



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

MODERNIZACE VÝUKOVÉHO PŘÍPRAVKU JEŘÁBU

MODERNIZATION OF THE CRANE EDUCATION PREPARATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kryštof Machalíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ondřej Baštán

BRNO 2022

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Automatizační a měřicí technika**

Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Kryštof Machalíček

ID: 221001

Ročník: 3

Akademický rok: 2021/22

NÁZEV TÉMATU:

Modernizace výukového přípravku jeřábu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Práce se zabývá modernizací modelu jeřábu využívaného ve výuce. Cílem modernizace je nahradit stávající řídicí elektroniku jeřábu a navrhnout novou tak, aby odpovídala stávající modulární koncepci výukových přípravků.

1. Seznamte se stávajícím modelem, použitými prostředky automatizace a analyzujte jeho funkci.
2. Seznamte se s modulární koncepcí výukových přípravků.
3. Navrhněte výukový panel s řídicím systémem S7-1200
4. Výukový panel realizujte.
5. Navrhněte úpravy elektroniky modelu jeřábu.
6. Úpravy na modelu realizujte.
7. Vytvořte software umožňující ověření funkce všech použitých prvků.
8. Zhodnoťte dosažené výsledky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

1. Dokumentace k prostředí Tia Portal V14 firmy Siemens.
2. Skripta laboratoře BPC-PPA, BPC-PGA, MPC-AUP.

Termín zadání: 7.2.2022

Termín odevzdání: 23.5.2022

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Baštán

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

Tato bakalářská práce se zabývá modernizací modelu jeřábu využívaného ve výuce. Cílem modernizace je navrhnout a realizovat výukový řídicí panel dle stávající modulární koncepce výukových přípravků. Navrhnout úpravy elektroniky modelu jeřábu tak, aby bylo možné model jeřábu používat ve smyslu „plug and play“. Tyto úpravy následně na modelu zrealizovat. Vytvořit software umožňující ověření funkce všech použitých prvků.

Klíčová slova

mostový jeřáb, modulární koncepce výukových přípravků, výukový panel jeřábu, úpravy elektroniky modelu jeřábu.

Abstract

This bachelor thesis deals with the modernization of a crane model used in teaching. The aim of the modernization is to design and implement a teaching control panel according to the existing modular concept of teaching panel, to propose modifications to the electronics of the crane model so that the crane model can be used in a „plug and play“ sense. These modifications will be then implemented on the model. The aim is also to develop a software for verification of the function of all the elements used.

Keywords

bridge crane, modular concept of teaching panel, crane teaching panel, modifications of crane model electronics.

Bibliografická citace

MACHALÍČEK, Kryštof. *Modernizace výukového přípravku jeřábu* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142684>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Ondřej Baštán.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Kryštof Machalíček</i>
VUT ID studenta:	<i>221 001</i>
Typ práce:	<i>Bakalářská práce</i>
Akademický rok:	<i>2021/2022</i>
Téma závěrečné práce:	<i>Modernizace výukového přípravku jeřábu</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího 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 jsem si 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.

Ve Vysokém Poli dne: 16.05.2022

podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Ondřeji Baštánovi za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Ve Vysokém Poli dne: 16.05.2022

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	15
SEZNAM TABULEK.....	16
ÚVOD	10
CO JE TO MOSTOVÝ JEŘÁB?	11
1. STÁVAJÍCÍ MODEL JEŘÁBU	14
1.1 POUŽITÉ PROSTŘEDKY AUTOMATIZACE.....	15
1.2 POPIS FUNKCE	16
2. MODULÁRNÍ KONCEPCE VÝUKOVÝCH PŘÍPRAVKŮ.....	18
3. NÁVRH VÝUKOVÉHO PANELU	21
3.1 VERZE I.....	21
3.2 VERZE II.....	22
4. REALIZACE VÝUKOVÉHO PANELU	23
5. ÚPRAVY MODELU JEŘÁBU	25
5.1 ÚPRAVA ELEKTRONIKY MODELU JEŘÁBU	25
5.1.1 Zapojení	25
5.1.2 Aktivace výkonových prvků	26
5.1.3 Ovládací panel.....	26
5.1.4 Bezpečnostní okruh	26
5.1.5 Zapojení konektoru CAN25.....	27
5.1.6 Odměřování polohy v ose X.....	28
5.1.7 Odměřování polohy v ose Y	28
5.2 ÚPRAVA SAMOTNÉHO MODELU JEŘÁBU	29
5.2.1 Přidání pojezdu jeřábu.....	29
5.2.2 Úprava obslužného panelu.....	30
5.2.3 Přídavné funkce výukového panelu	30
6. REALIZACE ÚPRAV MODELU JEŘÁBU	31
7. SOFTWARE PRO OVĚŘENÍ FUNKCE POUŽITÝCH PRVKŮ	34
7.1 TAGY.....	34
7.2 DATA	34
7.3 INICIALIZACE	35
7.4 OVLÁDÁNÍ DC MOTORU.....	35
7.5 ENKODÉR	36
7.6 OVLÁDÁNÍ KROKOVÉHO MOTORU	36
7.7 OVLÁDÁNÍ ELEKTROMAGNETU	37
8. ZÁVĚR.....	38
LITERATURA.....	39
SEZNAM PŘÍLOH.....	40

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Mostový jeřáb [2]	11
Obr. 2: Jednonosíkový mostový jeřáb s podvěsnou kočkou [7].....	12
Obr. 3: Dvounosíkový mostový jeřáb s horní kočkou [7].....	12
Obr. 4: Ústrojí podvěsné kočky [8].....	13
Obr. 5: Současný model jeřábu.....	14
Obr. 6: Obslužný panel	15
Obr. 7: Řídící elektronika	15
Obr. 8: Schéma jeřábu [3].....	16
Obr. 9: Konektory CAN25 na výukovém panelu [5].....	18
Obr. 10: Konektory CAN25 na výukovém přípravku.....	19
Obr. 11: Výukový panel s PLC a HMI [5].....	19
Obr. 12: Výukový přípravek	20
Obr. 13: Propojení výukového přípravku s výukovým panelem [4]	20
Obr. 14: Model výukového přípravku – verze I.....	21
Obr. 15: Model výukového přípravku – verze II.	22
Obr. 16: Realizovaný výukový panel – pohled zepředu	23
Obr. 17: Realizovaný výukový panel – pohled zezadu.....	24
Obr. 18: Realizovaný výukový panel – pohled z boku 1	24
Obr. 19: Realizovaný výukový panel – pohled z boku 2	24
Obr. 20: Elektronika jeřábu po úpravě.....	25
Obr. 21: Ovládací panel po úpravě	26
Obr. 22: Level shifter [9]	28
Obr. 23: Schéma pojezdu jeřábu.....	29
Obr. 24: Krabice závěsného ovladače [6]	30
Obr. 25: Model jeřábu po úpravě elektroniky – pohled z vrchu	31
Obr. 26: Model jeřábu po úpravě elektroniky	31
Obr. 27: Elektronika jeřábu po úpravě 2.....	32
Obr. 28: Elektronika jeřábu po úpravě 1	32
Obr. 29: Enkodér na DC motoru.....	32
Obr. 30: Krokový motor na kočce	32
Obr. 31: Horní panel	33
Obr. 32: Boční panel	33
Obr. 33: Program – tagy	34
Obr. 34: Program – data.....	34
Obr. 35: Program – inicializace	35
Obr. 36: Program – ovládání DC motoru.....	35
Obr. 37: Program – ovládání krokového motoru	36
Obr. 38: Program – ovládání elektromagnetu	37

SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1: Použité prostředky automatizace	15
Tab. č. 2: Zapojení konektoru CAN25 na modelu jeřábu	27

ÚVOD

Tato bakalářská práce spadá do oblasti průmyslové automatizace a zabývá se modernizací modelu mostového jeřábu, který se používá ve výuce.

Cílem modernizace je nahradit stávající řídicí elektroniku jeřábu a navrhnout novou tak, aby odpovídala stávající modulární koncepci výukových přípravků. To zahrnuje návrh výukového řídicího panelu a návrh úpravy elektroniky a jejich následnou realizaci. Vytvoření softwaru pro ověření funkce všech použitých prvků.

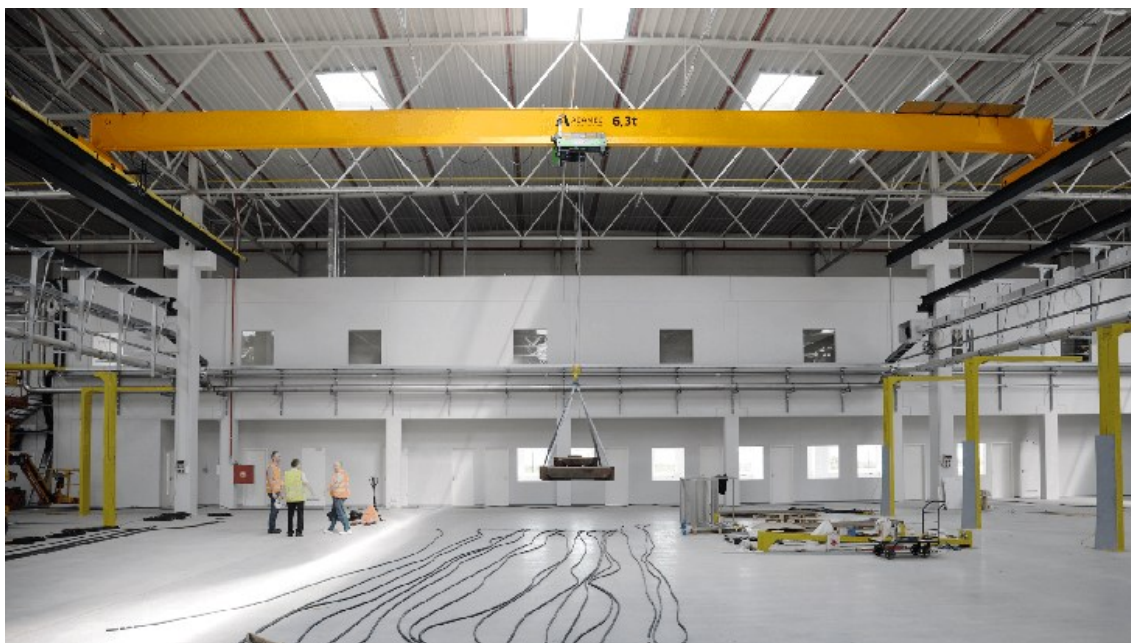
Práce je členěna do osmi kapitol. V úvodu je popsána problematika mostových jeřábů. První kapitola seznamuje čtenáře se stávajícím modelem jeřábu, jeho funkcemi a použitými prostředky automatizace. Druhá kapitola se zabývá problematikou výukových přípravků. Ve třetí kapitole jsou popsány navržené řídicí výukové panely. Čtvrtá kapitola popisuje realizaci výukového přípravku a případné změny mezi modelem a zrealizovaným přípravkem. V páté kapitole jsou popsány úpravy elektroniky modelu jeřábu a možné úpravy samotného modelu jeřábu. Následující šestá kapitola pojednává o realizaci úprav elektroniky jeřábu a jejich výsledcích. Sedmá kapitola popisuje software pro otestování použitých komponent. Poslední, osmá, kapitola shrnuje dosažené výsledky.

CO JE TO MOSTOVÝ JEŘÁB?

Jeřáb všeobecně slouží ke zvedání břemen různých hmotností a následně jejich přemísťování ve vymezeném prostoru. U mostových jeřábů se jedná o manipulaci ve směru pohybu svislém a též podélném. Pohyb ve vodorovném podélném směru zajišťuje pojezd celého jeřábu a pohyb ve vodorovném příčném směru zajišťuje pohyb kočky se zdvihacím zařízením po mostu jeřábu. Pohyb ve svislém směru je zajištěn odvíjením lana z lanového bubnu nebo řetězu ze zásobníku přes řetězovku.

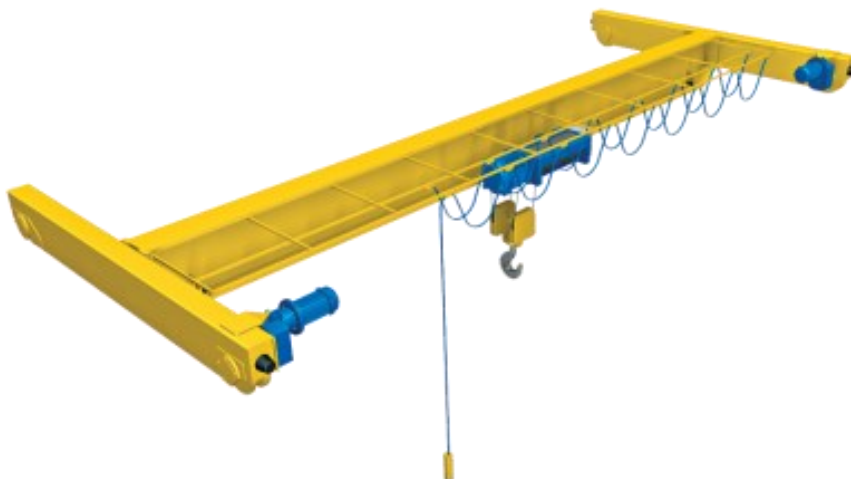
Důležitou součástí jeřábu je kočka, jejíž součástí je zdvihací zařízení (buben), pohon bubnu, převodovka a brzda. Pro jeřáby s velkou nosností a dostatkem prostoru nad mostem jeřábu se používají jeřábové kočky horní, které jezdí po horní straně mostu jeřábu. Do hal, kde je nízký strop a je zapotřebí, co nejvyššího využití prostoru pod jeřábem pro zdvih břemen, je zvolena jeřábová kočka s bočním pojezdem. Bohužel boční kočky nemají takovou nosnost jako kočky horní či podvěsné. Naopak v halách, kde je málo prostoru nad mostem jeřábu a je dostatek místa pod jeřábem se používají kočky podvěsné.

