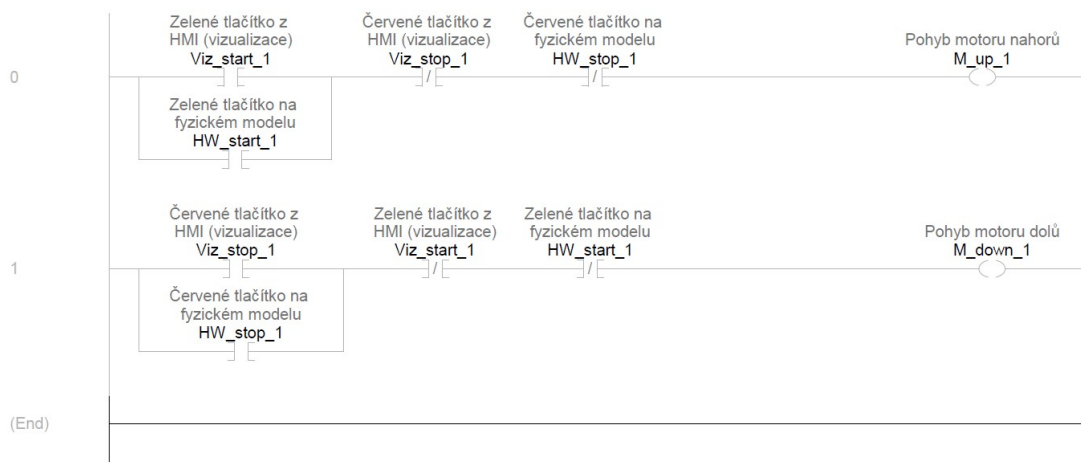
Interakce s uživatelem je u *In_AOI* na obrázku č. 5.2 řešena stejným způsobem jako u všech dalších AOI (a tedy i výše popsané *Out_AOI*). Vstup (v tomto případě zelené tlačítko *Start*) je i při krátké aktivaci zapamatován v lokální proměnné AOI, prostřednictvím které je dále testován.

Využívám jí pro testování tlačítek a snímačů, u kterých není třeba více než jedné unikátní zprávy uživateli obsahující název daného testovaného vstupu (tzn. tlačítka a snímače).

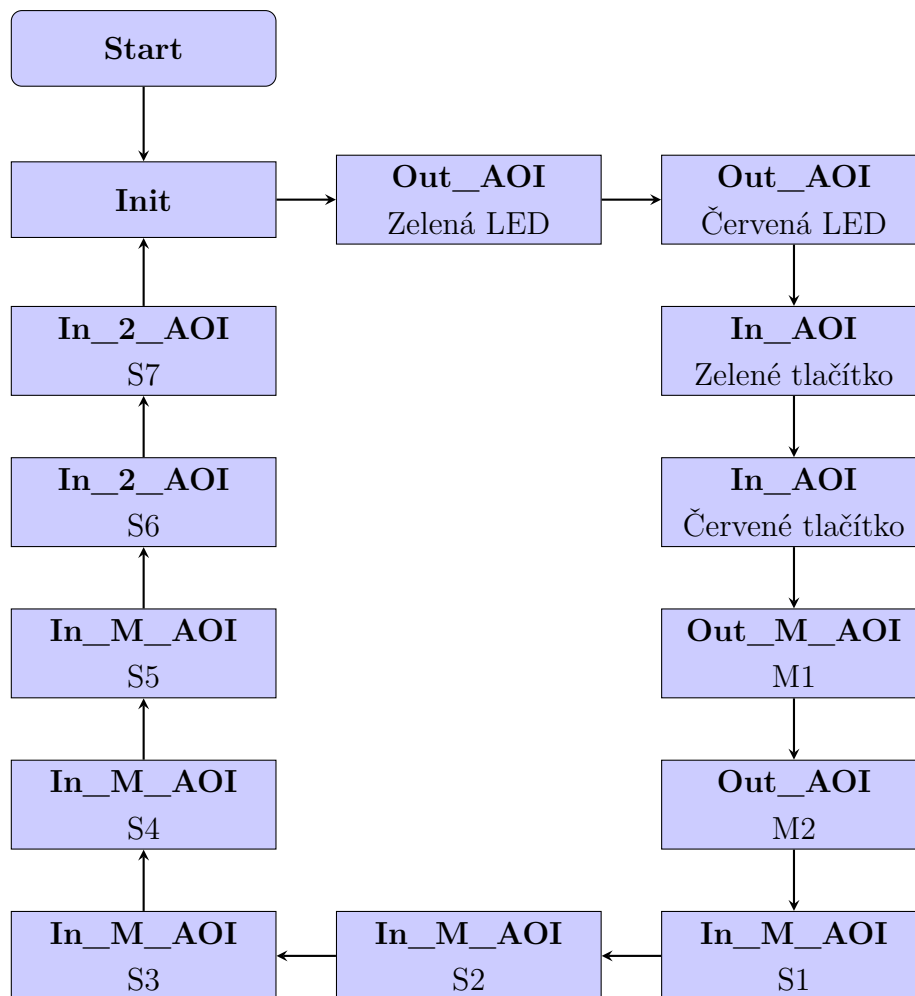
5.2 Stojanová vrtačka

Aplikaci k testování modelu *stojanové vrtačky* jsem vytvořil v konfiguraci pro PLC *1756-L73 ControlLogix® 5570 Controller* (IP 200). Na obrázku č. 5.3 je pak možné vidět posloupnost jednotlivých stavů při diagnostice tohoto modelu.

5.2.1 Add-On instrukce pro ovládání motorů pomocí tlačítek



Obr. 5.4: Add-On instrukce *M_AOI*



Obr. 5.3: Zjednodušený stavový diagram testovací aplikace modelu *stojanové vrtačky*

Na obrázku č. 5.4 je AOI, která je volána uvnitř jiných AOI (konkrétně *Out_M_AOI* a *In_M_AOI*⁶), kde zajišťuje polohování motorů na základě stisku buď fyzického tlačítka na modelu⁷ a nebo pomocí tlačítka v HMI. Zelené tlačítko aktivuje pohyb daného motoru nahoru zatímco červené tlačítko aktivuje pohyb dolů.

5.3 Parkoviště

Aplikaci k testování modelu *parkoviště* jsem vytvořil v konfiguraci pro PLC *1769-L33ERM CompactLogix™ 5370 Controller (IP 240)*. Na obrázku č. 5.5 je pak možné vidět posloupnost jednotlivých stavů při diagnostice tohoto modelu.

⁶pro popis těchto AOI viz podkapitulu 5.3

⁷v případě, že toto tlačítko funguje

5.3.1 Add-On instrukce pro testování výstupů pomocí tlačítek

```
50 7: //Nyní pomocí HMI nebo HW tlačítek (zelené - nahoru, červené - dolů) aktivujte M1. Můžeme pokračovat?
51 //Povedlo se Vám levý motor (M1) uvést do pohybu?
52 Last_state := State;
53 Out_M_AOI(Out_M, 14, 15, HMI_msg, M1_up, M1_down, HMI_Start,
54 HMI_Stop, Start, Stop, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_M1, HMI_OK_M1, State);
```

Obr. 5.6: Add-On instrukce *Out_M_AOI*

Podobně jako *Out_AOI* slouží instrukce *Out_M_AOI* na obrázku č. 5.6 k testování výstupů, ovšem zde pouze motorů, které mají v dráze svého pohybu několik snímačů a mezi nimi i snímače ohraničující rozsah jejich pohybu. Ten by pro zachování správné funkce bez poškození neměli v žádném případě překročit. Proto není možné takové motory „naslepo“ spustit a čekat, že uživatel stihne zareagovat dostatečně včas na jejich pohyb a potvrdí ho, čímž by se motor zastavil. Namísto toho se motor pohne jen v případě, že uživatel drží některé tlačítko.

Vstupují do ní mimo už popsané tagy dvě zprávy pro uživatele, tagy pro ovládání pohybu motoru nahoru a dolů a tagy pro přenos signálu z tlačítek (fyzických i virtuálních).

5.3.2 Add-On instrukce pro testování vstupů motorem

```
68 10: //Nyní, prosím, napoložte levou závoru (M1) tak, aby zakryla snímač S1. Můžeme pokračovat?
69 //Pokud je levá závara na místě, můžu otestovat snímač S1?
70 Last_state := State;
71 In_M_AOI(In_M, 21, 22, HMI_msg, M1_up, M1_down, HMI_Error_M1, HMI_Start,
72 HMI_Stop, Start, Stop, S1, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_S1, HMI_OK_S1, 1, State);
```

Obr. 5.7: Add-On instrukce *In_M_AOI*

Na obrázku č. 5.7 je vyobrazeno volání *In_M_AOI* pro otestování snímače *S1* u modelu parkoviště. Mimo již popsané parametry, které zde mají prakticky stejný význam, je tu navíc ještě „1“ sloužící k parametrizování počtu stavů hlavního cyklu, které se mají přeskočit v případě, že motor, kterým má být snímač otestován (v tomto případě *M1*), není funkční (resp. příznak jeho chybového stavu *HMI_Error_M1* je aktivní).

5.3.3 Add-On instrukce pro testování vstupů (2 zprávy)

```
96 15: //Nyní, prosím, postavte motorku mezi závory. Můžeme pokračovat?  
97     //Pokud je motorka mezi závorami, můžu otestovat snímač S9?  
98     Last_state := State;  
99     In_2_AOI(In_2, 31, 32, HMI_msg, S9, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_S9, HMI_OK_S9,State);
```

Obr. 5.8: Add-On instrukce *In_2_AOI*

U *In_2_AOI* na obrázku č. 5.8 jde v podstatě o AOI shodnou s *In_AOI*, akorát pošle uživateli dvě zprávy namísto jedné (zde konkrétně 31 a 32). To je dobré u snímačů, kde je třeba lépe specifikovat, co je nutné zajistit k otestování takovýchto snímačů jako např. k optické závoře *S9* na parkovišti je nutné postavit „motorku“ či „auto“, aby se aktivovala a mohla být otestována.

5.4 Třídička kmenů

Aplikaci k testování modelu *třídičky kmenů* jsem vytvořil v konfiguraci pro PLC *1756-L72S GuardLogix® 5570 Safety Controller* (IP 230). Na obrázku č. 5.9 je pak možné vidět posloupnost jednotlivých stavů při diagnostice tohoto modelu.