Mostové jeřáby byly a jsou nedílnou součástí výrobních hal, továren nebo součástí specializovaných pracovišť. Dle konstrukce samotného mostu mostových jeřábů jsou jeřáby jednonosníkové a dvounosníkové. [1]



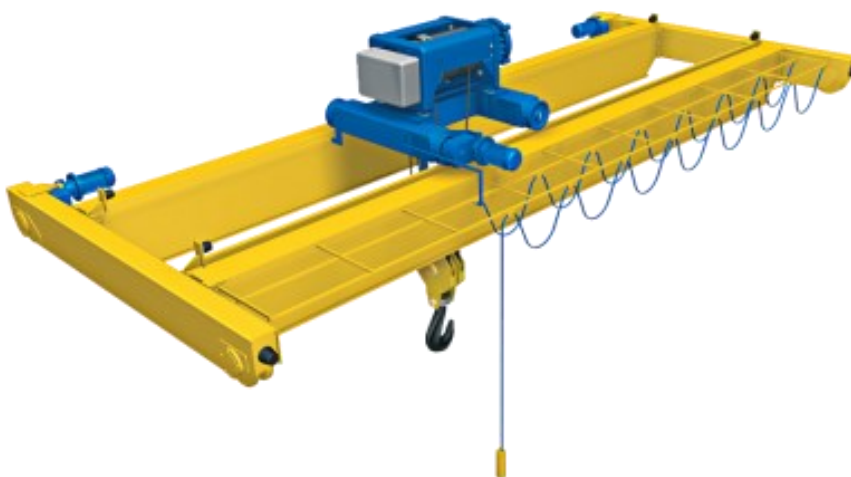
Obr. 1: Mostový jeřáb [2]

Jednonosníkový mostový jeřáb je vhodný do menších prostorů a pro menší zátěž, v některých případech se jedná až o 25 tun. Rozpětí jednonosníkového mostového jeřábu může být cca 30 metrů. Oblíbené jsou primárně v dílnách, opravnách a skladech. [2]



Obr. 2: Jednonosníkový mostový jeřáb s podvěsnou kočkou [7]

Dvounosníkový mostový jeřáb je vhodný do větších prostor, případně pro větší tonáž. Může pracovat se zátěží až do hmotnosti 250 tun. Kromě přesunu těžkého materiálu je tento typ jeřábu například vhodný i pro příčné obracení forem atd. Dvounosníkový most je zpravidla vybaven příčnou lávkou, kterou lze použít k servisu jeřábu či k údržbě světel haly. [2]



Obr. 3: Dvounosníkový mostový jeřáb s horní kočkou [7]



Obr. 4: Ústrojí podvěsné kočky [8]

Pohon

Jako pohonná jednotka slouží třífázový motor. Motor může být jednorychlostní, dvourychlostní, nebo vybaven měničem frekvence s plynulou rychlostí zdvihu. Obdobně jsou pohonné jednotky koncipovány i pro příčný pohyb kladkostroje (kočky) a pro podélný pojezd jeřábu. [2]

Součástí mostových jeřábů je dále:

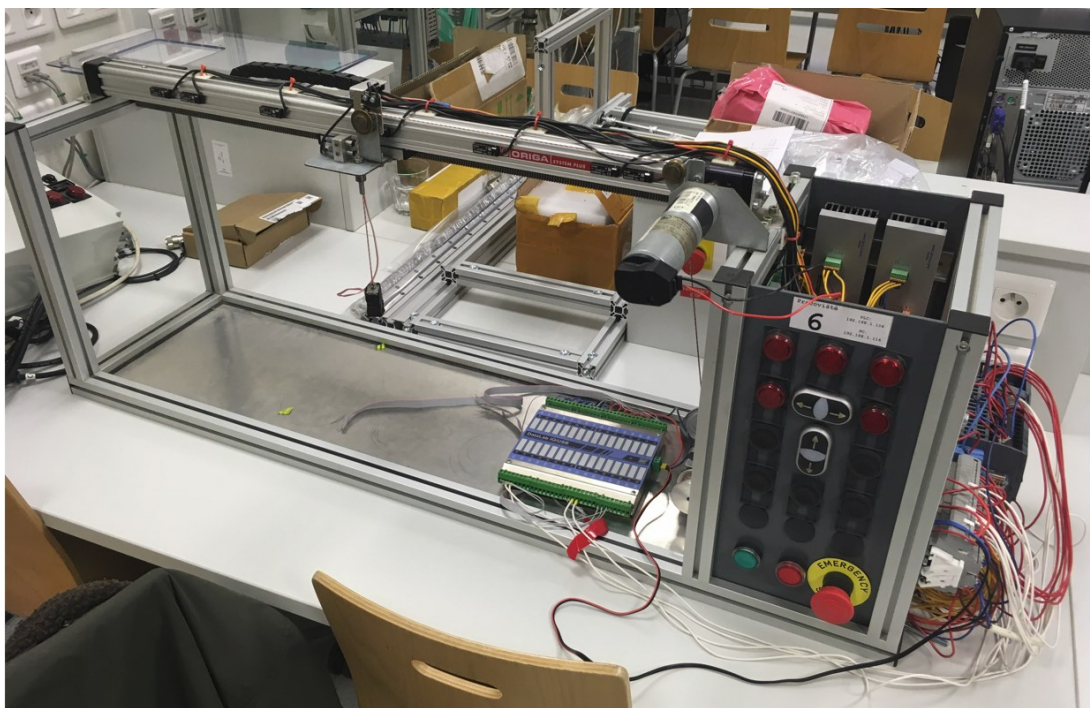
- elektroinstalace
- napájecí obvody
- ovládací obvody
- rádiový či závěsný ovladač

1. STÁVAJÍCÍ MODEL JEŘÁBU

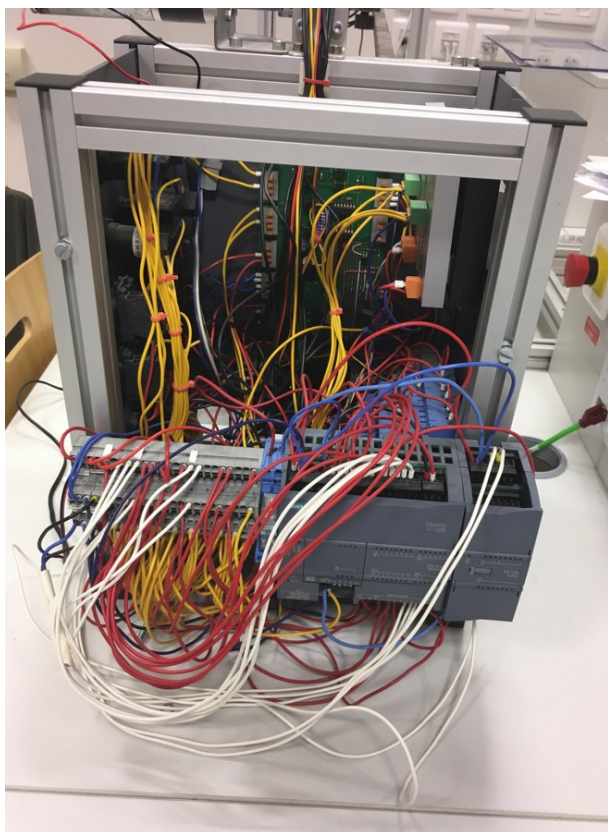
Jedná se jednonosíkový mostový jeřáb, který je schopen manipulace s kovovými předměty ve vodorovném příčném směru, zajištěn pohybem kočky, a svislém směru, zajištěn odvíjením lana z lanového bubnu kočky. Oproti reálnému mostovému jeřábu tedy u tohoto modelu chybí pohyb ve směru vodorovném podélném, který zajišťuje pojezd celého jeřábu. Lano kočky je zakončeno elektromagnetem, tím pádem jeřáb umožňuje manipulaci pouze s magneticky vodivými předměty. Konstrukce jeřábu je tvořena z hliníkových profilů o velikosti 30x30mm.

V pravé části modelu se nachází obslužný panel, který je určen pro manuální ovládání jeřábu. Obsahuje zapínací a vypínací tlačítko, ovládací tlačítka pro ovládání elektromagnetu, pohybu kočky a výsuvu bubnu kočky. Pohyb signalizují signalizační diody. Nechybí také bezpečnostní nouzové tlačítko pro okamžité zastavení jeřábu.

Za obslužným panelem se nachází veškerá řídicí elektronika opláštěná PPR deskami. Řídicí elektronika obsahuje PLC Siemens Simatic S7-1200 s přídatným modulem analogového vstupu/výstupu Siemens SM1234, ovládací desku, moduly pro ovládání krokového a DC motoru, sadu relé, WAGO svorkovnici a spoustu neúhledně uspořádaných kabelových propojení.



Obr. 5: Současný model jeřábu



Obr. 7: Řídící elektronika



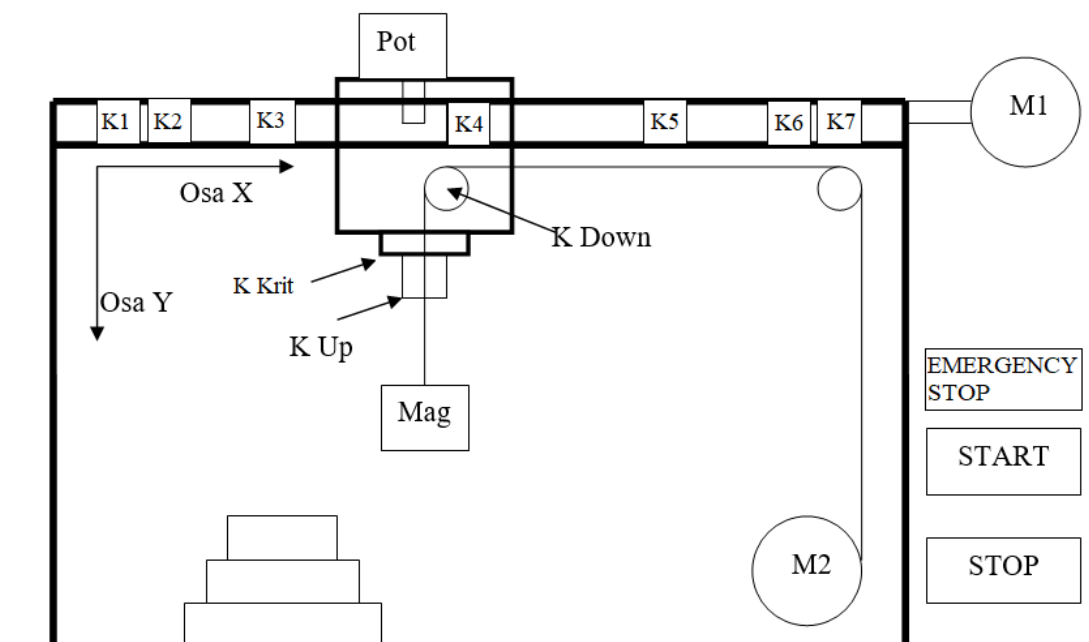
Obr. 6: Obslužný panel

1.1 Použité prostředky automatizace

Tab. č. 1: Použité prostředky automatizace

Označení ve schématu (obr. 8)	Funkce	Prostředek automatizace	Model
M1	Posuv kočky	DC Motor	M42x40/1
M2	Odvíjení lana	Krokový motor	MICROCON SX17-0804
K1-K7	Odměřování polohy (Osa X) – digitální	Magnetické spínače	HOERBIGER KL3043
Pot	Odměřování polohy (Osa X) – analogové	Potenciometr	MEGATRON-MUNCHEN AL1710
K Up, K Krit	Odměřování polohy (Osa Y)	Indukční čidla	XS1L06PA340
K Down		Spínač	DB2C-A1RC
Mag	Přesun břemene	Elektromagnet	-
Start	Zapnutí jeřábu	Tlačítko	Tracon NYK3-CE1
Stop	Vypnutí jeřábu	Tlačítko	Tracon NYK3-CE2
EMERGENCY STOP	Nouzové vypnutí jeřábu	Nouzové tlačítko	XB5AS8442

1.2 Popis funkce



Obr. 8: Schéma jeřábu [3]

Posuv kočky (Osa X)

Pohyb po ose X, posuv kočky, zajišťuje stejnosměrný motor (M1) M42x40/1, který je přes ozubený řemen spojen s kočkou.

Odměřování polohy (Osa X) – digitální

Na nosníku je umístěno sedm magnetických spínačů (K1-K7) typu KL3034, které umožňují hrubé digitální sledování polohy.

Odměřování polohy (Osa X) – analogové

Pro přesnou informaci o poloze je zde také analogový víceotáčkový potenciometr (Pot) MEGATRON-MUNCHEN AL1710 s masivním ozubeným hřebenem.

Odvíjení lana (Osa Y)

Pohyb po ose Y, odvíjení lana, zajišťuje krokový motor (M2) MICROCON SX17-0804. Nelze zjistit v jakém směru je lano navinuto na buben navijáku. Pokud chybou programu dojde k úplnému odvinutí lana a jeho opětovném navinutí v opačném smyslu, změní se význam smyslu navinutí a odvinutí lana na opačný. [3]

Elektromagnet

Pro přesouvání břemen je na konci lana upevněn elektromagnet (Mag). [3]

Odměrování polohy (Osa Y)

Pro sledování polohy zde slouží ozubené kolečko se spínačem, který při pohybu zdvihadla střídavě spíná a rozpíná spínač (K Down). Pro zjištění přibližné polohy magnetu je nutné vyjít ze známé polohy magnetu (nejlépe horní poloha) a počítat impulzy ze spínače K Down.

Pro zjištění, zda magnet dosedl na podložku nebo na břemeno, lze využít toho, že při dosednutí se v laně sníží napětí, ozubená kladka se tím pádem přestane otáčet a snímač K Down nebude vydávat pulzy.

Pro detekci horní koncové polohy slouží pohybující se kovový váleček a indukční čidlo (K Up) XS1L06PA340. Čidlo detekuje koncovou polohu, elektromagnet se nachází v nejvyšší povolené poloze. [3]

Tlačítko START (zelené tlačítko na obslužném panelu jeřábu)

Stisk tlačítka zapíná jeřáb. Je přivedeno napětí na snímače, motory a řídicí desku.

Zapnutí se provede pouze tehdy, není-li aktivní žádný prvek bezpečnostního okruhu. [3]

Tlačítko STOP (červené tlačítko na obslužném panelu jeřábu)

Stisknutím tlačítka STOP jsou motory, řídicí deska a snímače odpojeny od napájení.

K opětovné zapnutí je možné ihned tlačítkem START. [3]

Tlačítko EMERGENCY STOP (červené bezpečnostní tlačítko na obslužném panelu jeřábu)

Dojde k odpojení stejně, jako v případě stisku tlačítka STOP. K opětovnému zapnutí může dojít tlačítkem START až po deaktivaci tlačítka EMERGENCY STOP. K deaktivaci tohoto tlačítka je třeba tlačítkem mírně pootočit ve směru hodinových ručiček. [3]

Bezpečnostní okruh jeřábu

Aby se minimalizovalo riziko poškození modelu jeřábu zaviněné chybou programu, je jeřáb vybaven jednoduchým bezpečnostním okruhem. Je-li okruh aktivován dojde k vypnutí jeřábu. Opětovné zapnutí je možné po odstranění příčiny aktivace bezpečnostního okruhu. [3]

Do bezpečnostního okruhu jsou zapojeny tyto prvky:

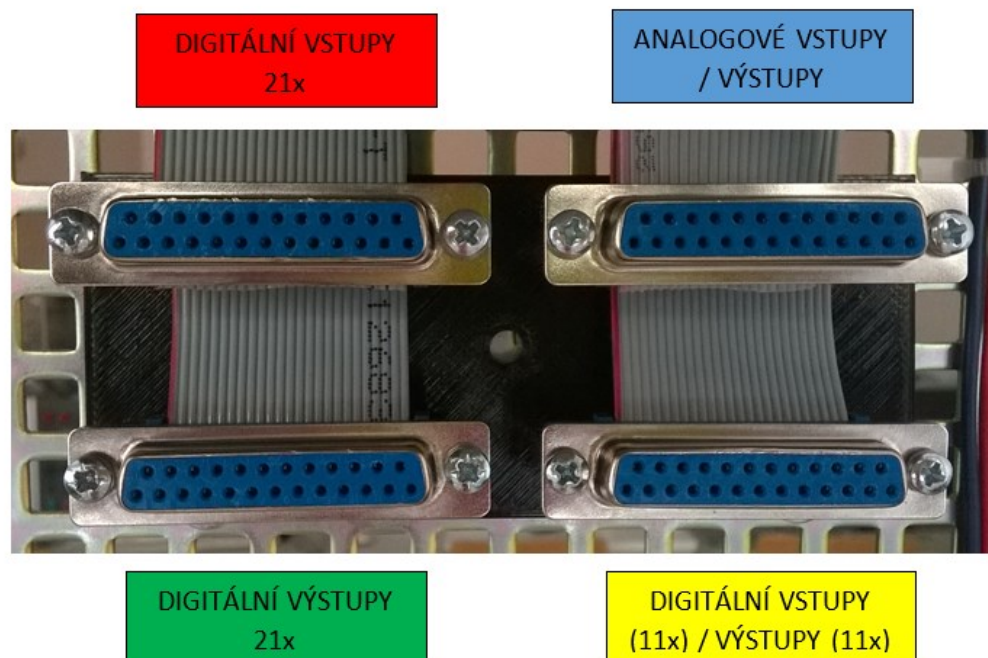
- Koncové spínače v ose X (K1, K7) – jeřáb je vypnut, než kočka dojedete do krajní polohy (chrání motor)
- Koncový spínač v horní poloze magnetu (K Krit) – jeřáb je vypnut, pokud je magnet zvednut nad polohu indikovanou snímačem K Up
- Tlačítka STOP a EMERGENCY STOP

2. MODULÁRNÍ KONCEPCE VÝUKOVÝCH PŘÍPRAVKŮ

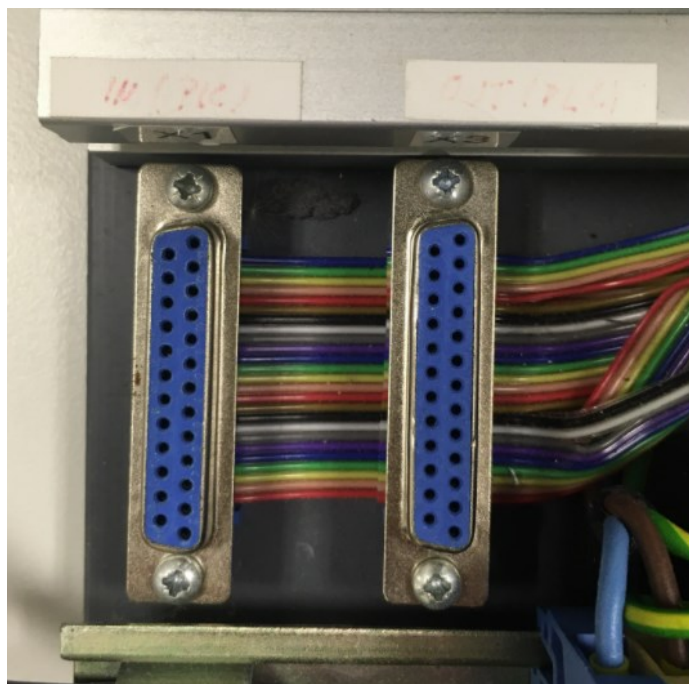
Původně měl výukový přípravek vstupy a výstupy vyvedeny na konektor CAN25, ale na svorky I/O karet PLC byl připojen pomocí jednotlivých vodičů. Nepřehlednost způsobovala, že výměna přípravku mohla zabrat i hodiny. Přípravek měl také nekryté a neuspořádané vnitřní zapojení, které nebylo přehledné a nemělo ani požadovanou dokumentaci.

Bylo zapotřebí inovovat zapojení výukového panelu i vnitřní zapojení výukového přípravku, aby byla zajištěna plná kompatibilita a laboratoř byla modulární ve smyslu „plug and play“. Z toho důvodu byl vytvořen předpis, který definuje zapojení konektorů CAN25. Tento způsob inovace je aplikován na všech výukových panelech a výukových přípravcích.

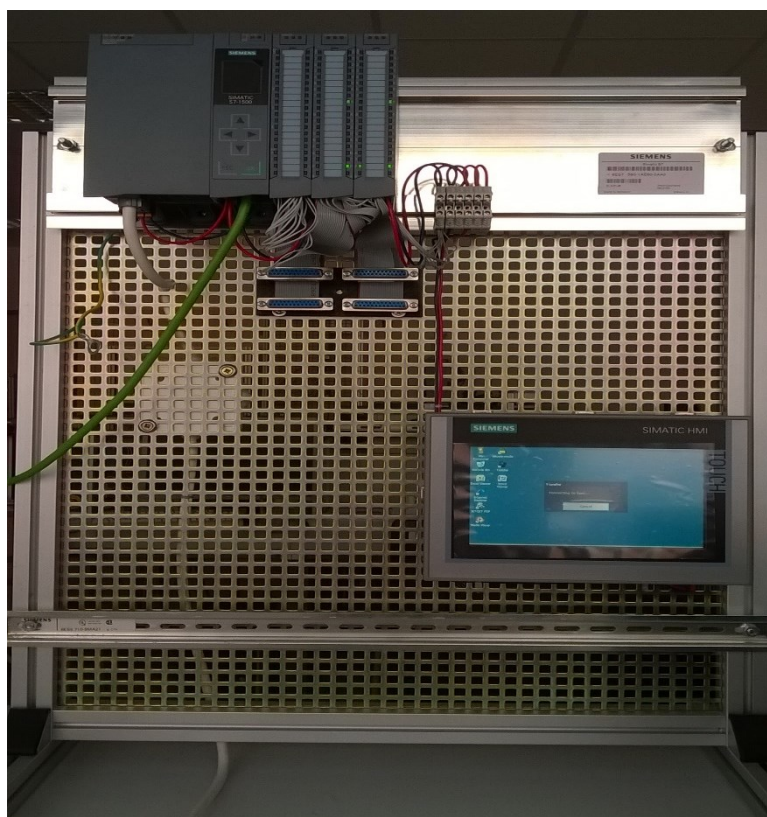
Laboratoř, pro kterou jsou výukové přípravky určeny, je vybavena výukovými panely obsahující průmyslové automaty od firmy Siemens typu S7-1500 (1512C-1 PN) a operátorské HMI panely TP 700 Comfort, viz foto pracoviště (Obr. 11). Vstupy a výstupy PLC karet jsou vyvedeny na konektory CAN25 a umístěny na panelu pod automatem. Konektory CAN25 jsou zapojeny podle nového předpisu. Detailní zapojení konektorů je popsáno v příloze A. [4]



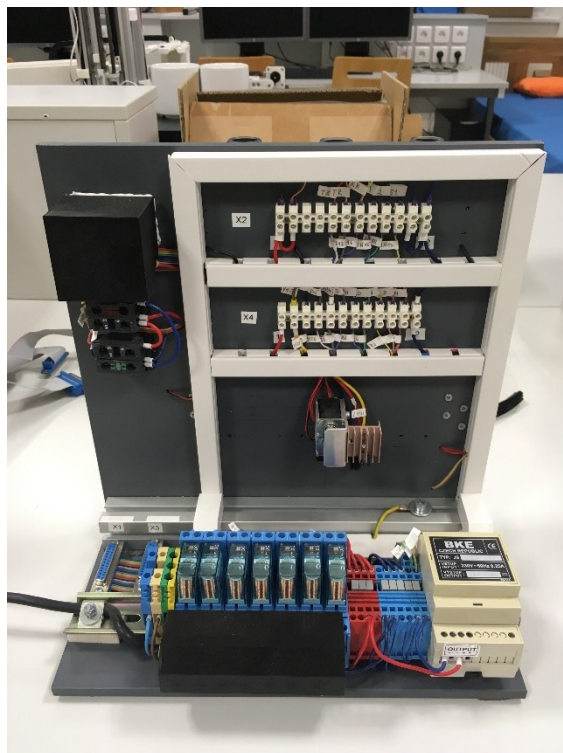
Obr. 9: Konektory CAN25 na výukovém panelu [5]



Obr. 10: Konektory CAN25 na výukovém přípravku

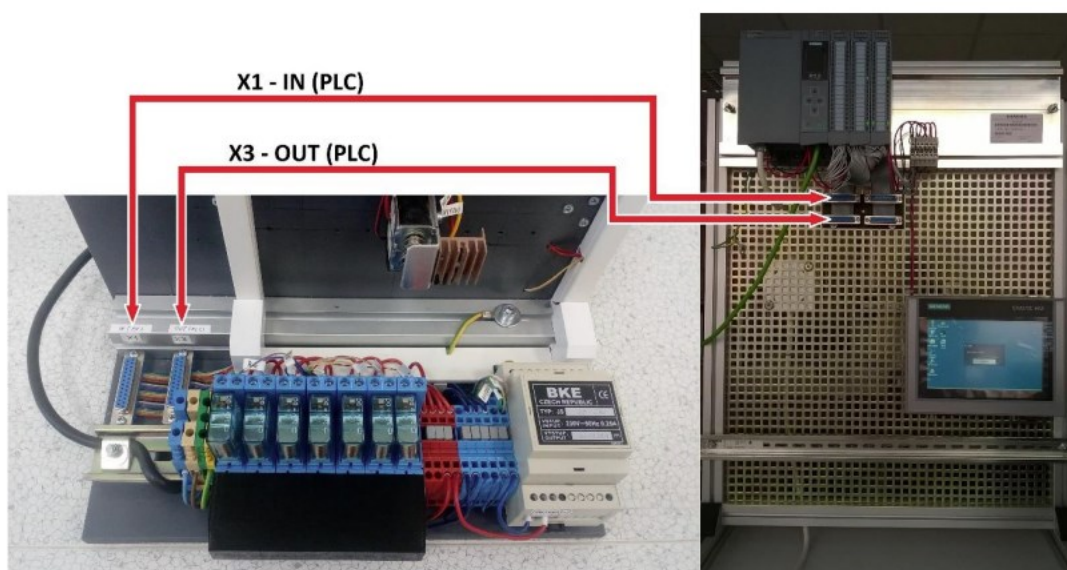


Obr. 11: Výukový panel s PLC a HMI [5]



Obr. 12: Výukový přípravek

Výukový přípravek tedy obsahuje konektory CAN25, na nichž jsou vyvedeny vlastní digitální a analogové vstupy a výstupy. Totéž obsahuje výukový panel. Pro propojení přípravku a panelu je potřeba dostatečný počet přímých 25žilových propojovacích kabelů, v tomto případě dva. Tyto ploché kabely jsou na obou koncích zakončeny konektorem CAN25 typu „samec“. Po propojení stačí přípravek zapojit do napájecí sítě a můžeme pracovat. [4]



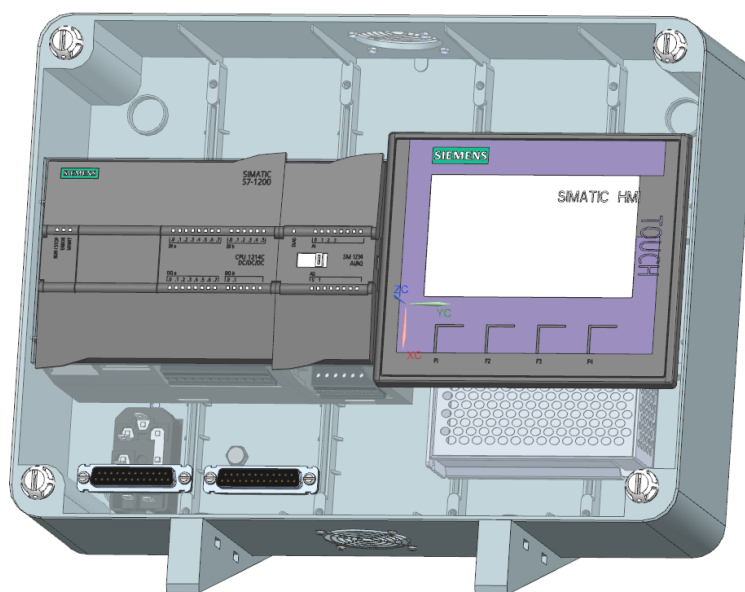
Obr. 13: Propojení výukového přípravku s výukovým panelem [4]

3. NÁVRH VÝUKOVÉHO PANELU

Navržený výukový panel bude ovládat výukový model jeřábu. V průběhu vývoje vznikly dvě verze výukového panelu. První verze se ukázala být jako nedostatečná, a proto vznikla druhá verze v podobném provedení, ale s použitím jiného HMI panelu. Změna panelu si díky svým rozměrům vyžádala i změnu plastového boxu, ve kterém jsou všechny komponenty uloženy. Modely a schéma zapojení ve větší velikosti i detailní zapojení konektoru se nachází v příloze B.

3.1 Verze I.

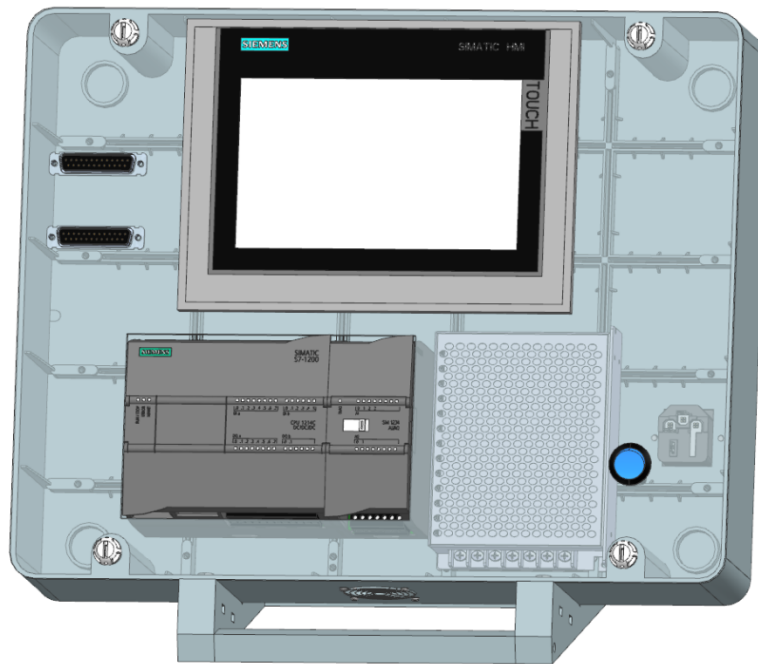
První verze výukového panelu obsahuje průmyslový automat od firmy Siemens typu S7-1200 (214-1AG40-0xB0), který spolu s rozšiřující I/O kartou Siemens 1234 umožňuje využít 14 digitálních vstupů, 10 digitálních výstupů, 6 analogových vstupů a 3 analogové výstupy. Většina z nich bude vyvedena na dva konektory CAN25 a zapojena podle nového předpisu popsaného v předešlé kapitole. Vizualizaci a ovládání jeřábu umožní HMI panel KTP 400 BASIC. Přes napájecí konektor a vypínač bude napájen zdroj 24V/5A (TLPZ-24-120), který zajistí správné napájecí napětí pro všechny komponenty. To vše bude uloženo do spodní části plastového boxu GW44219 a zakrytováno průhledným čelním panelem tak, aby si studenti mohli detailně prohlédnout zapojení jednotlivých komponent. Z důvodu omezení přehřívání komponent, jsou zde dva průduchy, v horní a spodní části boxu. Součástí návrhu je také stojan, který drží výukový panel v nakloněné pozici.



Obr. 14: Model výukového přípravku – verze I.