5.4.1 Add-On instrukce pro testování optických snímačů B

```
72 12: //Nyní, prosím, položte kmen na dopravník před snímač B3. Můžeme pokračovat?  
73     //Pokud je kmen na svém místě, můžu otestovat snímač B3?  
74     Last_state := State;  
75     B_In_AOI(B_In, 21, 22, HMI_msg, B3, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_B3, HMI_OK_B3,State);
```

Obr. 5.10: Add-On instrukce *B_In_AOI*

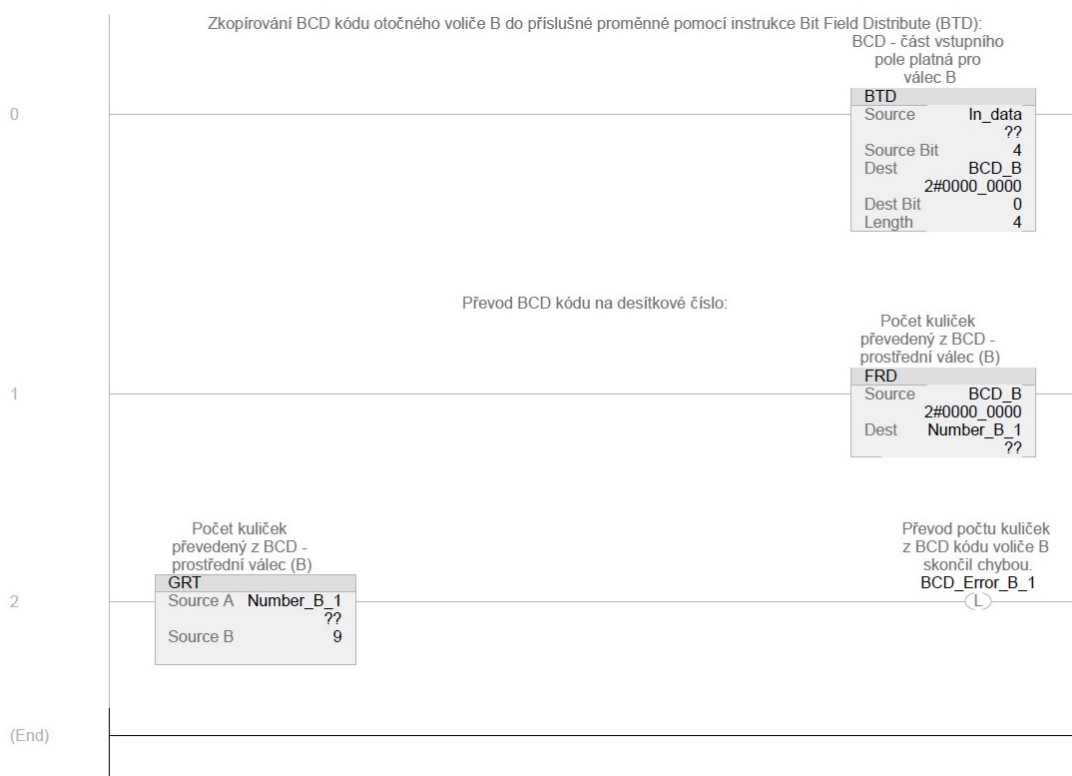
U modelu *třídičky kmenů* je jediným „specifikem“ přítomnost pouze optických snímačů, které mají obrácenou logiku (přítomnost kmene zaznamenávají tehdy, když ukazují log. 0). Tomu bylo nutné přizpůsobit jejich vnitřní strukturu a instrukce *B_In_AOI* na obrázku č. 5.10 se tedy de facto chová jako inverzní *In_2_AOI*, protože také uživateli posílá dvě zprávy (aby umístil kmen ke konkrétnímu snímači a dále jestli je již možné zahájit testování).

5.5 Dávkovač kuliček

Aplikaci k testování modelu *dávkovače kuliček* jsem vytvořil v konfiguraci pro PLC *1769-L33ERM CompactLogix™ 5370 Controller* (IP 250). Na obrázku č. 5.11 je pak možné vidět posloupnost jednotlivých stavů při diagnostice tohoto modelu.

5.5.1 Add-On instrukce pro převod BCD kódu

Mimořádností u modelu dávkovače kuliček jsou otočné voliče (*A*, *B* a *C* na obrázku č. 3.5) pro zadání počtu kuliček, které mají být odpočítány. Každý z těchto voličů přenáší signál do PLC prostřednictvím čtyř vodičů (viz tabulka č. 4.4. Při vytváření propojení jsem tyto vodiče připojil do vyjímatelné svorkovnice vstupního modulu za sebe tak, že je nyní možno je vyčítat po čtyřech bitech v pořadí, které odpovídá mocninám čísla 2.



Obr. 5.12: Add-On instrukce *Conv_B_AOI*

Díky tomuto uspořádání jsem s výhodou mohl použít instrukci *BTD* (Bit Field Distribute) [14]. Drobným nedostatkem tohoto řešení je nemožnost parametrizo-

vat vstupy instrukce *BTD*⁸ [14]. Z toho důvodu mám pro každý volič samostatnou instrukci s pozměněným nastavením čtení vstupních bitů.

Na obrázku č. 5.12 ukazují Add-On instrukci *Conv_B_AOI* pro převod BCD kódu z voliče B. Konkrétně tady zadávám proměnnou *In_data* typu DINT (32 bitů ze vstupního modulu, jak jsou za sebou), bit 4, od kterého chci vyčítat, proměnnou *BCD_B*, do které ukládám mezivýsledek převodu, bit 0, od kterého se zvolená proměnná přepíše a nakonec také 4 vyčítané bity (tj. délku). Dále je možné takovýto mezivýsledek z pomocné proměnné převést na dekadické číslo instrukcí *FRD* (Convert to Integer) [14]. Ta již ukládá hodnotu, kterou následně porovnává instrukce *GRT*, jestli není větší než 9, a tedy jestli je vše v pořádku. Pokud není, nastaví se příznak chyby *BCD_Error_B_1*.

```
62 9: //Nyní, prosím, zvolte na otočném voliči C libovolné číslo. Můžeme pokračovat?
63 //Odpovídá zvolené číslo na voliči C hodnotě v šedém rámečku?
64 Last_state := State;
65 Conv_C_AOI(Conv_C, Input_32bit, BCD_Error_C, Number_C);
66 BCD_AOI(BCD, 18, 19, BCD_Error_C, HMI_msg, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_C, HMI_OK_C, State);
```

Obr. 5.13: Add-On instrukce *Conv_C_AOI* & *BCD_AOI*

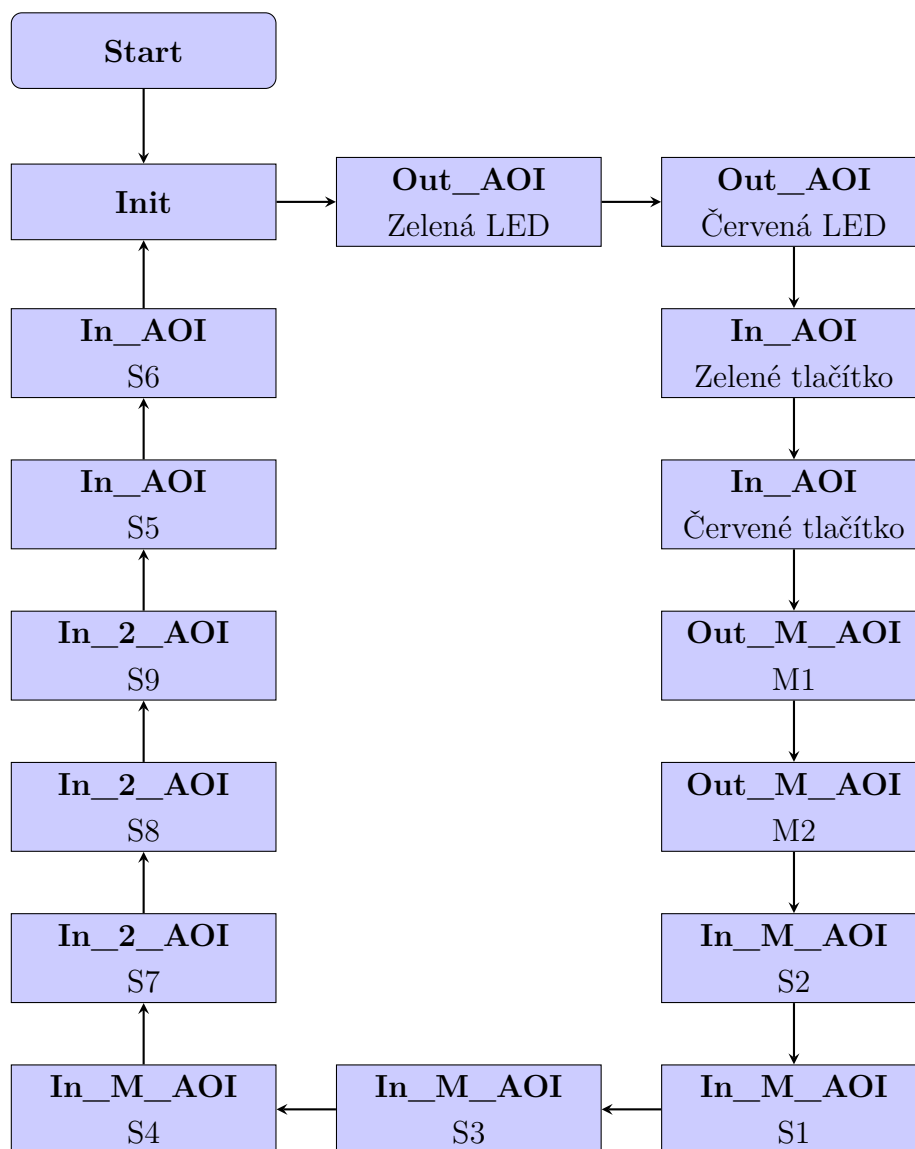
Instrukce *BCD_AOI* pak už „jen“ vyhodnocuje, jestli v instrukci *Conv_A_AOI*, *Conv_B_AOI* nebo v tomto případě na obrázku č. 5.13 *Conv_C_AOI* došlo k chybě a jestli dle uživatele odpovídá jeho volba čísla se zobrazovanou hodnotou v HMI či nikoliv.

```
72 11: //Spouštím ventilátory. Opravdu se roztočily všechny?
73 Last_state := State;
74 Out_fans_AOI(Out_fans, 22, HMI_msg, Fans, ZH, HMI_yes, HMI_no, HMI_Error_fans, HMI_OK_fans, State);
```