3.2 Verze II.

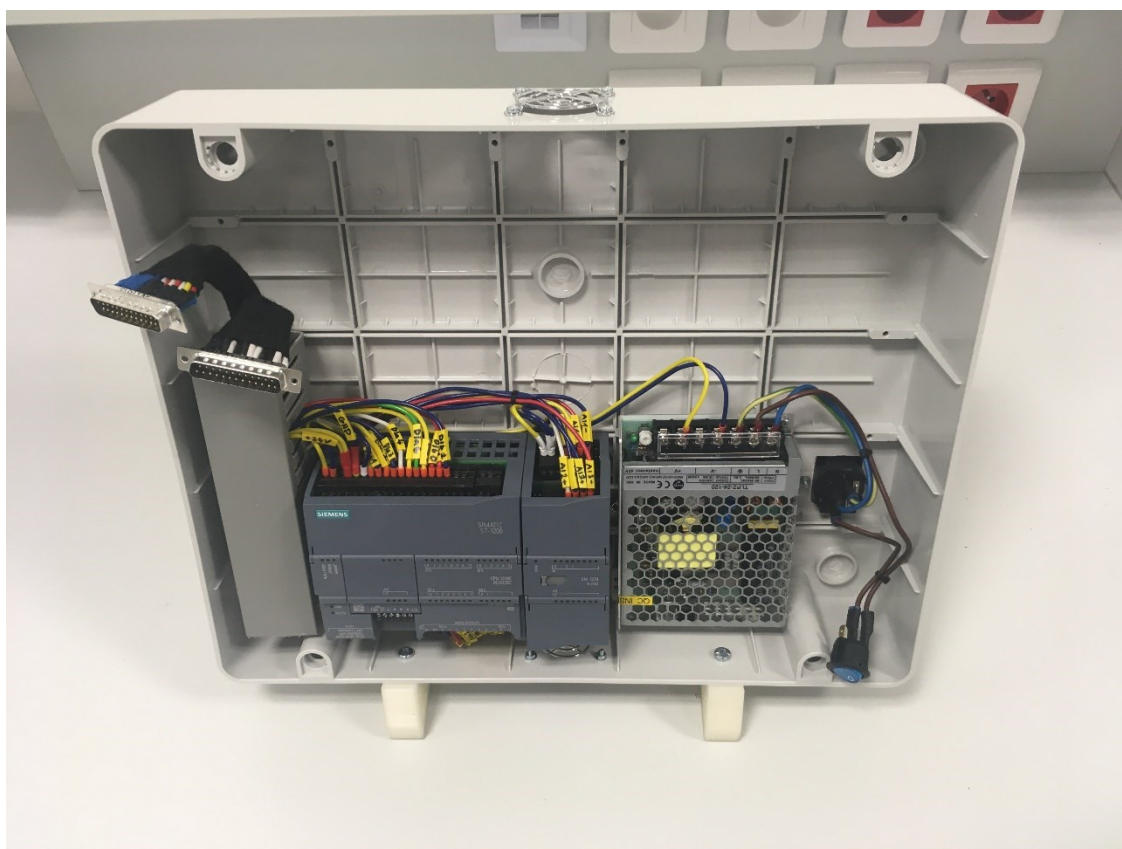
Druhá verze, jak už bylo zmíněno, je velice podobná první verzi výukového panelu. Obsahuje tedy také průmyslový automat od firmy Siemens typu S7-1200 (214-1AG40-0xB0), který spolu s rozšiřující I/O kartou Siemens 1234 umožňuje využít 14 digitálních vstupů, 10 digitálních výstupů, 6 analogových vstupů a 3 analogové výstupy. Většina z nich bude vyvedena na dva konektory CAN25 a zapojena podle nového předpisu popsaného v předešlé kapitole. Vizualizaci a ovládání jeřábu v tomto případě umožní 7“ HMI panel Simatic TP700 Comfort. Přes napájecí konektor a vypínač bude napájen zdroj 24V/5A (TLPZ-24-120), který zajistí správné napájecí napětí pro všechny komponenty. To vše bude uloženo do spodní části plastového boxu GW44210 a zakrytováno průhledným čelním panelem tak, aby si studenti mohli detailně prohlédnout zapojení jednotlivých komponent. Z důvodu omezení přehřívání komponent jsou zde dva průduchy, v horní a spodní části boxu. Součástí návrhu je také stojan, který drží výukový panel v nakloněné pozici.



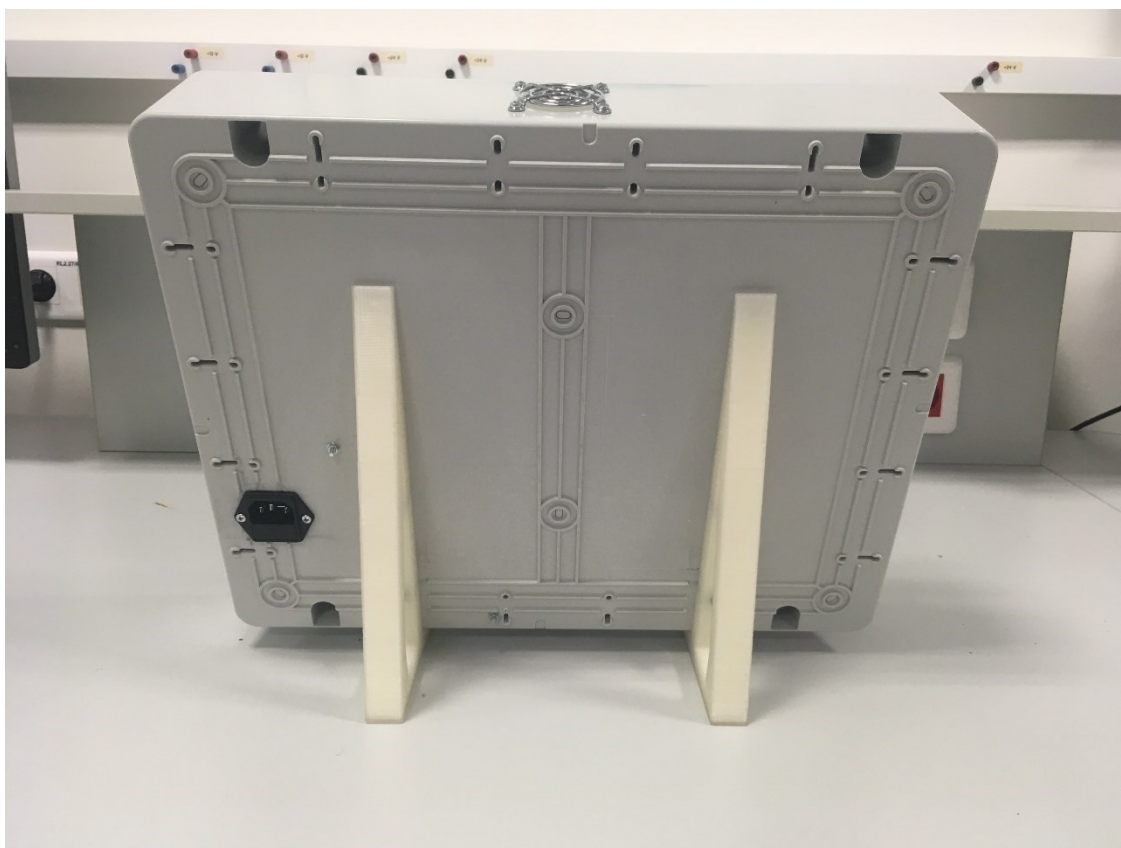
Obr. 15: Model výukového přípravku – verze II.

4. REALIZACE VÝUKOVÉHO PANELU

Realizovaný výukový panel odpovídá verzi II. až na pár drobných úprav, které se při realizaci ukázaly jako výhodnější. Jednou z těchto úprav je změna uložení napájecího zdroje (TLPZ-24-120), umožňující výhodnější vedení kabelů. Přibyl zde také žlab pro přehlednost a uložení kabelů. Navržený stojan se ukázal být jako předimenzovaný, a proto se použily pouze hlavní stojny bez rozpěr. Z důvodu výroby čelního panelu u cizího dodavatele ještě není osazen průhledný čelní panel a HMI panel TP 700, který je na tento panel uchycen. Po dodávce zboží bude výukový panel dokončen.



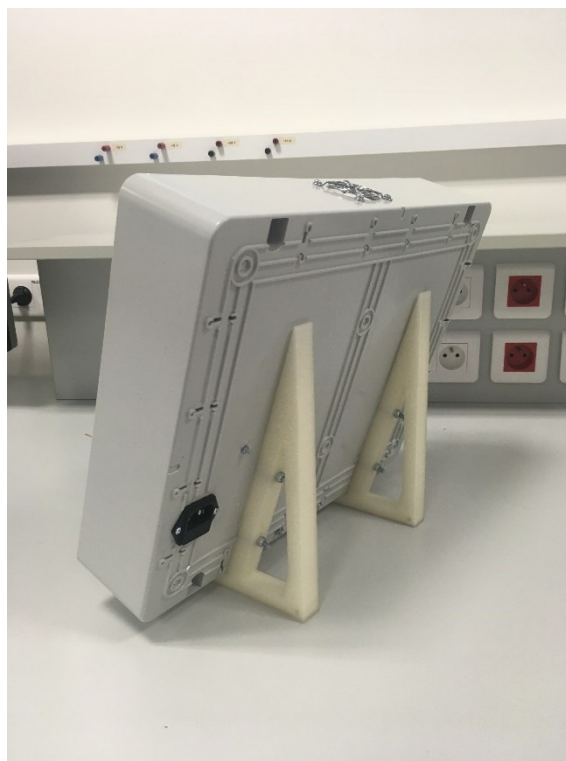
Obr. 16: Realizovaný výukový panel – pohled zepředu



Obr. 17: Realizovaný výukový panel – pohled zezadu



Obr. 19: Realizovaný výukový panel – pohled z boku 2



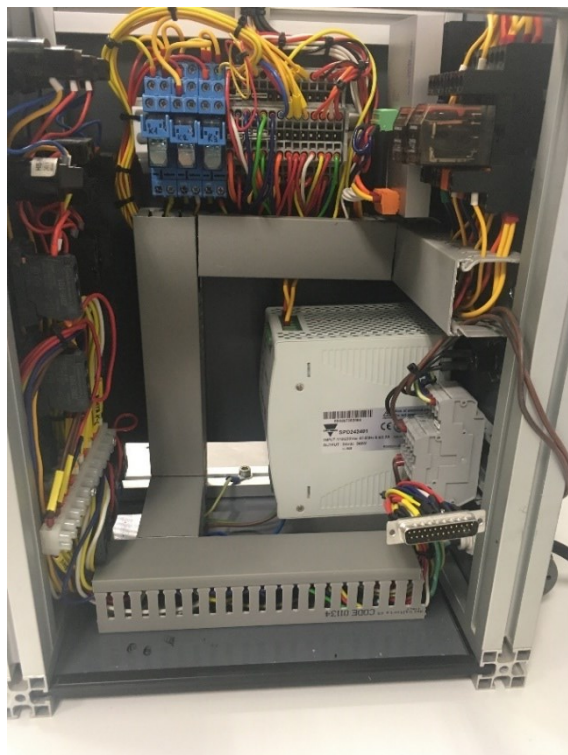
Obr. 18: Realizovaný výukový panel – pohled z boku 1

5. ÚPRAVY MODELU JEŘÁBU

Tato kapitola je rozdělena do dvou částí. První část se zabývá úpravou elektroniky modelu jeřábu. Druhá část se zabývá možnou úpravou samotného modelu jeřábu.

5.1 Úprava elektroniky modelu jeřábu

Mezi hlavní úpravu elektroniky patří odstranění manuálního režimu ovládání jeřábu, a tedy jeřáb je možné ovládat pouze se správně naprogramovanými řídicími komponentami. To má za následek odstranění některých komponent jako například ovládací desku, druhý driver pro krokový motor a pár kusů relé a svorek. Volné místo bude použito pro napájecí zdroj 24V/10A (SPD242401) a vhodnější uložení jednotlivých komponent. O přehledné uložení kabelů se postarají žlaby 40x40mm.



Obr. 20: Elektronika jeřábu po úpravě

5.1.1 Zapojení

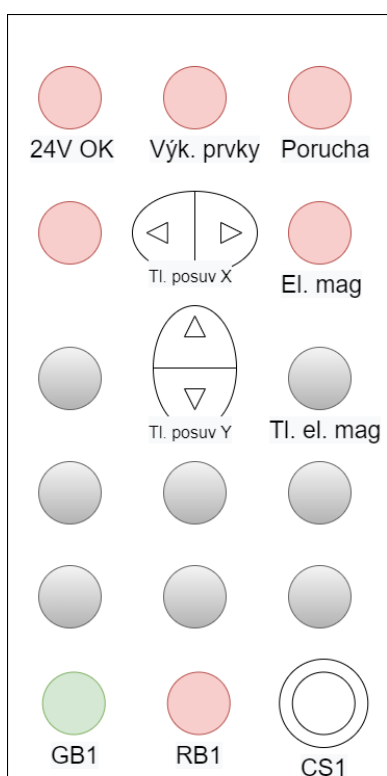
Střídavé napětí ze sítě vstupuje přes hlavní přívodní kabel na svorkovnici XN1. Odtud přes jištění pojistkou F1 s nominální hodnotou 5A napájení dále pokračuje přes central stop tlačítko CS1 a hlavní vypínač MS1 na napájecí zdroj GU1. Z napájecího zdroje je poté napětí 24V DC vyvedeno na svorku X1. Z této svorky jsou dále napájeny ostatní komponenty. Vodiče z elektrických komponent uložených na hlavním nosníku jsou svedeny na svorku X1 a odtud dále pokračují na příslušné prvky. Detailní schéma zapojení se nachází v příloze C.

5.1.2 Aktivace výkonových prvků

Po zapnutí hlavního vypínače MS1 jsou aktivovány senzory a ovládací panel. Po stisknutí zeleného tlačítka GB1 jsou aktivovány výkonové prvky a tedy na ovládací elektroniku pro DC motor a driver pro krokový motor je přivedeno napětí 24V DC. Pro odpojení výkonových prvků slouží tlačítko RB1.

5.1.3 Ovládací panel

Ovládací panel obsahuje signalizační diody signalizující správnou funkci napájecího zdroje 24V, aktivaci výkonových prvků, poruchu neboli aktivaci bezpečnostního okruhu a aktivaci elektromagnetu. Panel obsahuje tlačítka GB1 a RB1 pro aktivaci a deaktivaci výkonových prvků, tlačítko pro aktivaci elektromagnetu, tlačítka pro ovládání posuvů a central stop CS1.



Obr. 21: Ovládací panel po úpravě

5.1.4 Bezpečnostní okruh

Aby se minimalizovalo riziko poškození modelu jeřábu zaviněné chybou programu, je zde také bezpečnostní okruh, do kterého jsou zapojeny senzory KS1, KS5 a KKrit. Při aktivaci bezpečnostního okruhu se odpojí výkonové prvky.

5.1.5 Zapojení konektoru CAN25

Senzory a aktory, které mají být připojené na digitální vstupy a výstupy PLC ve výukovém panelu jsou vyvedeny na konektor CAN25 typu „samice“ a jsou zapojeny dle předpisu popsaného v kapitole č.2. V tab. 2 se nachází konkrétní zapojení.

Tab. č. 2: Zapojení konektoru CAN25 na modelu jeřábu

Prvek	Svorka	Číslo svorky	Číslo pinu (konektor)
Enkoder A-CH	D1a	.0	1
Enkoder B-CH	D1a	.1	14
Tl. posuv X-L	D1a	.2	2
Tl. posuv X-R	D1a	.3	15
Tl. posuv Y-UP	D1a	.4	3
Tl. posuv Y-DOWN	D1a	.5	16
Tl. elektromagnet	D1a	.6	4
KS2	D1a	.7	17
KS3	D1b	.0	5
KS4	D1b	.1	18
KUp	D1b	.2	6
Elektromagnet	DOa	.0	19
DC motor směr R	DOa	.1	7
DC motor směr L	DOa	.2	20
KM dir	DOa	.3	8
KM step	DOa	.4	21
KM enable	DOa	.5	9
	DOa	.6	22
	DOa	.7	10
	DOb	.0	23
	DOb	.1	11
	-	-	24
	-	-	12
	-	GND	25
	-	GND	13

5.1.6 Odměřování polohy v ose X

Z důvodu nedostatku počtu digitálních vstupů na konektoru CAN25 bylo nutné odstranit digitální snímače polohy KS2 a KS4. Masivní hřeben s potenciometrem, který udával absolutní informaci o poloze byl odstraněn a nahrazen inkrementálním enkodérem IGO100/2 „Sn“, který se nachází na DC motoru.

K tomu, aby bylo možné číst hodnoty enkodéru z kanálu A a B na vstupech PLC, je nutné použít level shifter. Zařízení, které převádí napětí z 5V na 24V.



Obr. 22: Level shifter [9]

5.1.7 Odměřování polohy v ose Y

Bylo odstraněno ozubené kolečko se spínačem, které udávalo informaci o poloze. Na místo toho byl krokový motor přesunut přímo na kočku. Krokový motor je možné řídit v přímé vazbě, a proto tedy není nutný další systém pro odměřování polohy v této ose.

5.2 Úprava samotného modelu jeřábu

Cílem úpravy elektroniky modelu jeřábu může být přiblížení se svými funkcemi k co nejvíce reálnému mostovému jeřábu.

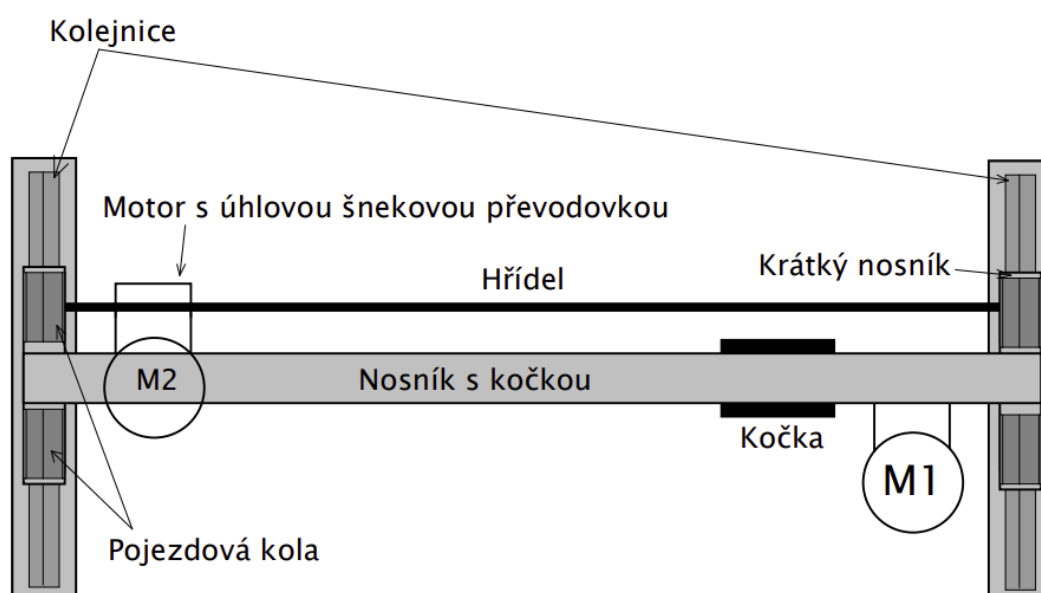
Nabízí se tři možnosti úpravy:

1. Přidání pojezdu jeřábu
2. Úprava obslužného panelu
3. Přidání funkcí výukového panelu

5.2.1 Přidání pojezdu jeřábu

Přidáním pojezdu jeřábu by se manipulační plocha zvětšila o pohyb ve směru vodorovném podélném, a tedy výsledná manipulační plocha by byla tvořena obdélníkem.

Úprava by spočívala v přidání pojezdových kolejnic z obou stran nosníku s kočkou. Po kolejnicích by se pohybovala pojezdová kola s krátkým nosníkem, na němž by byl zavěšen hlavní nosník s kočkou. Pojezd by realizoval DC motor s úhlovou šnekovou převodovkou M2, který by otáčel hřídelí, a tím tak i koly na kolejnicích. Pro informaci o koncové poloze by se na koncích kolejnice nacházely čtyři magnetické snímače pro jednu kolejnici. Dva koncové snímače pro programové využití a dva snímače pro bezpečnostní okruh. V současné chvíli se na pozici hřídele nachází potenciometr s hřebenem, který udává informaci o poloze. Tento potenciometr by se buď přesunul výš, nad hřídel nebo by se nahradil enkodérem v motoru M1. Krokový motor, který ovládá výsuv bubnu kočky by mohl být umístěn přímo na kočce.



Obr. 23: Schéma pojezdu jeřábu

5.2.2 Úprava obslužného panelu

Reálný mostový jeřáb obsahuje závěsný či rádiový ovladač, pro jeho ovládání.

Při úpravě obslužného panelu modelu by se mohlo jednat o závěsný ovladač, který by nahradil současný obslužný panel. V horní části by obsahoval zapínací, vypínací a nouzové tlačítko. Ve spodní části by se nacházely dva joysticky s tlačítkem. Jeden joystick by ovládal pohyb ve směru vodorovném příčném a vodorovném svislém. Druhý joystick by ovládal směr svislý. Tlačítka na joysticích by sloužila k aktivaci elektromagnetu.



Obr. 24: Krabice závěsného ovladače [6]

5.2.3 Přídavné funkce výukového panelu

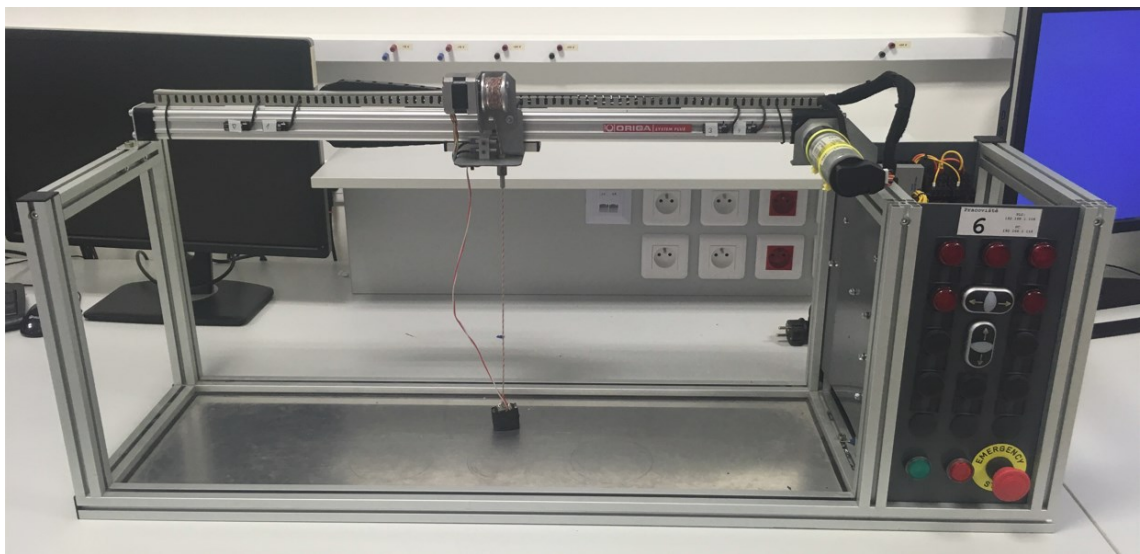
Výukový panel obsahuje rezervní digitální a analogové vstupy, na které nezbylo na konektoru CAN25 místo.

Jedná se o tři digitální vstupy, pomocí kterých by bylo možné realizovat tři funkční tlačítka. Tato tlačítka by mohla být naprogramována například tak, aby po jejich stisknutí byl jeřáb přemístěn do výchozí pozice nebo aby vykonal často prováděný úkon.

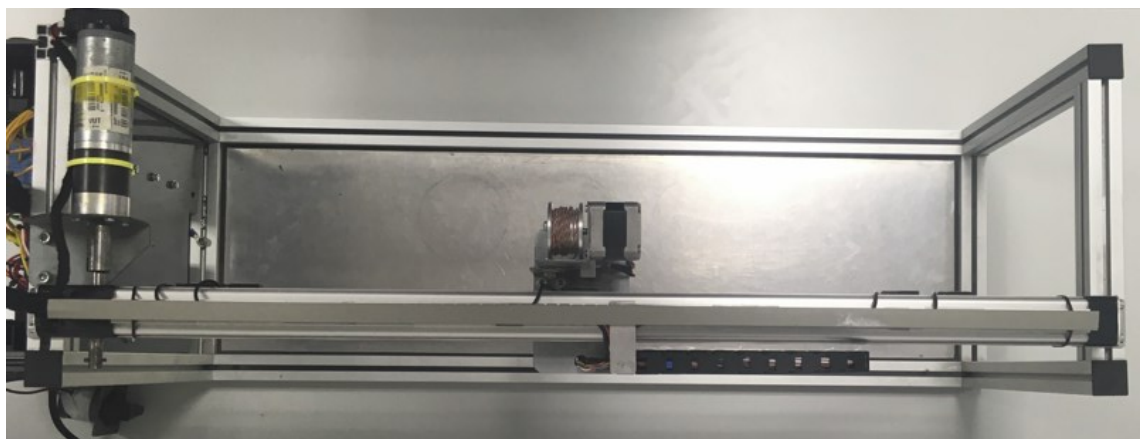
Analogové vstupy by bylo možné ovládat potenciometry, které by například nastavily rychlost pojezdů.

6. REALIZACE ÚPRAV MODELU JEŘÁBU

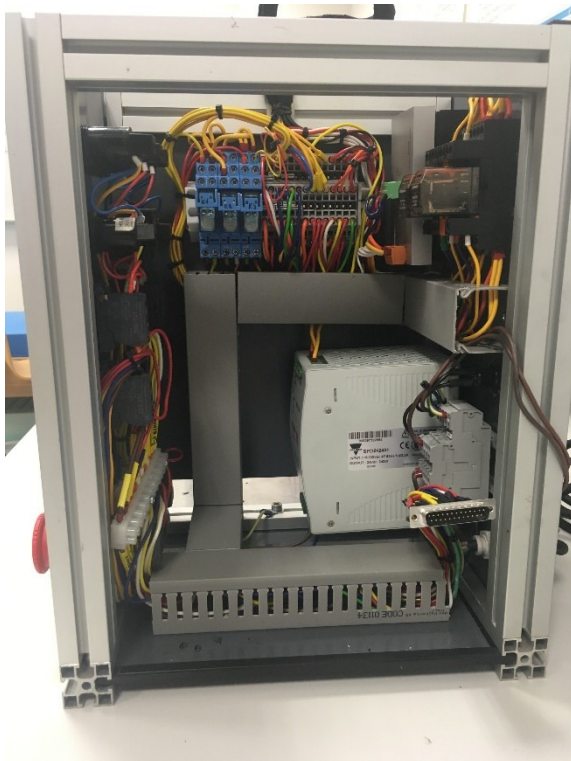
Na modelu byly realizovány veškeré úpravy elektroniky popsané v předešlé kapitole a byly provedeny pouze přípravy pro úpravu samotného modelu jeřábu jako je například nahrazení původního absolutního snímače polohy v ose X, tvořeného potenciometrem a masivním hřebenem, enkodérem a přesun krokového motoru na kočku. Na hlavní nosník byl přidán žlab pro bezpečné uložení kabelů a estetičtější vzhled. Jelikož elektronika obsahuje zdroj na síťové napětí, bude proto z důvodu bezpečnosti řídicí elektronika opět zakrytována průhledným panelem (obr. 31 a obr. 32). Tyto panely jsou ve výrobě a čeká se na jejich dodání.



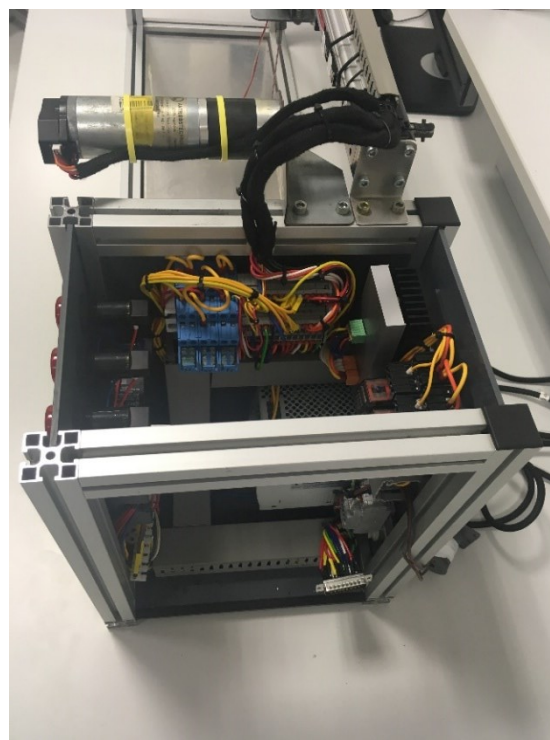
Obr. 26: Model jeřábu po úpravě elektroniky



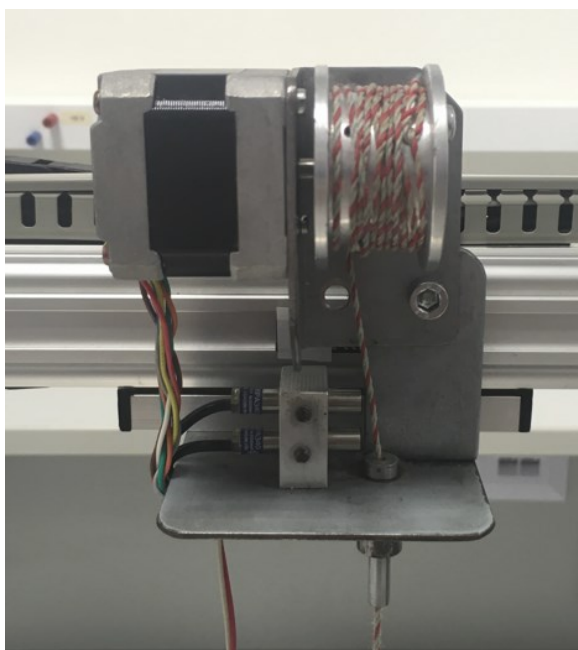
Obr. 25: Model jeřábu po úpravě elektroniky – pohled z vrchu