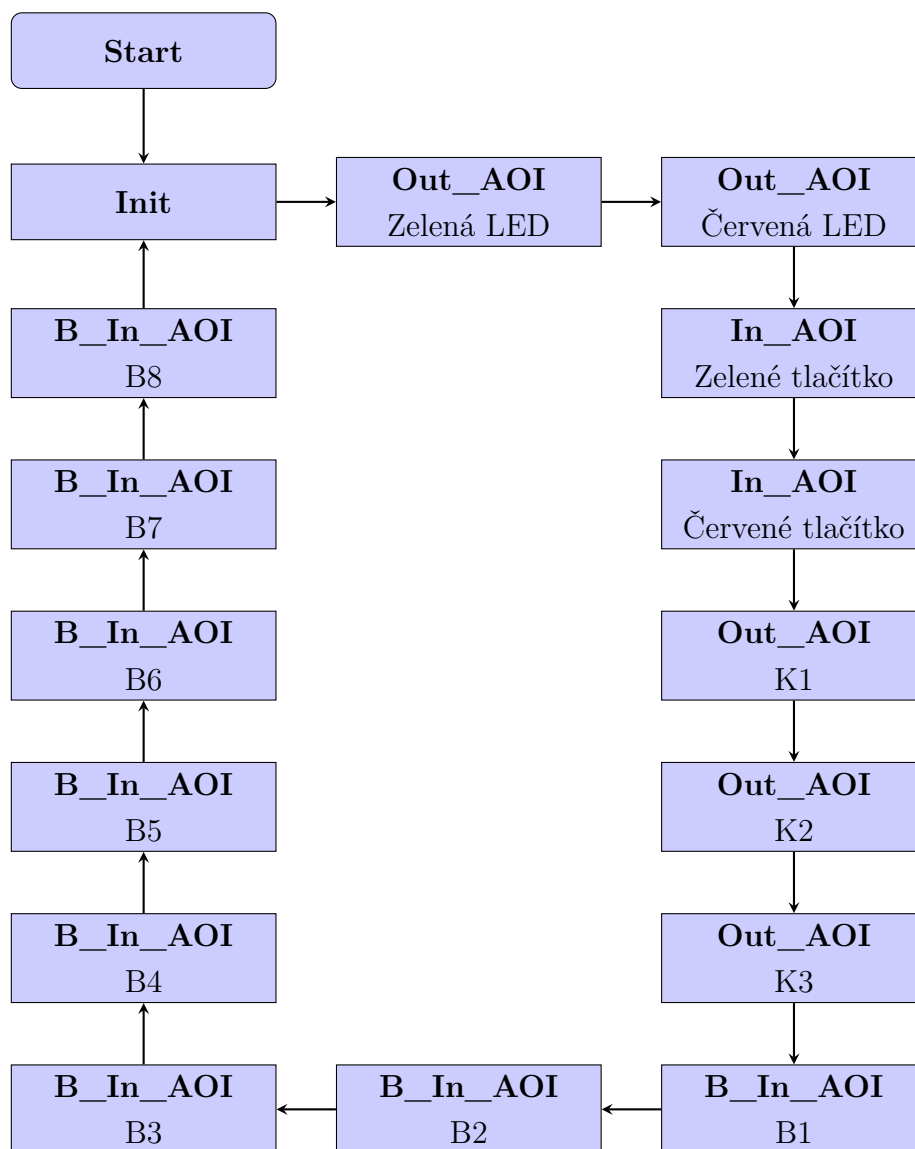
Obr. 5.14: Add-On instrukce *Out_fans_AOI*

Instrukce *Out_fans_AOI* na obrázku č. 5.14 je unikátní v tom, že testuje výstup (točení ventilátorů) a využívá k tomu vlastní snímač (resp. zpětné hlášení *ZH* z patice relé, kterým jsou ventilátory spínány). Na toto zpětné hlášení je časový limit 2,5 s než aplikace vyhodnotí, že *ZH* není aktivní, a tedy ventilátory nejsou funkční.

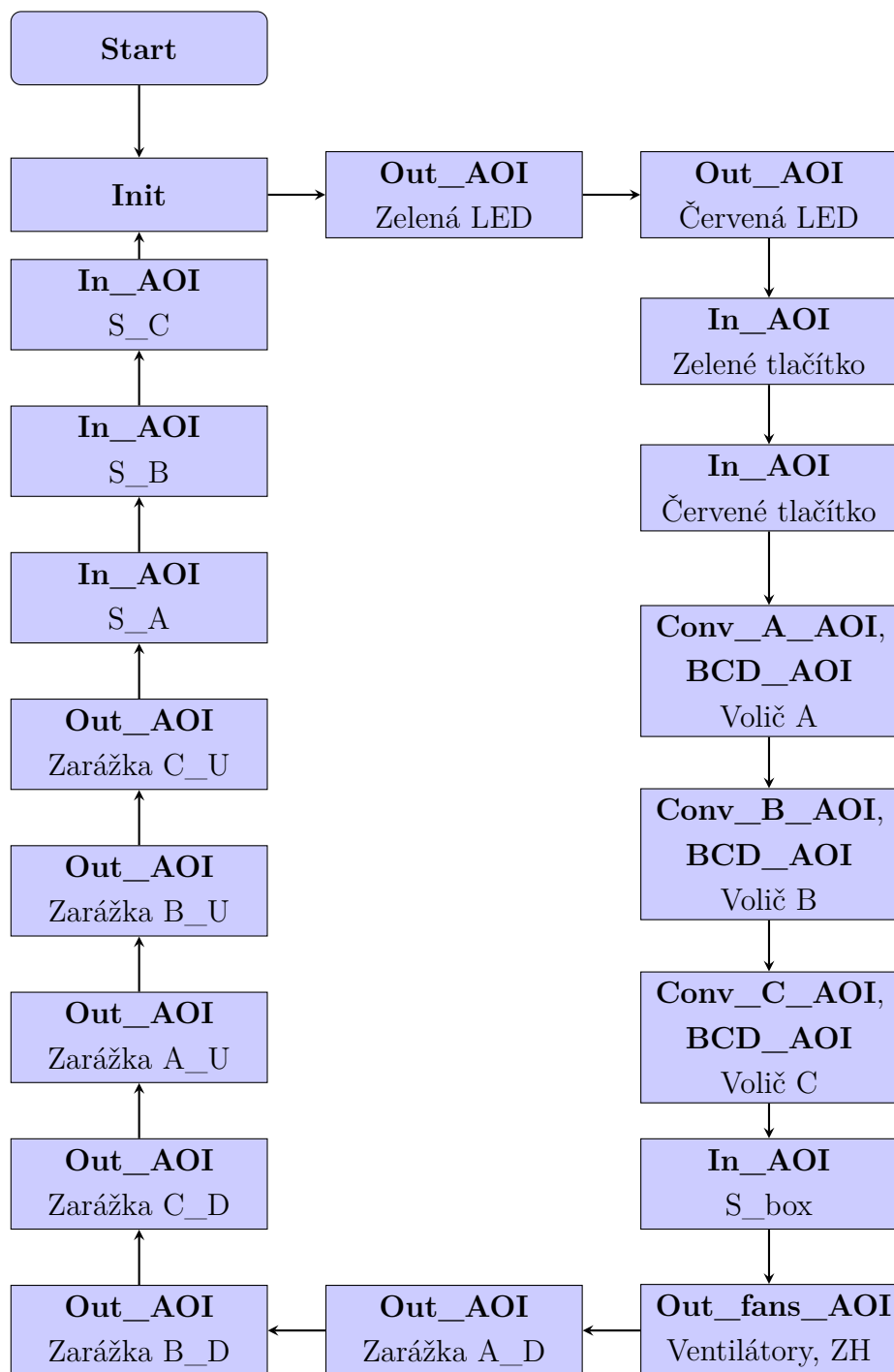
⁸bit pro čtení i pro ukládání se musí stejně jako počet vyčítaných bitů zadávat přímo hodnotou a nikoliv tagem (proměnnou)



Obr. 5.5: Zjednodušený stavový diagram testovací aplikace modelu *parkoviště*



Obr. 5.9: Zjednodušený stavový diagram testovací aplikace modelu *třídícíky kmenů*



Obr. 5.11: Zjednodušený stavový diagram test. aplikace modelu *dávkovače kuliček*

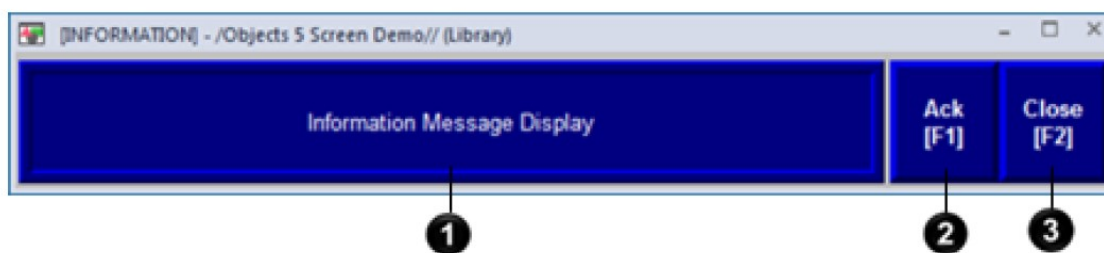
6 Vizualizace

V této kapitole popisují vizualizace (tj. HMI, neboli rozhraní člověk-stroj), které jsem vyvíjel zároveň s aplikacemi v kapitole č. 5 a které jsou stejně jako zmíněné aplikace k dispozici spolu s reporty v elektronické příloze (viz přílohu A). Samotný vývoj vizualizace probíhal v programovém prostředí *FactoryTalk View Studio* společnosti Rockwell Automation. Zatímco aplikace zajišťuje logickou část diagnostiky daného modelu, HMI slouží k prezentování výsledků logických operací v aplikaci stejně tak, jako zaznamenává reakce uživatele (resp. obsluhy HMI) [15].

Prostředí vizualizace jsem se snažil vytvářet dle náležitostí popsaných v dokumentu [15] a to konkrétně dobře čitelné a srozumitelné popisky v kombinaci s kontrastními tlačítky a světle šedým pozadím.

6.1 Informační podokno

Abych zajistil interaktivitu celé vizualizace s uživatelem tak, aby mohl podle skutečnosti odpovídat na otázky ohledně stavu komponentů, jsem se rozhodl využít a upravit předpřipravené podokno označované jako *[INFORMATION]* (viz obrázek č. 6.1). *1* označuje oblast zobrazované zprávy, *2* značí potvrzení uživatelem, že zprávu bere na vědomí a *3* je pouze tlačítko, které tento displej zavírá. Pro mně velmi výhodnou vlastností tohoto displeje je možnost načítání zpráv ze souboru. Zprávám v takovém souboru je vždy nutné přiřadit číselnou hodnotu v rozmezí 1 až 10000 a dále přiřadit tag typu integer, na základě jehož hodnoty se pak zobrazují zprávy uživateli. [16]



Obr. 6.1: Displej *[INFORMATION]* [16]

Chtěl jsem však možnosti „Ano/Ne“, což displej *[INFORMATION]* nenabízí. Na jeho základě jsem si tedy vytvořil vlastní pop-up okno s vlastními tlačítky propojenými s tagy v aplikacích popsaných v kapitole č. 5. V úvahu připadala i možnost zasílání zpráv přímo z aplikace, a tedy neodesílat skrze tag pouze číselný kód zprávy,

ale přímo řetězec znaků (tzn. string). Takové řešení by ale bylo mnohem komplikovanější na implementaci a navíc by byla ztracena možnost využívat diakritiku [17].

6.2 Ukázky HMI

V této části prezentuji průběh diagnostiky napříč stavy popsány v kapitole č. 5. Detailněji ukazuji zprávy, které dostává uživatel při diagnostice, na modelu *stojanové vrtačky*. Součástí každého HMI je v mém případě mimo tabulku s komponenty také tlačítko *Zpět*, které po stisknutí vrátí diagnostiku na poslední otestovaný komponent. Dále jsem přidal tlačítko *Zrušit*, které vrátí diagnostiku na začátek a vymaže veškerý postup. Červené tlačítko *Off* ukončí diagnostiku a zavře okno, ve kterém je zobrazena vizualizace.

Na obrázku č. 6.2 je možné vidět bezchybný průběh testování modelu, přičemž všechny komponenty jsou funkční. Oproti tomu na obrázku č. 6.3 je možné pozorovat různé chybové zprávy, které uživatel obdrží, pokud aplikace vyhodnotí, že je s modelem něco v nepořádku¹. Části (b) až (f) obrázku č. 6.3 také zobrazují chybový dialog zobrazovaný při chybě kteréhokoliv snímače napříč modely. Kompletní výpis zobrazovaných zpráv je součástí reportu HMI pro každý model v elektronické příloze (viz přílohu A).