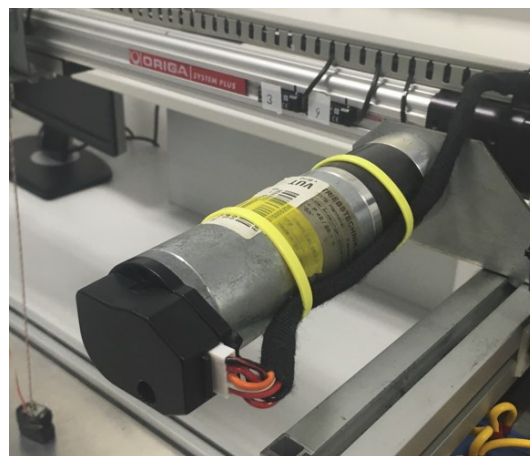
Obr. 28: Elektronika jeřábu po úpravě 1



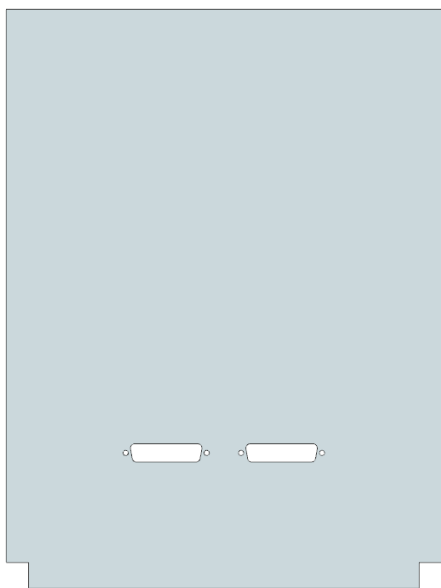
Obr. 27: Elektronika jeřábu po úpravě 2



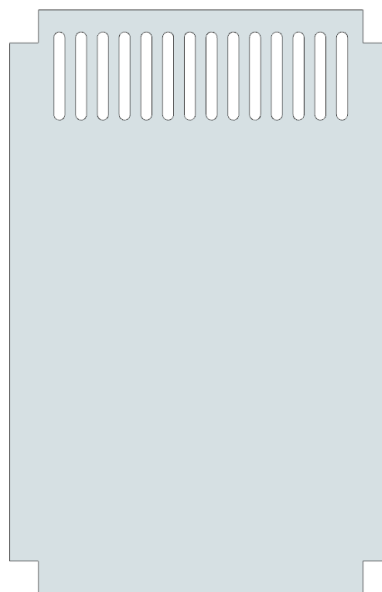
Obr. 30: Krokový motor na kočce



Obr. 29: Enkodér na DC motoru



Obr. 32: Boční panel



Obr. 31: Horní panel

7. SOFTWARE PRO OVĚŘENÍ FUNKCE POUŽITÝCH PRVKŮ

Pro otestování použitých prvků byl vytvořen jednoduchý program v prostředí Siemens TIA Portal.

7.1 Tagy










K jednotlivým vstupům a výstupům PLC byly přiřazeny tagy podle tab. č. 2.

Default tag table				
		Name	Data type	Address
1		Enc.A	Bool	%I0.0
2		Enc.B	Bool	%I0.1
3		Tl.PosuvX-L	Bool	%I0.2
4		Tl.PosuvX-R	Bool	%I0.3
5		PosuvY-UP	Bool	%I0.4
6		PosuvY-DOWN	Bool	%I0.5
7		Tl.ElMag	Bool	%I0.6
8		KS2	Bool	%I0.7
9		KS3	Bool	%I1.0
10		KS4	Bool	%I1.1
11		KS.UP	Bool	%I1.2
12		ElMag	Bool	%Q0.0
13		DirL.DC	Bool	%Q0.1
14		DirR.DC	Bool	%Q0.2
15		Dir.KM	Bool	%Q0.3
16		Step.KM	Bool	%Q0.4
17		Enable.KM	Bool	%Q0.5
18		Pulses	Word	%IW1000

Obr. 33: Program – tagy

7.2 Data

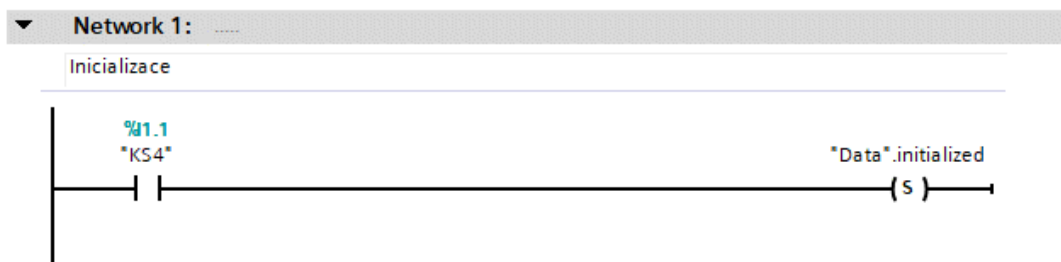
Použitá data se nacházejí ve struktuře pojmenované Data. Obsahují proměnnou pulses pro uložení počtu pulzů z enkodéru, pomocné proměnné mem0 a mem1 pro aktivaci a deaktivaci magnetu a proměnnou initialized, která signalizuje inicializaci enkodéru.

Data				
		Name	Data type	Start value
1		▼ Static		
2		 pulses	Int	0
3		 mem0	Bool	false
4		 mem1	Bool	false
5		 initialized	Bool	false

Obr. 34: Program – data

7.3 Inicializace

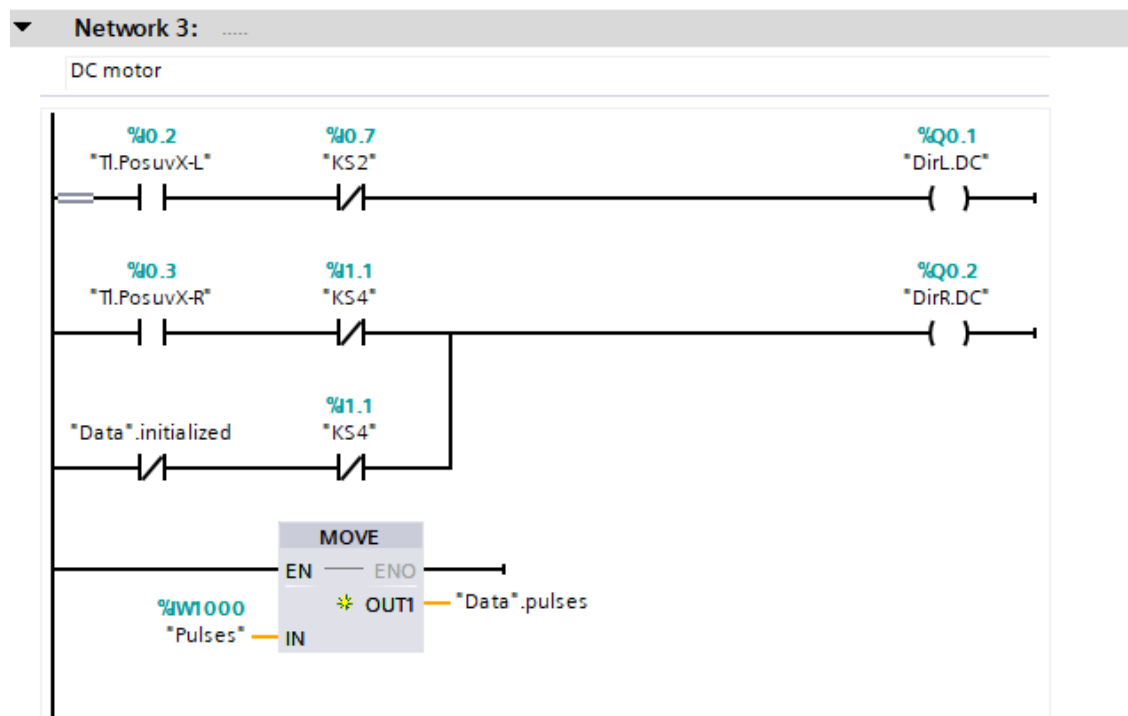
Po startu programu proběhne inicializace. Jelikož inkrementální enkodér není absolutní snímač polohy je nutné jej inicializovat. A to tak, že po stisknutí tlačítka GB1 se aktivují výkonové prvky, kočka se dostaví do polohy snímače KS4 a od této známé polohy poté enkodér udává informaci o poloze.



Obr. 35: Program – inicializace

7.4 Ovládání DC motoru

Ovládání DC motoru je realizováno pouze jako nastavení příslušného výstupu do log.1, pokud se motor nenachází v jedné nebo druhé krajní poloze.



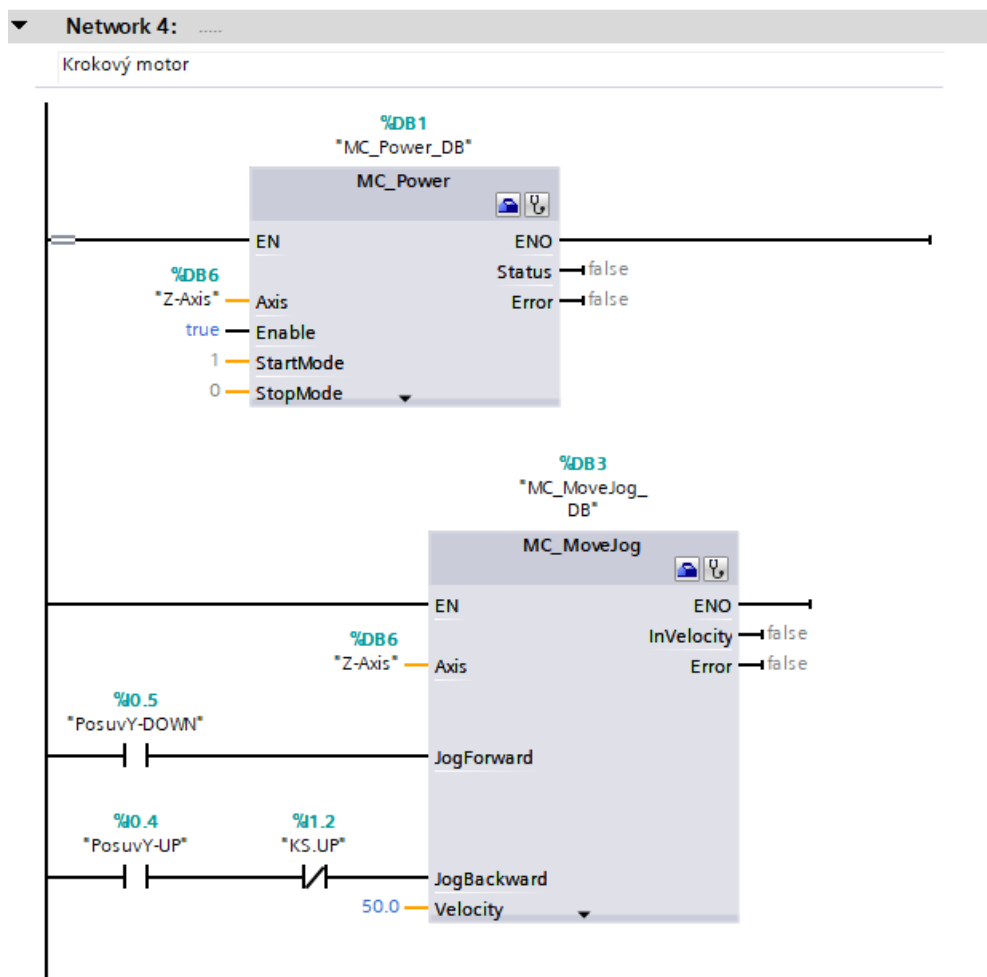
Obr. 36: Program – ovládání DC motoru

7.5 Enkodér

Vyčítání polohy enkodéru je realizováno pomocí vysoce rychlostního čítače (HSC), kdy při otáčení ve směru A se hodnoty enkodéru přičítají a ve směru B se hodnoty enkodéru odečítají. Výsledná hodnota se vynásobí konstantou pro získání aktuální vzdálenosti od počátku (poloha čidla KS4).

7.6 Ovládání krokového motoru

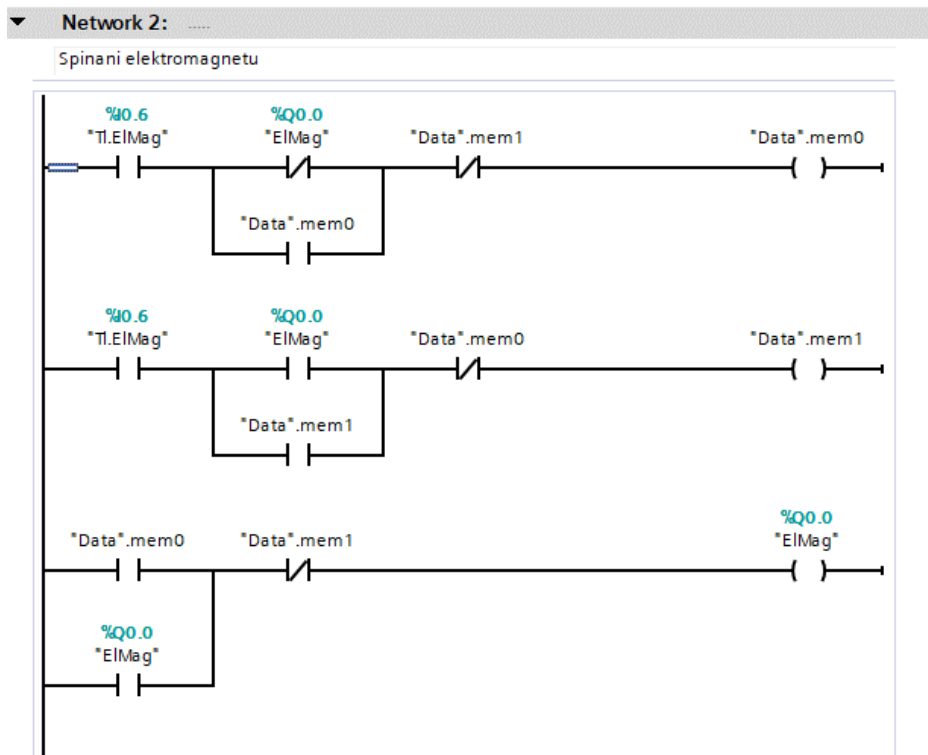
Ovládání krokového motoru je realizováno pomocí funkčního bloku MC_MoveJog, jenž umožňuje za pomoci dvou tlačítek, PosuvY-DOWN a PosuvY-UP, ovládat směr krokového motoru. Při aktivaci čidla KS.UP (elektromagnet se nachází příliš vysoko), lze použít pouze tlačítko PosuvY-DOWN, které rozběhne krokový motor v opačném směru a tím tak sníží výšku elektromagnetu.



Obr. 37: Program – ovládání krokového motoru

7.7 Ovládání elektromagnetu

Aktivaci a deaktivaci elektromagnetu umožňuje jedno tlačítko a dvě proměnné. Při stisknutí tlačítka na ovládacím panelu se nastaví proměnná mem0, která aktivuje elektromagnet. Deaktivace proběhne při opětovném stisknutí tlačítka a dočasným aktivováním proměnné mem1.