Na obrázku č. 6.2 je možné vidět několik typů zpráv zasílaných uživateli, na které v tomto případě reagoval vždy stiskem tlačítka „Ano“, a tedy všechny dosud otestované komponenty byly funkční.

Obrázek č. 6.4 znázorňuje rozložení HMI panelu pro model *parkoviště*. V části (a) je testována levá závora (resp. levý motor $M1$), je stisknuté zelené tlačítko a směr pohybu motoru znázorňuje černá šipka mířící vzhůru. V části (b) je testována pravá závora (resp. pravý motor $M2$), je stisknuté červené tlačítko a směr pohybu motoru znázorňuje černá šipka mířící dolů.

¹často právě na základě odpovědí uživatele

Diagnostika - stojanová vrtačka

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		Nahoru/dolů M1	S1
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S2
		Vrtání M2	S3
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S4
			S5
			S6
			S7

Rozsvěcují červenou LED. Skutečně svítí?

(a) Test červené LED

Diagnostika - stojanová vrtačka

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		Nahoru/dolů M1	S1
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S2
		Vrtání M2	S3
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S4
			S5
			S6
			S7

Stiskněte, prosím, na chvíli zelené tlačítko. Můžeme pokračovat?

(b) Test zeleného tlačítka

Diagnostika - stojanová vrtačka

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		▲ Nahoru/dolů M1	S1
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S2
		▼ Vrtání M2	S3
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S4
			S5
			S6
			S7

Nyní pomocí HMI nebo HW tlačítek (zelené - nahoru, červené - dolů) aktivujte M1. Můžeme pokračovat?

(c) Test motoru M1

Diagnostika - stojanová vrtačka

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		▼ Nahoru/dolů M1	S1 <input checked="" type="checkbox"/>
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S2 <input checked="" type="checkbox"/>
		Vrtání M2	S3 <input checked="" type="checkbox"/>
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S4
			S5
			S6
			S7

Nyní napoložíte vřeteno (M1) tak, aby zakrylo snímač S3 (poloha střední). Můžeme pokračovat?

(d) Test snímače S3

Diagnostika - stojanová vrtačka

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		Nahoru/dolů M1	S1 <input checked="" type="checkbox"/>
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S2 <input checked="" type="checkbox"/>
		Vrtání M2	S3 <input checked="" type="checkbox"/>
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S4 <input checked="" type="checkbox"/>
			S5 <input checked="" type="checkbox"/>
			S6 <input checked="" type="checkbox"/>
			S7 <input checked="" type="checkbox"/>

Pokud je vřeteno na místě, můžu otestovat snímač S3?

(e) Test snímače S3

Diagnostika - stojanová vrtačka

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		Nahoru/dolů M1	S1 <input checked="" type="checkbox"/>
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S2 <input checked="" type="checkbox"/>
		Vrtání M2	S3 <input checked="" type="checkbox"/>
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		S4 <input checked="" type="checkbox"/>
			S5 <input checked="" type="checkbox"/>
			S6 <input checked="" type="checkbox"/>
			S7 <input checked="" type="checkbox"/>

Nyní, prosím, postavte velký obrobek pod vrtačku (S6). Můžeme pokračovat?

(f) Test snímače S6

Obr. 6.2: Ukázka bezchybné diagnostiky modelu *stojanové vrtačky*

Diagnostika - třídička kmenů

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
		Lopatka K1 <input checked="" type="checkbox"/>	B1
Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		B2
		Lopatka K2 <input checked="" type="checkbox"/>	B3
Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>		B4
		Dopravník K3	B5
			B6
			B7
			B8

Spouštím pásový dopravník (K3). Hýbe se?

Obr. 6.5: Ukázka diagnostiky modelu *třídičky kmenů*

Obrázek č. 6.5 znázorňuje rozložení HMI panelu pro model *třídičky kmennů* a to konkrétně ve stavu testování dopravníkového pásu *K3*.

Na obrázku č. 6.6 je možné vidět rozložení HMI panelu pro model *dávkačce kuliček* a to konkrétně ve stavu testování otočného voliče *C*, kde uživatel pro kontrolu ověřuje zvolené číslo na voliči a číslo zobrazované v šedém rámečku (v tomto případě 0). Pokud by hodnota přesahovala rozsah 0 až 9, vyhodnotila by ji aplikace jako chybu, uživateli by se vedle voliče zobrazil „křížek“ a následoval by chybový stav představený na obrázku č. 6.3.

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
<input checked="" type="checkbox"/> Zelená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Zelené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Nahoru/dolů M1	S1
<input checked="" type="checkbox"/> Červená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Červené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Vrtání M2	S2
			S3
			S4
			S5
			S6
			S7

Snímač je závislý na fungujícím motoru, a nemůžu ho tak otestovat... Přejete si pokračovat v diagnostice?

(a) Nemožnost otestovat snímač *S1*

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
<input checked="" type="checkbox"/> Zelená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Zelené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Nahoru/dolů M1	S1
<input checked="" type="checkbox"/> Červená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Červené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Vrtání M2	S2
			S3
			S4
			S5
			S6
			<input checked="" type="checkbox"/> S7

Zdá se, že komponent nefunguje... Je zapnuté napájení modelu?

(b) Chybový stav 1

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
<input checked="" type="checkbox"/> Zelená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Zelené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Nahoru/dolů M1	S1
<input checked="" type="checkbox"/> Červená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Červené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Vrtání M2	S2
			S3
			S4
			S5
			<input checked="" type="checkbox"/> S6
			<input checked="" type="checkbox"/> S7

Zapněte, prosím, napájení a znovu aktivujte daný snímač (resp. tlačítko). Můžeme pokračovat?

(c) Chybový stav 2

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
<input checked="" type="checkbox"/> Zelená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Zelené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Nahoru/dolů M1	S1
<input checked="" type="checkbox"/> Červená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Červené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Vrtání M2	S2
			S3
			S4
			S5
			<input checked="" type="checkbox"/> S6
			<input checked="" type="checkbox"/> S7

Je připojený správný kabel spojující model s PLC?

(d) Chybový stav 3

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
<input checked="" type="checkbox"/> Zelená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Zelené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Nahoru/dolů M1	S1
<input checked="" type="checkbox"/> Červená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Červené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Vrtání M2	S2
			S3
			S4
			S5
			<input checked="" type="checkbox"/> S6
			<input checked="" type="checkbox"/> S7

Připojte tedy, prosím, správný kabel a znovu aktivujte daný snímač (resp. tlačítko). Můžeme pokračovat?

(e) Chybový stav 4






LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
<input checked="" type="checkbox"/> Zelená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Zelené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Nahoru/dolů M1	S1
<input checked="" type="checkbox"/> Červená LED	<input checked="" type="checkbox"/> Červené tl.	<input checked="" type="checkbox"/> Vrtání M2	S2
			S3
			S4
			S5
			<input checked="" type="checkbox"/> S6
			<input checked="" type="checkbox"/> S7

Je mi líto, jde o složitější problém... Přejete si pokračovat v diagnostice dalších komponentů?

(f) Chybový stav 5

Obr. 6.3: Ukázka diagnostiky modelu *stojanové vrtačky* s chybami






Diagnostika - parkoviště

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
 Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	 Levý motor M1	S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9
 Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	Pravý motor M2	

Nyní pomocí HMI nebo HW tlačítek (zelené - nahorů, červené - dolů) aktivujte M1. Můžeme pokračovat?

(a) Motor $M1$ – pohyb nahoru

Diagnostika - parkoviště





LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
 Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	Levý motor M1 <input checked="" type="checkbox"/>	S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9
 Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	 Pravý motor M2	

Nyní pomocí HMI nebo HW tlačítek (zelené - nahorů, červené - dolů) aktivujte M2. Můžeme pokračovat?

(b) Motor $M2$ – pohyb dolů

Obr. 6.4: Ukázka diagnostiky modelu *parkoviště*





Diagnostika - dávkovač kuliček

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
 Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	Ventilátory	S_box
 Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	Zarážka A_D	S_A
		Zarážka B_D	S_B
		Zarážka C_D	S_C
		Zarážka A_U	Volič A 4 <input checked="" type="checkbox"/>
		Zarážka B_U	Volič B 2 <input checked="" type="checkbox"/>
		Zarážka C_U	Volič C 0

Nyní, prosím, zvolte na otočném voliči C libovolné číslo. Můžeme pokračovat?

(a) Volba číselné hodnoty

Diagnostika - dávkovač kuliček

LED	Tlačítka	Aktuátory	Snímače
 Zelená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Zelené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	Ventilátory	S_box
 Červená LED <input checked="" type="checkbox"/>	 Červené tl. <input checked="" type="checkbox"/>	Zarážka A_D	S_A
		Zarážka B_D	S_B
		Zarážka C_D	S_C
		Zarážka A_U	Volič A 4 <input checked="" type="checkbox"/>
		Zarážka B_U	Volič B 2 <input checked="" type="checkbox"/>
		Zarážka C_U	Volič C 0

Odpovídá zvolené číslo na voliči C hodnotě v šedém rámečku?

(b) Posouzení uživatelem

Obr. 6.6: Ukázka diagnostiky modelu *dávkovače kuliček*

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo seznámit se s již existujícími modely a postupně pro tyto modely vytvářet propojení s PLC v laboratoři T12/SE 2.131. Dále jsem měl dle pokynů vedoucího práce ověřit současné zapojení modelů vzhledem k dokumentaci, která k nim byla v minulosti sepsána. V případě odchylek či nutných úprav jsem měl vše přehledně zdokumentovat formou tabulek, což rozepisuji v kapitole č. 4.

Abych věděl, jak a kam mám jednotlivé vodiče zapojovat, bylo nutné nastudovat dokumentaci I/O modulů programovatelných automatů nacházejících se v laboratoři. O tom pojednává kapitola č. 2. Ta souvisí s kapitolou č. 1, kde rozepisuji význam a princip diskrétních signálů.

Nevyhnutelným bodem mé práce bylo také seznámení se s každým modelem, popsaní jejich komponentů a funkcí. Tento bod sepisuji v kapitole č. 3, kam jsem pro pochopení funkce každého z modelů přidal také funkční schémata. Obrázky č. 3.2 a 3.5 jsem přitom vytvořil sám, neb podobná schémata u modelů *stojanové vrtačky* ani u modelu *dávkovače kuliček* nebyla dostupná.

V dalších částech práce jsem pak naprogramoval čtyři aplikace (tj. kapitola č. 5) pro diagnostiku modelů popsaných v kapitole 3 a dále vyvinul čtyři vizualizace (tj. kapitola č. 6) propojené vždy s aplikací obsahující logiku pro testování konkrétního modelu. Tyto testovací aplikace a HMI jsou navrženy tak, že zaznamenávají průběh testování formou zelených „zatržitek“ v případě, že je komponent modelu v pořádku, a nebo červených křížků, které se zobrazí nalevo od názvu právě testovaného komponentu. Toto řešení testování modelů vede uživatele krok za krokem formou informačních zpráv a otázek, na které uživatel odpovídá „Ano“ či „Ne“ prostřednictvím tlačítek vedle zobrazované zprávy. Je možno takto dojít k závěru, že model nemá zapnuté napájení a nebo připojený datový kabel, který model propojuje s PLC a tedy i s aplikací a HMI.

Literatura

- [1] DUNDAR, O. A KOCER, S. Raspberry Pi and Models. In: S. Kocer, O. Dundar a R. Butuner (Eds.), *Programmable Smart Microcontoller Cards* [online]. Istanbul: ISRES Publishing, 2021, s. 50–66. ISBN 978-605-74825-6-3. [cit. 2022-12-16]. Dostupné z: https://www.isres.org/books/Programlanabilir%20Ak%C4%B111%C4%B1%20Mikrodenetleyici%20Kartlar_01_16-12-2021.pdf.
- [2] ROCKWELL AUTOMATION. *1756 ControlLogix I/O Specifications Technical Data* [online]. 1756-TD002O-EN-E. 2022, 237 s. [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1756-td002_-en-e.pdf.
- [3] ROCKWELL AUTOMATION. *1769 Compact I/O Modules Specifications* [online]. 1769-TD006G-EN-P. 2020, 131 s. [cit. 2022-10-11]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf.
- [4] SODOMKA, P. *Model přepravníku beden* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 36 s. [cit. 2022-9-21]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/66211>. Vedoucí bakalářské práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.
- [5] CZIPSZER, J. *Řízení vrtačky - inovace laboratorní úlohy* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 47 s. [cit. 2022-10-12]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/102617>. Vedoucí práce: Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.
- [6] PINDEL, Tomáš. *Inovace laboratorních modelů „parkoviště“* [online]. Brno, 2018, 47 s. [cit. 2022-10-24]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/110731>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce: Ing. Miroslav Jirgl, PhD.
- [7] ŽATEČKA, F. *Inovace laboratorní úlohy - model „Kmeny“* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 41 s. [cit. 2022-9-29]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/111072>. Vedoucí bakalářské práce Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D.
- [8] PÁSEK, Jan. *Programovatelné automaty v řízení technologických procesů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007.

- [9] CHALUPA, P. *Simulátory laboratorních modelů „kuličky“ a „kmeny“ v prostředí Control Web* [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 48 s. [cit. 2022-9-26]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/110735>. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Jirgl, Ph.D.
- [10] KINGBRIGHT. *L-793GD* [online]. 8mm Round LED Lamp. 2019, 5 s. [cit. 2023-4-19]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/v/1491560/kingbright-l-793gd-led-8mm-zelena>.
- [11] KINGBRIGHT. *L-793ID* [online]. 8mm Round LED Lamp. 2019, 5 s. [cit. 2023-4-19]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/v/1491563/kingbright-l-793id-led-8mm-cervena>.
- [12] ROCKWELL AUTOMATION. *Modular Programming Tips in Studio 5000 Logix Designer* [online]. 9324-WP007A-EN-P. 2015, 18 s. [cit. 2022-5-12]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/9324-wp007_-en-p.pdf.
- [13] ROCKWELL AUTOMATION. *Logix 5000 Controllers Add On Instructions* [online]. 1756-PM010K-EN-P. 2022, 102 s. [cit. 2022-5-12]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm010_-en-p.pdf.
- [14] ROCKWELL AUTOMATION. *Logix 5000 Controllers General Instructions Reference Manual* [online]. 1756-RM003X-EN-P. 2022, 882 s. [cit. 2022-5-6]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rm/1756-rm003_-en-p.pdf.
- [15] AMERICAN NATIONAL STANDARD. *ANSI/ISA-101.01-2015*, Human Machine Interfaces for Process Automation Systems [online]. ISA, 2015, 64 s. ISBN 978-1-941546-46-8. [cit. 2022-4-8]. Dostupné z: https://kupdf.net/download/s101-01_5c525dc2e2b6f5b05e5ac013_pdf#.
- [16] ROCKWELL AUTOMATION. *FactoryTalk View Machine Edition User's Guide* [online]. VIEWME-UM004Q-EN-E. 2022, 524 s. [cit. 2022-5-9]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004_-en-e.pdf.
- [17] ROCKWELL AUTOMATION. *Logix 5000 Controllers ASCII Strings* [online]. 1756-PM013H-EN-P. 2022, 30 s. [cit. 2022-5-12]. Dostupné z: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/1756-pm013_-en-p.pdf.

Seznam symbolů a zkratek

AC	střídavý proud – Alternating Current
AOI	Add-On instrukce – Add-On Instruction
BCD	dvojkově reprezentované dekadické číslo – Binary Coded Decimal
BPC–AMT	Automatizační a měřicí technika
BPC–PGA	Programovatelné automaty
COM	uzemnění – Common
CPU	centrální procesorová jednotka – Central Processing Unit
DC	stejnoseměrný proud – Direct Current
DIN	Německý institut pro normalizaci – Deutsches Institut für Normung
FEKT	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
GND	uzemnění – Ground
HMI	rozhraní člověk-stroj – Human Machine Interface
IN	vstup – Input
I/O	vstup/výstup – Input/Output
IP	internetový protokol – Internet Protocol
LD	Ladder Diagram
LED	světelná dioda – Light-Emitting Diode
OUT	výstup – Output
PLC	programovatelný logický automat – Programmable Logic Controller
RTB	vyjímatelná svorkovnice – Removable Terminal Block
RTN	uzemnění – Return
ST	Structured Text
VUT	Vysoké učení technické v Brně

A Obsah elektronické přílohy

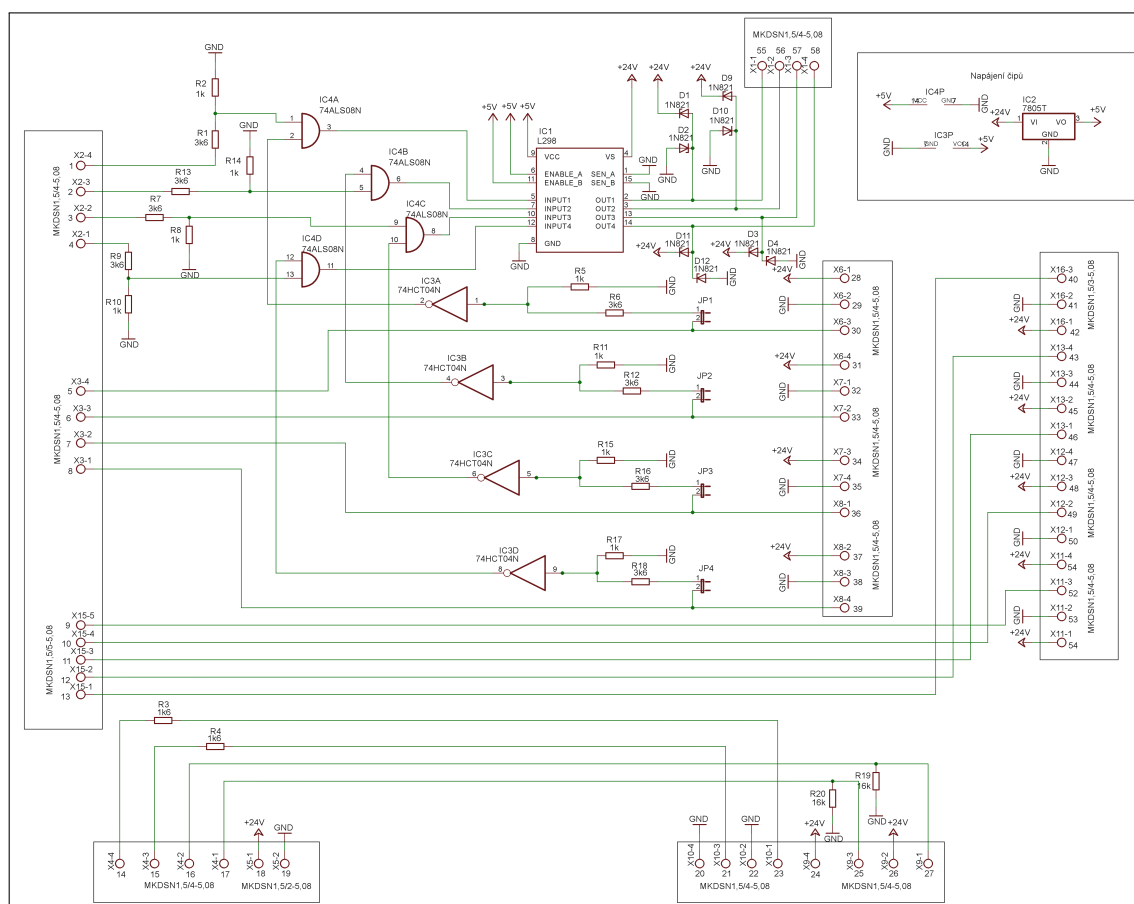
Testovací aplikace (resp. soubory s příponou ACD) byly vytvořeny v programovém prostředí Studio 5000 Logix Designer® Version 33.01.00 – Professional Edition. Vizualizace (resp. soubory s příponou apa) byly vyvíjeny ve vývojové prostředí FactoryTalk® View Studio 12.0 – View Machine Edition.

```
/.....kořenový adresář přiloženého archivu
├── Kmeny ..... testovací aplikace a vizualizace modelu třídícíky kmenů
│   ├── HMI
│   │   ├── Kmeny_HMI_IP230.apa
│   │   └── Kmeny_Skopal_HMI_IP230_report.pdf
│   └── Program
│       ├── Kmeny_Skopal_GuardLogix_IP230.ACD
│       └── Kmeny_Skopal_GuardLogix_IP230_report.pdf
├── Kulicky ..... testovací aplikace a vizualizace modelu dávkovače kuliček
│   ├── HMI
│   │   ├── Kulicky_HMI_IP250.apa
│   │   └── Kulicky_Skopal_HMI_IP250_report.pdf
│   └── Program
│       ├── Kulicky_Skopal_CompactLogix_IP250.ACD
│       └── Kulicky_Skopal_CompactLogix_IP250_report.pdf
├── Parkoviste ..... testovací aplikace a vizualizace modelu parkoviště
│   ├── HMI
│   │   ├── Parkoviste_HMI_IP240.apa
│   │   └── Parkoviste_Skopal_HMI_IP240_report.pdf
│   └── Program
│       ├── Parkoviste_Skopal_CompactLogix_IP240_report.pdf
│       └── Parkoviste_Skopal_CompactLogix_IP240.ACD
└── Vrtacka ..... testovací aplikace a vizualizace modelu stojanové vrtačky
    ├── HMI
    │   ├── Vrtacka_HMI_IP200.apa
    │   └── Vrtacka_Skopal_HMI_IP200_report.pdf
    └── Program
        ├── Vrtacka_Skopal_ControlLogix_IP200.ACD
        └── Vrtacka_Skopal_ControlLogix_IP200_report.pdf
```