Obr. 38: Program – ovládání elektromagnetu

8. ZÁVĚR

V této bakalářské práci jsem se seznámil s problematikou mostových jeřábů. Seznámil jsem se se stávajícím modelem jeřábu, jeho funkcemi i použitými automatizačními prostředky. Vysvětlil jsem čtenáři problematiku modulární koncepce výukových přípravků. Podařilo se mi navrhnout i zrealizovat výukový panel tak, aby odpovídal stávající modulární koncepci výukových přípravků. Navrhnul jsem úpravy elektroniky i úpravy samotného modelu jeřábu. Podařilo se mi zrealizovat úpravy elektroniky jeřábu tak, aby byla zajištěna kompatibilita mezi výukovým přípravkem a jeřábem. Současně jsem provedl přípravu pro možnou budoucí úpravu modelu, ve formě rozšíření modelu o další osu. Vytvořil jsem jednoduchý software pro ověření funkce použitých prvků.

Zrealizovaný výukový panel i upravený model jeřábu může být zařazen do výuky, kde je studenti mohou využívat k získání znalostí z oblasti programování řídicích komponent.

Z důvodu nedoručení průhledných panelů od dodavatele v předpokládaném termínu, se zrealizované přípravy nenachází v době odevzdání této práce ve finální podobě. Po doručení zboží budou přípravy dodělány.

LITERATURA

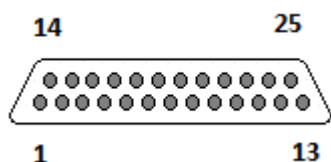
- [1] VTÍPIL, Tomáš. *Návrh mostového jeřábu* [online]. Pardubice, 2015.
Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/60895>. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí bakalářské práce Petr Tomek.
- [2] *Jak funguje mostový jeřáb* - ESTAV.cz. ESTAV.cz - Architektura. Stavba. Bydlení. [online]. Copyright © Copyright [cit. 31.12.2021]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/9584.jak-funguje-mostovy-jerab>
- [3] *Jeřáb – funkce*. Interní dokumentace UAMT. Dokument Microsoft Word. [Brno]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky.
- [4] HUSÁK, M. *Návrh a realizace laboratorní úlohy na téma "Standard ISAS88"*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2018. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Václav Kaczmarczyk, Ph.D..
- [5] *Modernizace-laboratoře-SIEMENS*. Interní dokumentace UAMT. Dokument Microsoft Word. [Brno]. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky.
- [6] Schneider Electric XACA05 nevybavený závěsný ovladač XAC - A - 5 svislých otvorů - 1 001 Kč | shopelektro.cz. shopelektro.cz - e-shop s elektroinstalačním materiálem [online]. Copyright © Copyright 2012 [cit. 30.12.2021]. Dostupné z: <https://www.shopelektro.cz/detekce-ovladani-a-signalizace/schneider-electric/skrine-pro-ovladaci-a-signalizacni-pristroje/harmony-xac/nevybavene-zavesne-ovladace-pro-vlastni-sestavy/prazdne-zavesne-ovladace/schneider-electric-xaca05-nevybaveny-zavesny-ovladac-xac-a-5-svislych-otvoru>
- [7] *Průmyslové mostové jeřáby* | Řetězové kladkostroje. Řetězové kladkostroje - řetězový kladkostroj s mnoho let výkonu [online]. Dostupné z: <https://www.retezove-kladkostroje.cz/prumyslove-mostove-jezaby/>
- [8] *Jeřáby a zdvihačí technika* | Adamec Crane Systems. [online]. Copyright © copyright adamec crane systems [cit. 01.01.2022]. Dostupné z: <https://www.adamec.cz/cs>
- [9] Modul optického oddělení - 4 kanálový | GM electronic, spol. s r.o.. GM electronic | elektronické součástky, komponenty . | GM electronic, spol. s r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/modul-optickeho-oddeleni-4-kanalove>

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - ZAPOJENÍ KONEKTORU CAN25 NA VÝUKOVÉM PANELU.....	41
PŘÍLOHA B - NAVRŽENÉ VÝUKOVÉ PANELY	45
PŘÍLOHA C - SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	54
PŘÍLOHA D - OBSAH PŘILOŽENÉHO DVD	57

Příloha A - Zapojení konektoru CAN25 na výukovém panelu

A.1 Číslování pinů konektoru [5]



A.2 Digitální vstupy [5]

Žíla kabelu	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	DI/DO 1	1	1
2	DI/DO 1	2	14
3	DI/DO 1	3	2
4	DI/DO 1	4	15
5	DI/DO 1	5	3
6	DI/DO 1	6	16
7	DI/DO 1	7	4
8	DI/DO 1	8	17
9	DI/DO 1	11	5
10	DI/DO 1	12	18
11	DI/DO 1	13	6
12	DI/DO 1	14	19
13	DI/DO 1	15	7
14	DI/DO 1	16	20
15	DI/DO 1	17	8
16	DI/DO 1	18	21
17	DI/DO 2	1	9
18	DI/DO 2	2	22
19	DI/DO 2	3	10
20	DI/DO 2	4	23
21	DI/DO 2	5	11
22	DI/DO 1	9	24
23	DI/DO 1	9	12
24	DI/DO 2	9	25
25	DI/DO 2	9	13

A.3 Digitální výstupy [5]

Žíla kabelu	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	DI/DO 1	21	1
2	DI/DO 1	22	14
3	DI/DO 1	23	2
4	DI/DO 1	24	15
5	DI/DO 1	25	3
6	DI/DO 1	26	16
7	DI/DO 1	27	4
8	DI/DO 1	28	17
9	DI/DO 1	31	5
10	DI/DO 1	32	18
11	DI/DO 1	33	6
12	DI/DO 1	34	19
13	DI/DO 1	35	7
14	DI/DO 1	36	20
15	DI/DO 1	37	8
16	DI/DO 1	38	21
17	DI/DO 2	21	9
18	DI/DO 2	22	22
19	DI/DO 2	23	10
20	DI/DO 2	24	23
21	DI/DO 2	25	11
22	-	GND	24
23	-	GND	12
24	-	GND	25
25	-	GND	13

A.4 Digitální vstupy/výstupy [5]

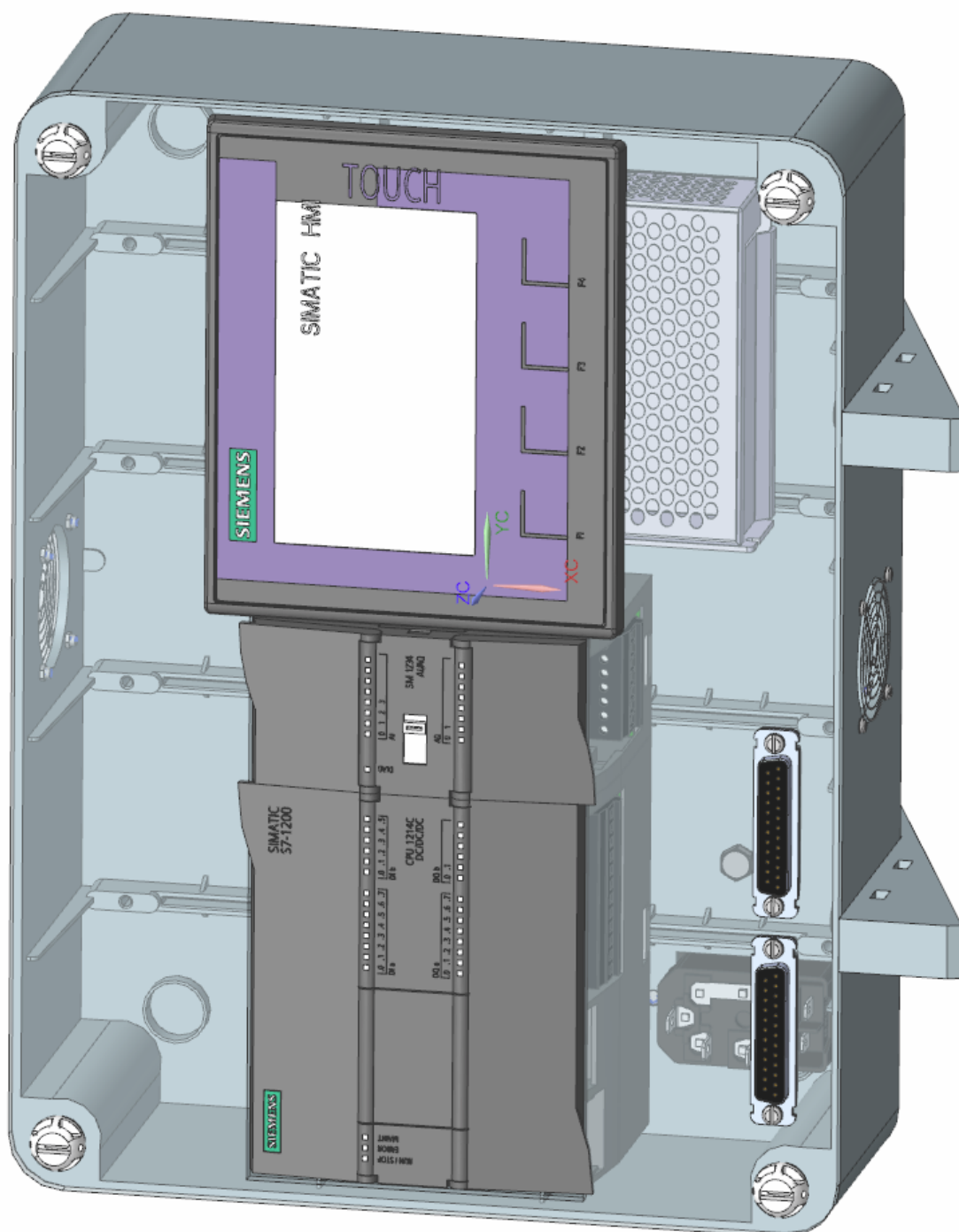
Žíla kabelu	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	DI/DO 2	6	1
2	DI/DO 2	7	14
3	DI/DO 2	8	2
4	DI/DO 2	11	15
5	DI/DO 2	12	3
6	DI/DO 2	13	16
7	DI/DO 2	14	4
8	DI/DO 2	15	17
9	DI/DO 2	16	5
10	DI/DO 2	17	18
11	DI/DO 2	18	6
12	DI/DO 2	26	19
13	DI/DO 2	27	7
14	DI/DO 2	28	20
15	DI/DO 2	31	8
16	DI/DO 2	32	21
17	DI/DO 2	33	9
18	DI/DO 2	34	22
19	DI/DO 2	35	10
20	DI/DO 2	36	23
21	DI/DO 2	37	11
22	DI/DO 2	38	24
23	DI/DO 2	9	12
24	-	GND	25
25	-	GND	13

A.5 Analogové vstupy/výstupy [5]

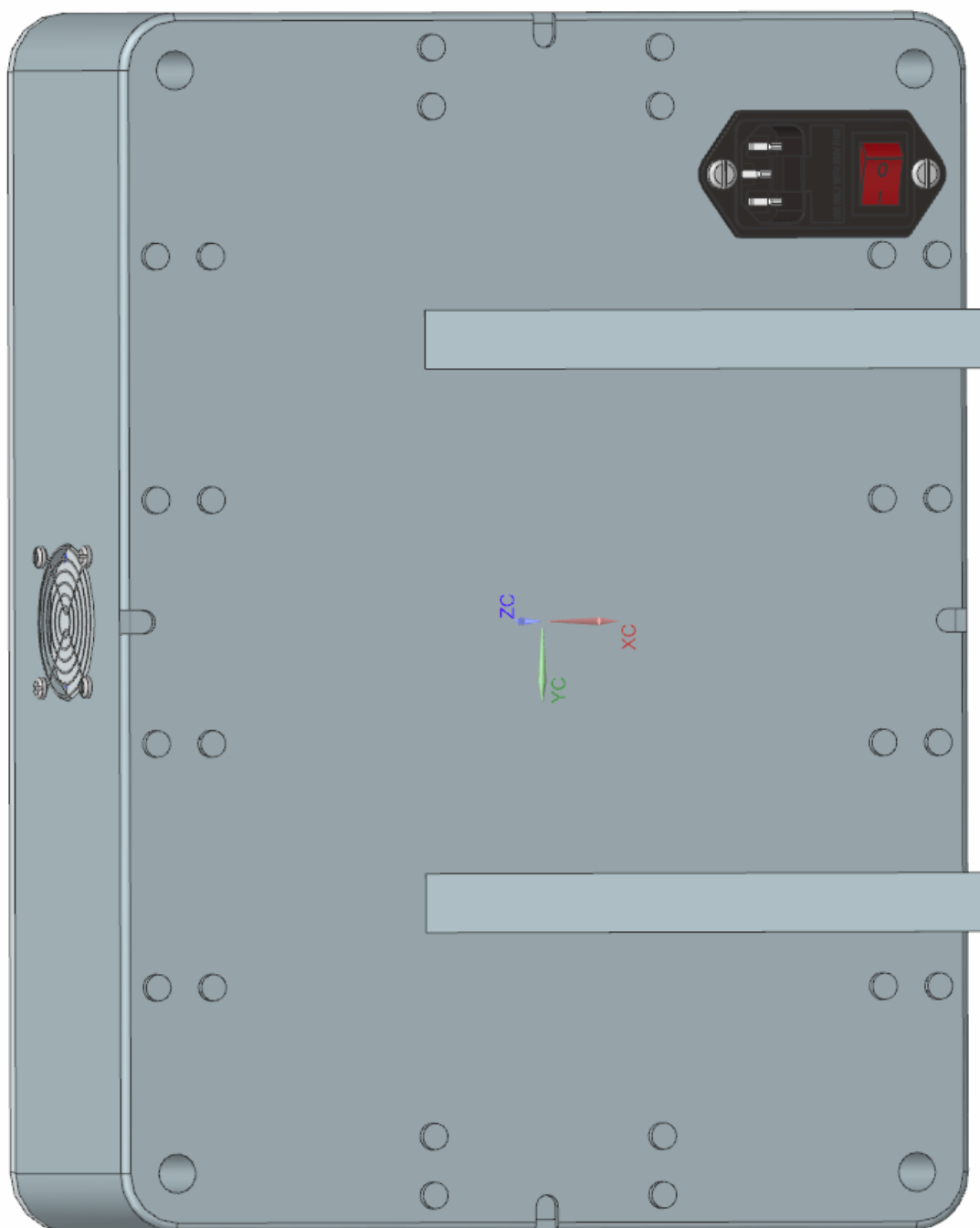
Žíla kabelu	Karta	Číslo svorky (karta)	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	AI/AO	1	1
2	AI/AO	2	14
3	AI/AO	3	2
4	AI/AO	4	15
5	AI/AO	5	3
6	AI/AO	6	16
7	AI/AO	7	4
8	AI/AO	8	17
9	AI/AO	9	5
10	AI/AO	10	18
11	AI/AO	11	6
12	AI/AO	12	19
13	AI/AO	13	7
14	AI/AO	14	20
15	AI/AO	15	8
16	AI/AO	16	21
17	AI/AO	17	9
18	AI/AO	18	22
19	AI/AO	19	10
20	AI/AO	20	23
-	-	-	11
-	-	-	24
-	-	-	12
-	-	-	25
-	-	-	13