B Elektrická schémata modelů

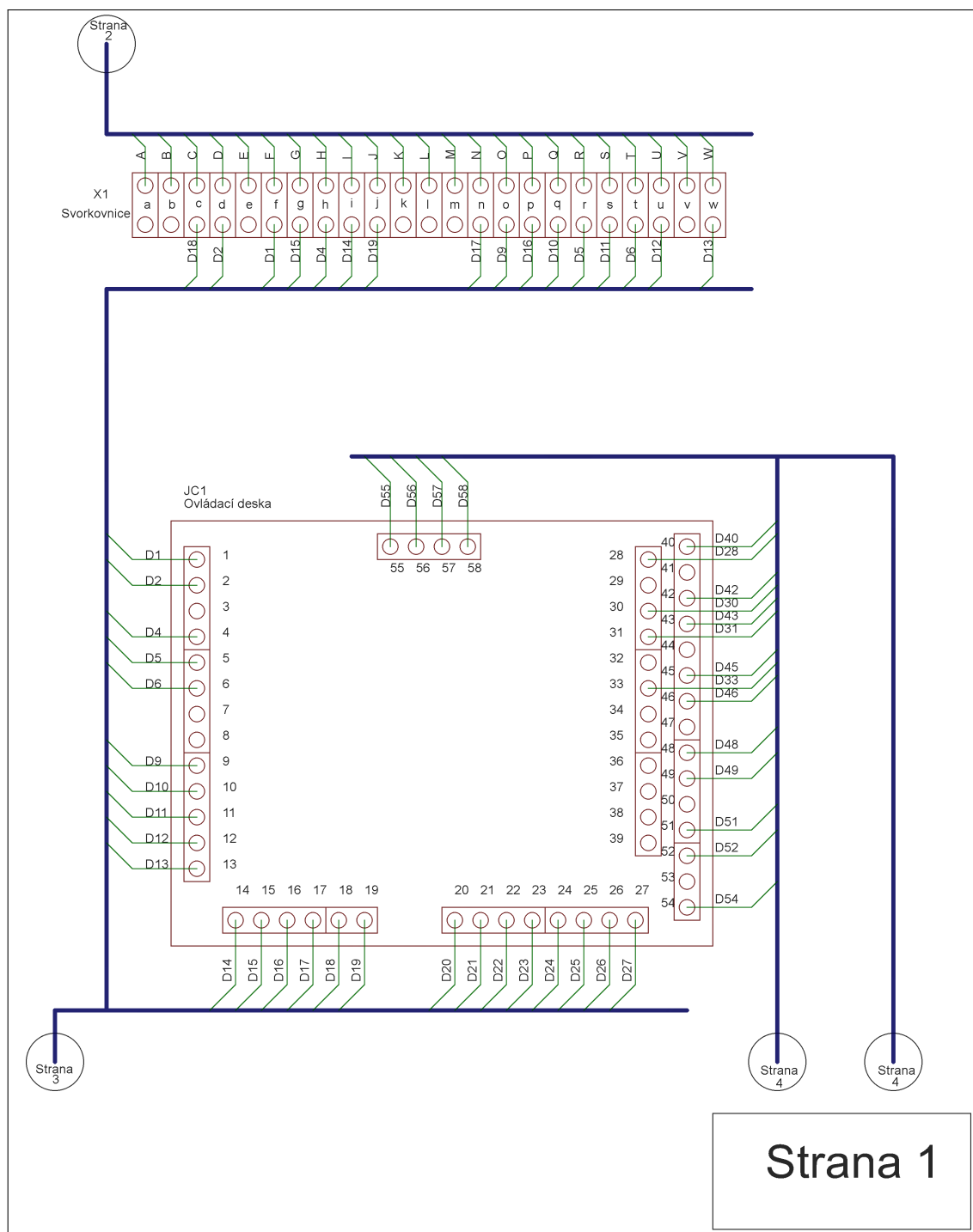
V této příloze seskupuji na jednom místě všechna potřebná elektrická schémata modelů, kterých se týká má práce. První tři modely navíc využívají univerzální ovládací desku, kterou je zde také dobré ukázat (viz obrázek č. B.1).

Na obrázku č. B.11 odkazuje značení *IN* na popisek vstupního konektoru a číslice, která vždy následuje, značí pin konektoru, nikoliv svorku vstupního modulu PLC. Stejným způsobem funguje i značení *OUT* na obrázku č. B.12, které odkazuje na výstupní konektor se svými výstupními piny.

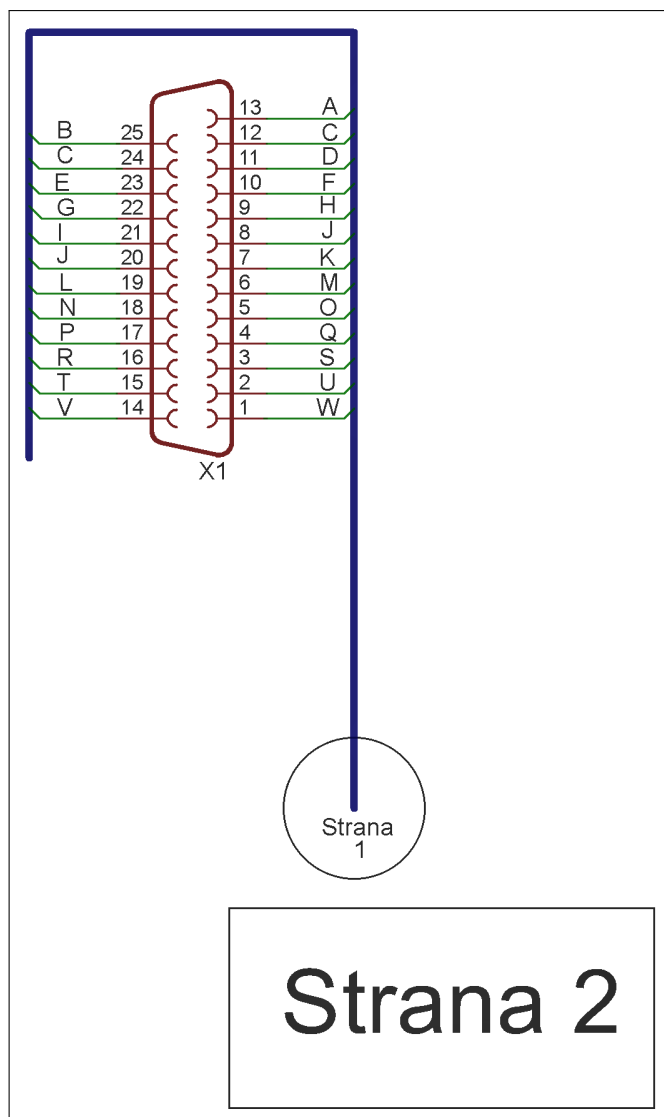


Obr. B.1: Elektrické schéma zapojení ovládací desky

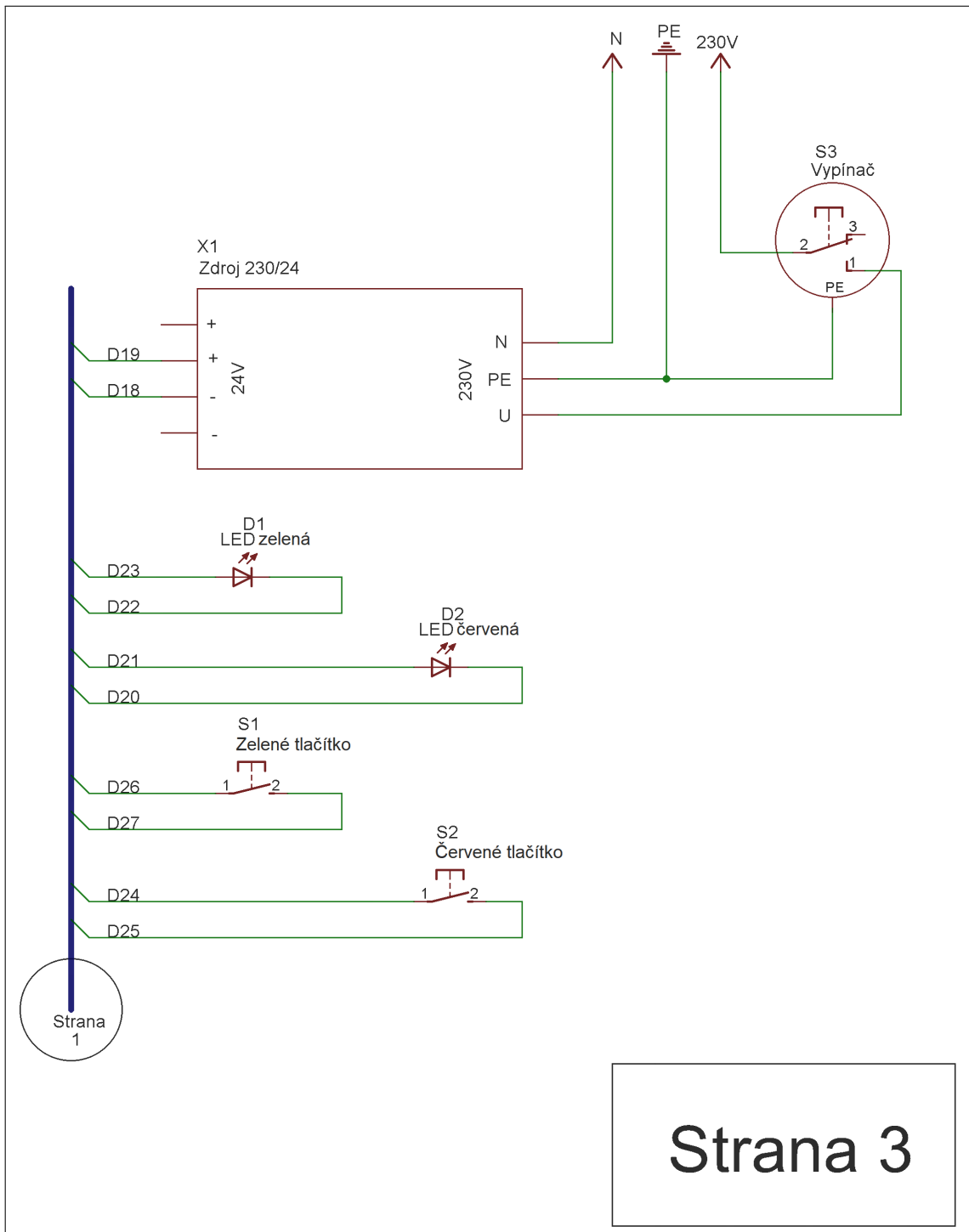
B.1 Stojanová vrtačka



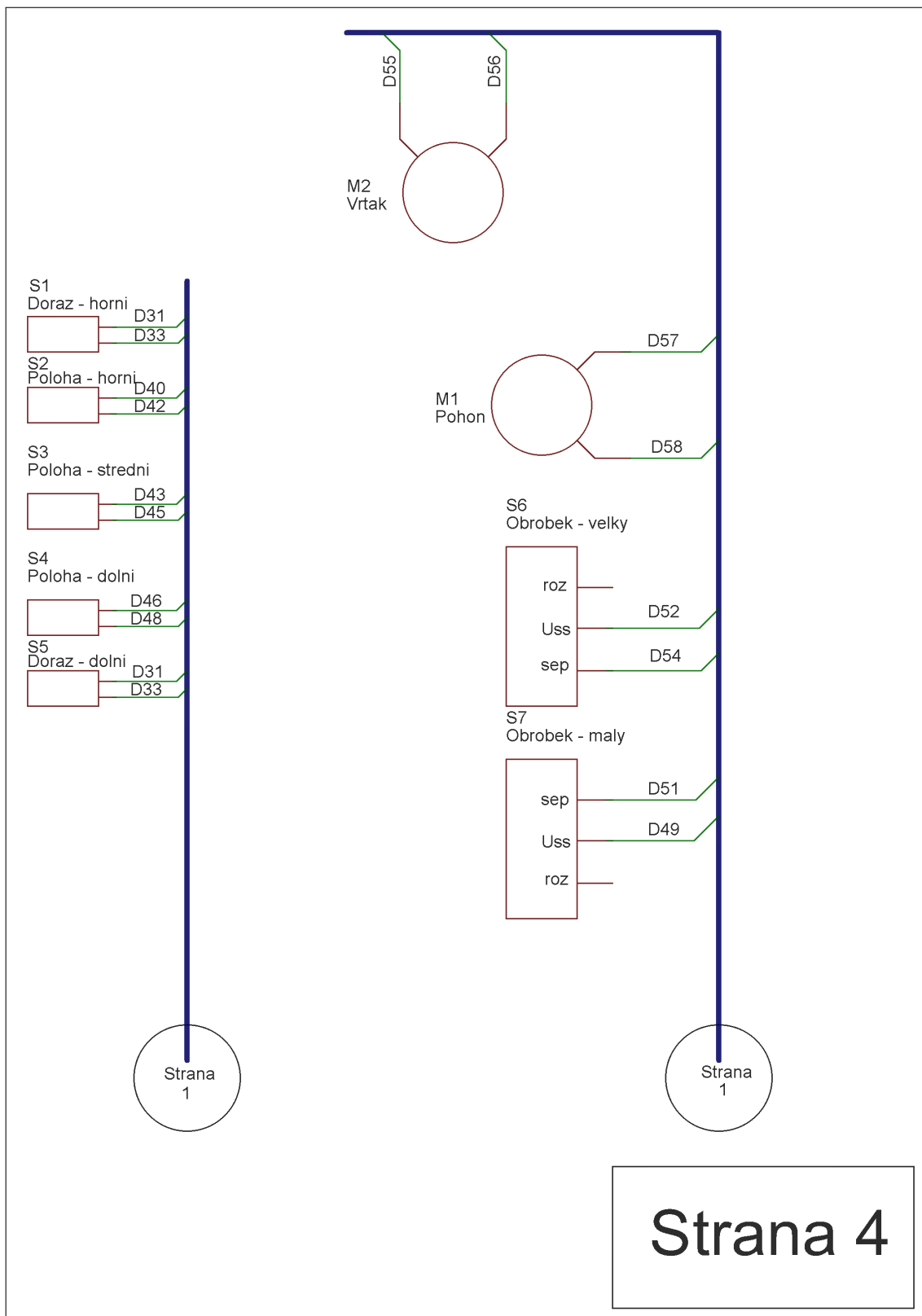
Obr. B.2: Elektrické schéma zapojení modelu *stojanové vrtačky* (strana 1) [5]



Obr. B.3: Elektrické schéma zapojení modelu *stojanové vrtačky* (strana 2) [5]

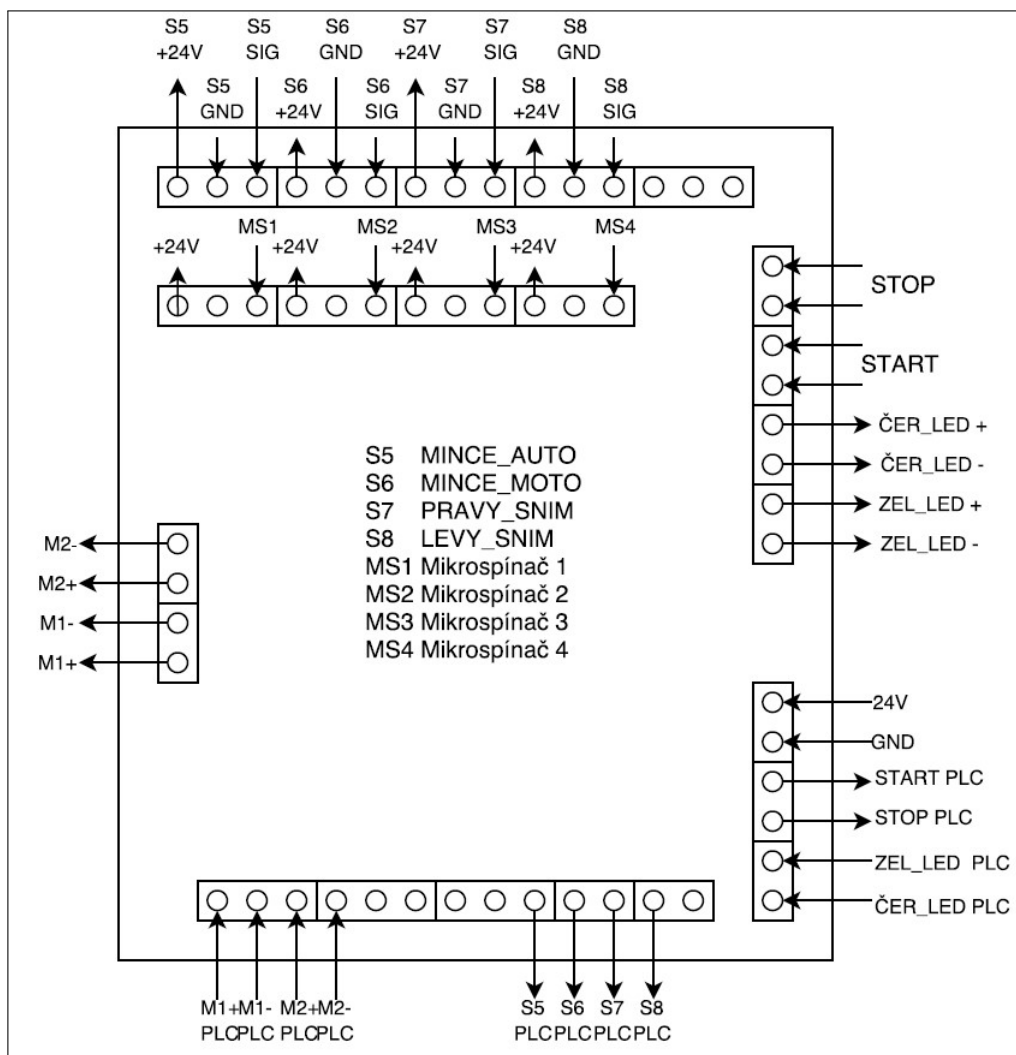


Obr. B.4: Elektrické schéma zapojení modelu *stojanové vrtačky* (strana 3)

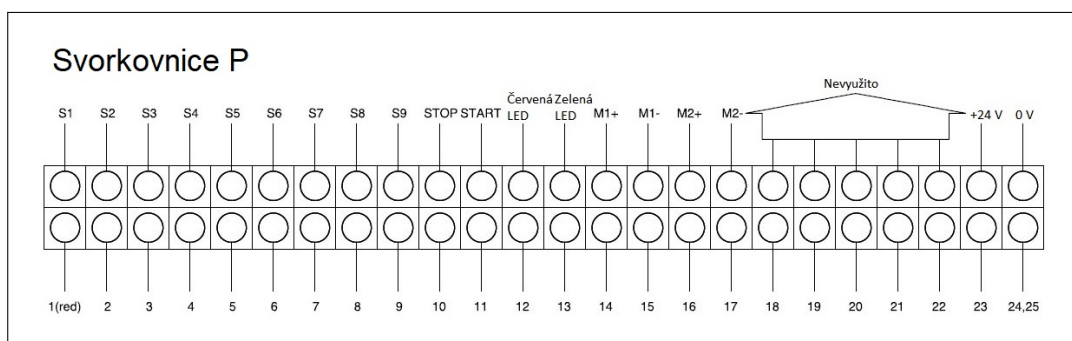


Obr. B.5: Elektrické schéma zapojení modelu *stojanové vrtačky* (strana 4) [5]

B.2 Parkoviště

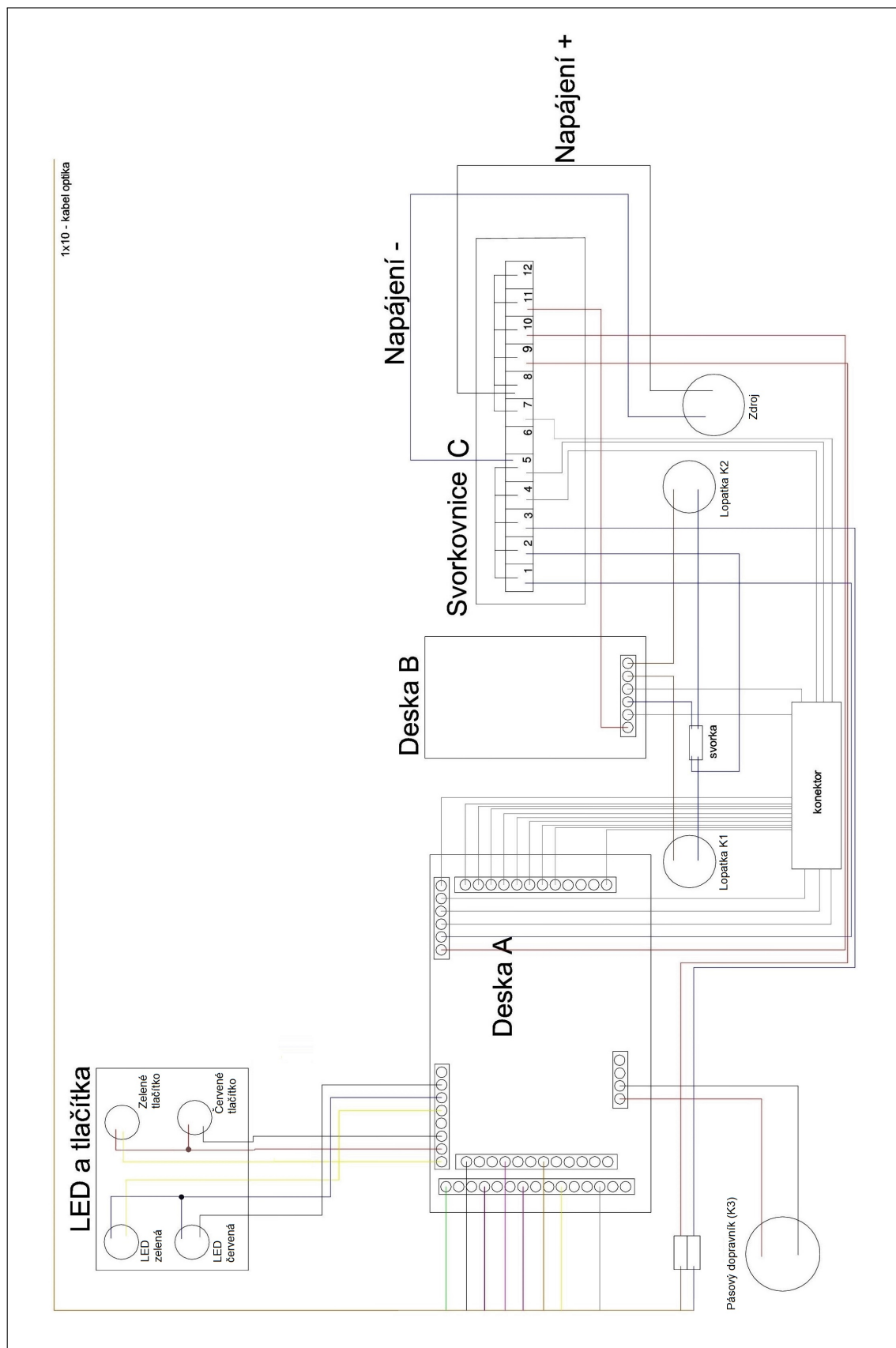


Obr. B.6: Elektrické schéma zapojení ovládací desky modelu *parkoviště* [6]

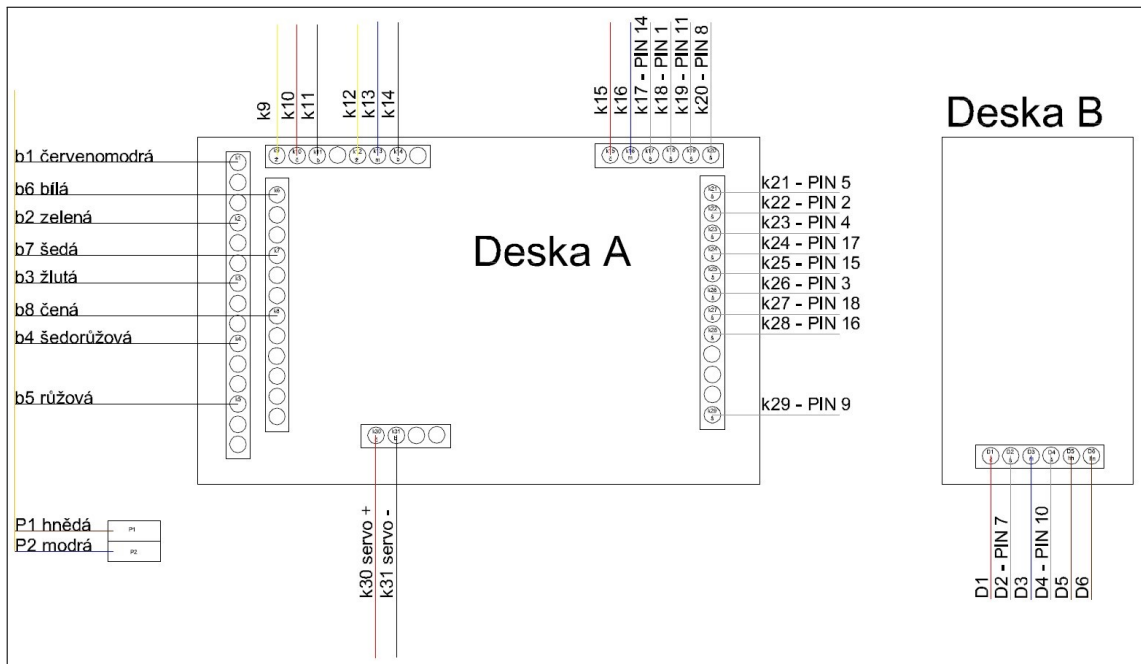


Obr. B.7: Elektrické schéma zapojení svorkovnice modelu *parkoviště*

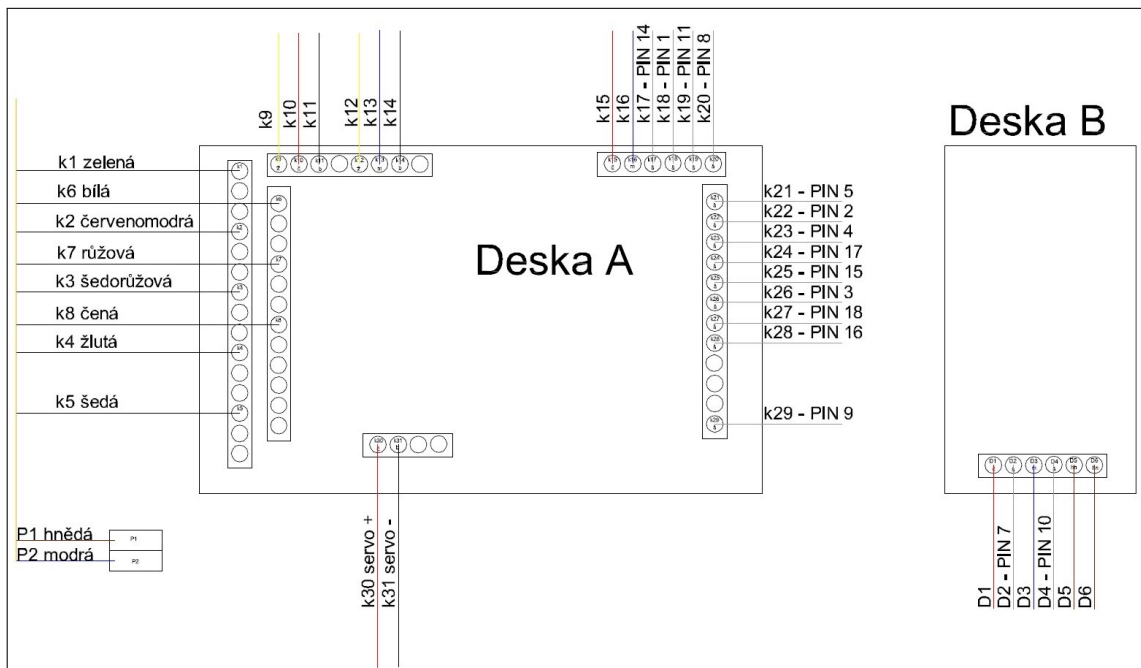
B.3 Třídačka kmenů



Obr. B.8: Elektrické schéma zapojení modelu *třídačky kmenů*

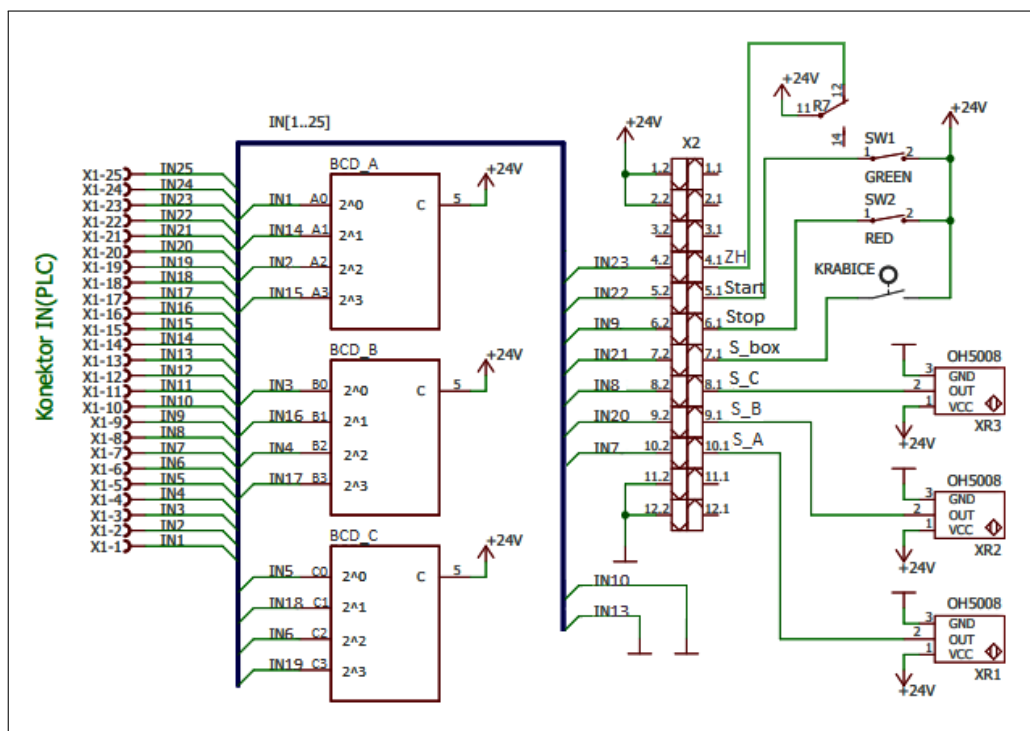


Obr. B.9: Elektrické schéma ovládacích desek modelu 1 třídičky kmenů

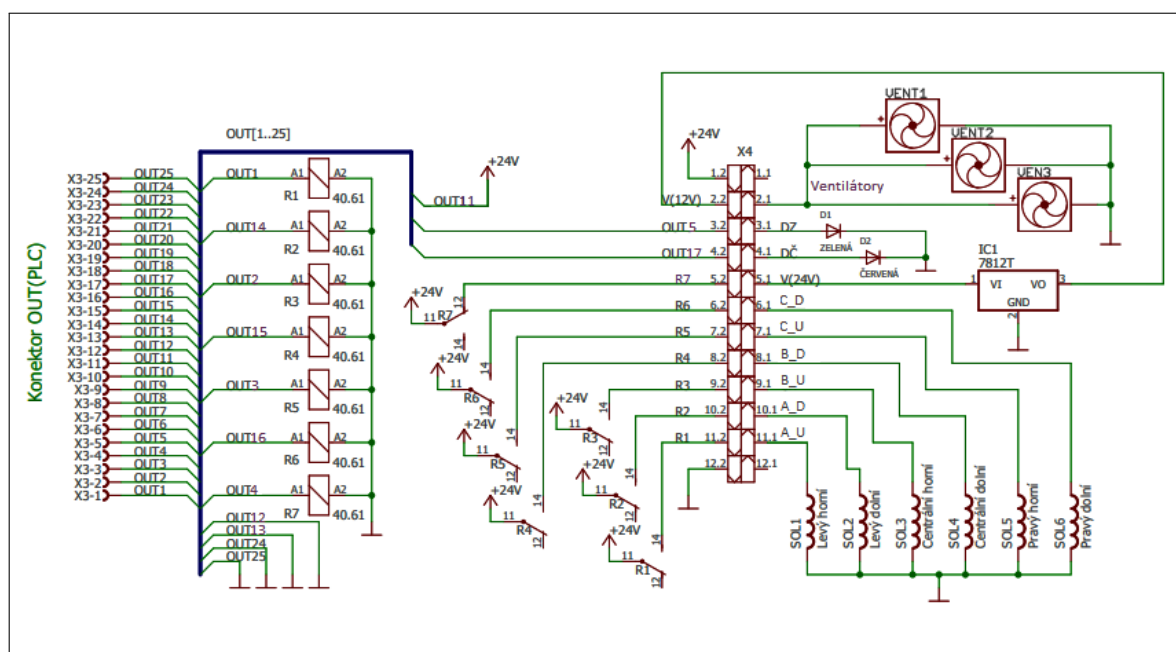


Obr. B.10: Elektrické schéma ovládacích desek modelu 2 třídičky kmenů

B.4 Dávkoваč kuliček



Obr. B.11: Elektrické schéma zapojení modelu *dávkovače kuliček* (vstupy PLC)



Obr. B.12: Elektrické schéma zapojení modelu *dávkovače kuliček* (výstupy PLC)