Příloha B - Navržené výukové panely

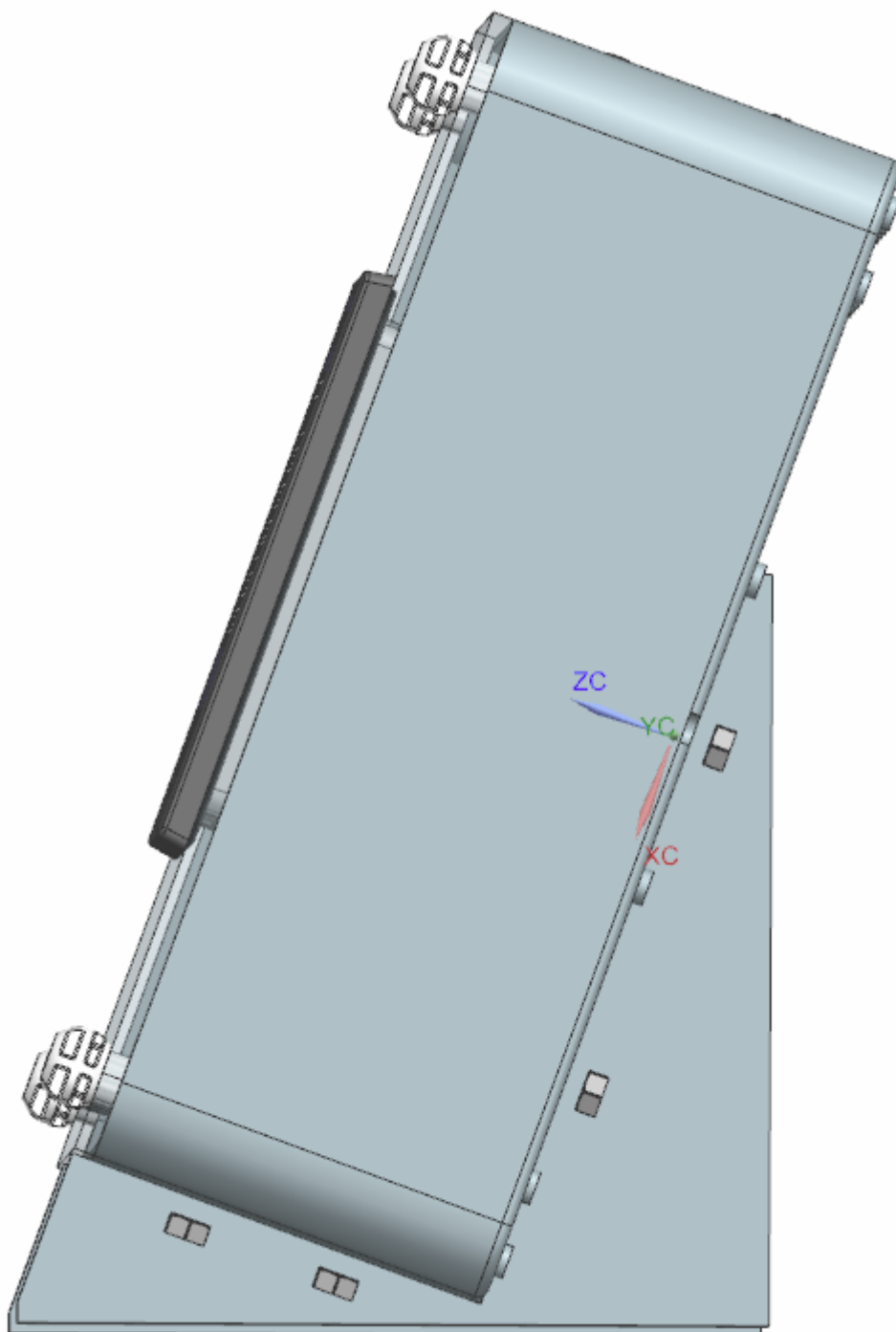
B.1 Pohled zepředu – verze I.



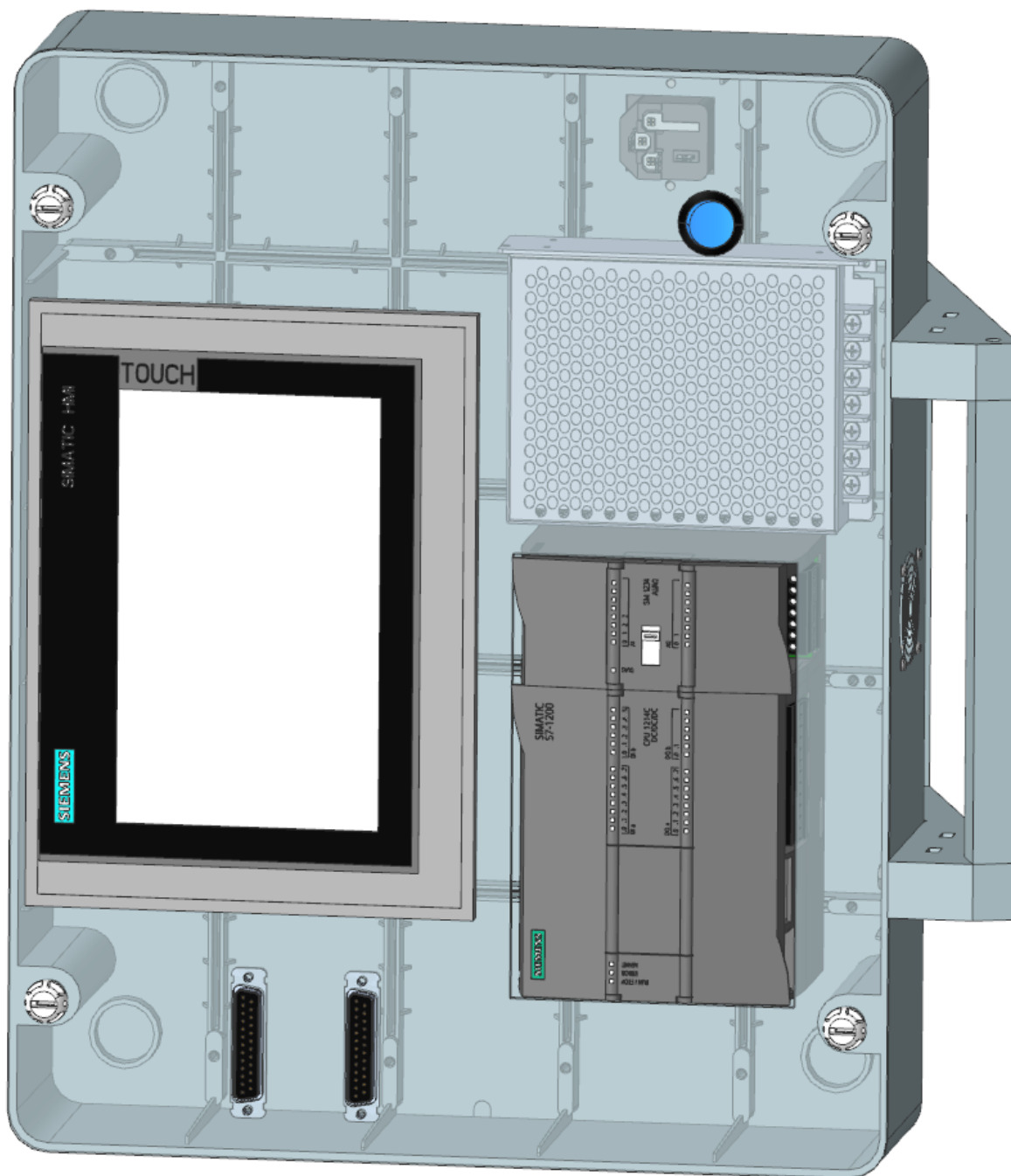
B.2 Pohled zezadu – verze I.



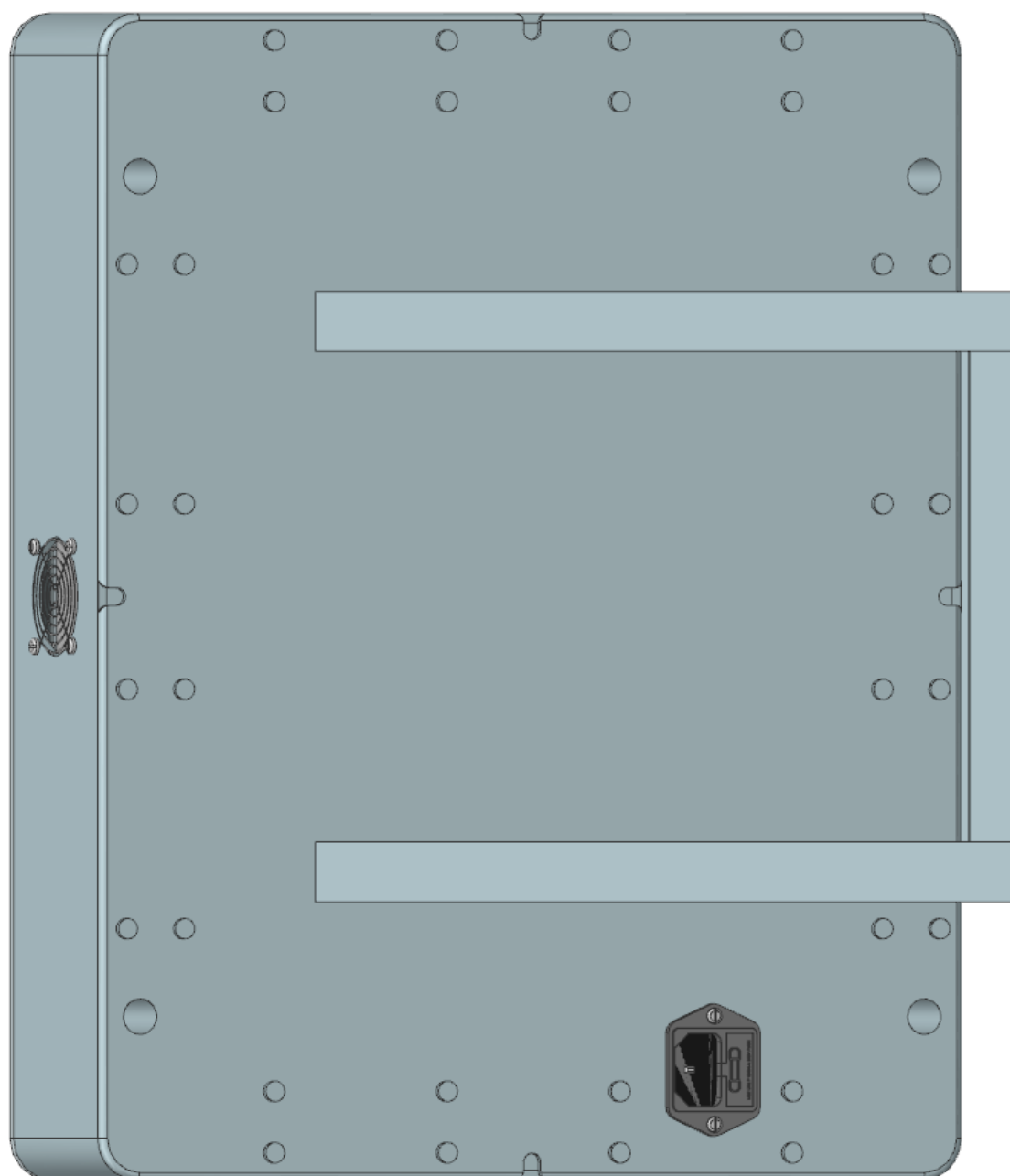
B.3 Pohled z boku – verze I.



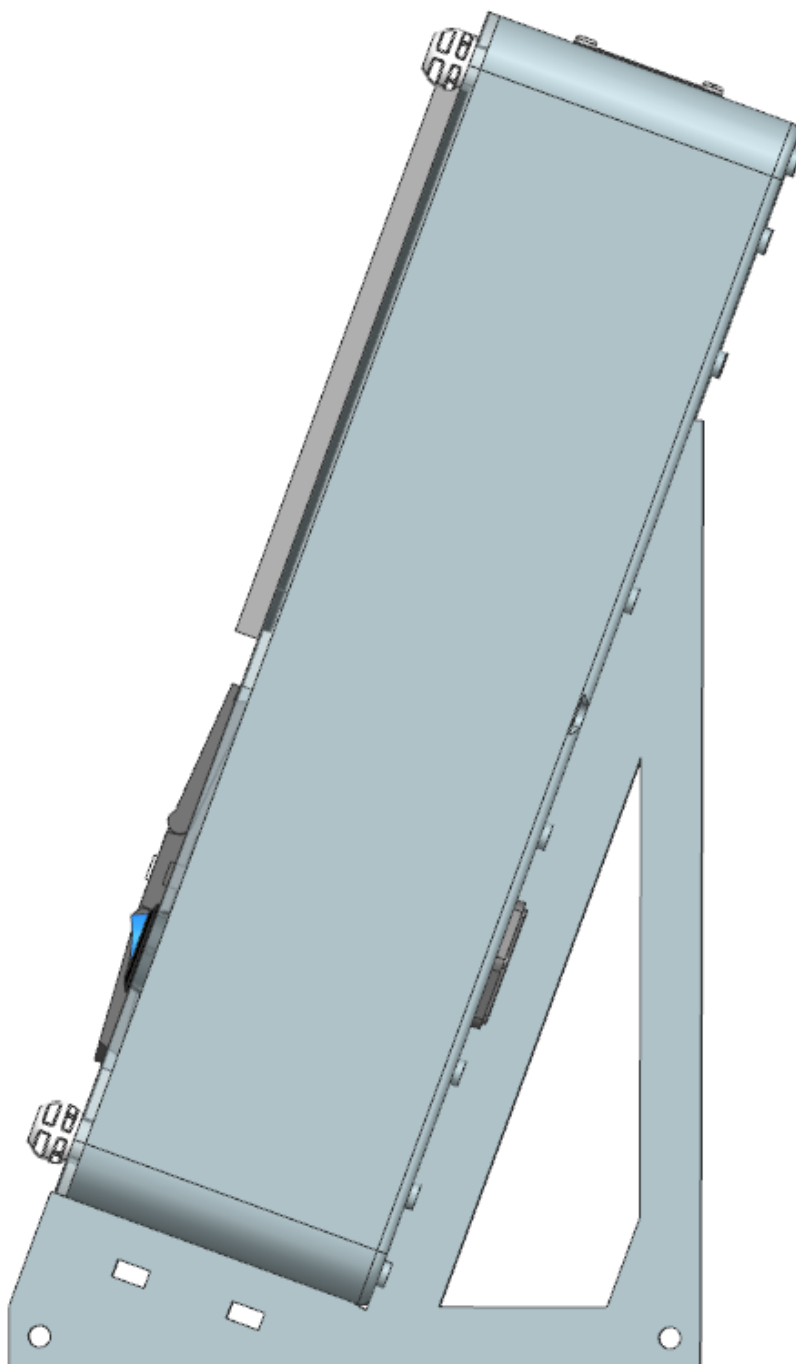
B.4 Pohled zepředu – verze II.



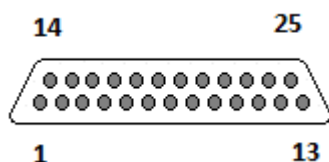
B.5 Pohled zezadu – verze II.



B.6 Pohled z boku – verze II.

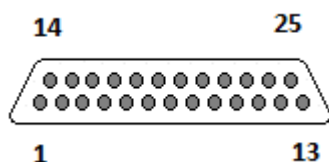


B.7 CAN25 – digitální vstupy/výstupy



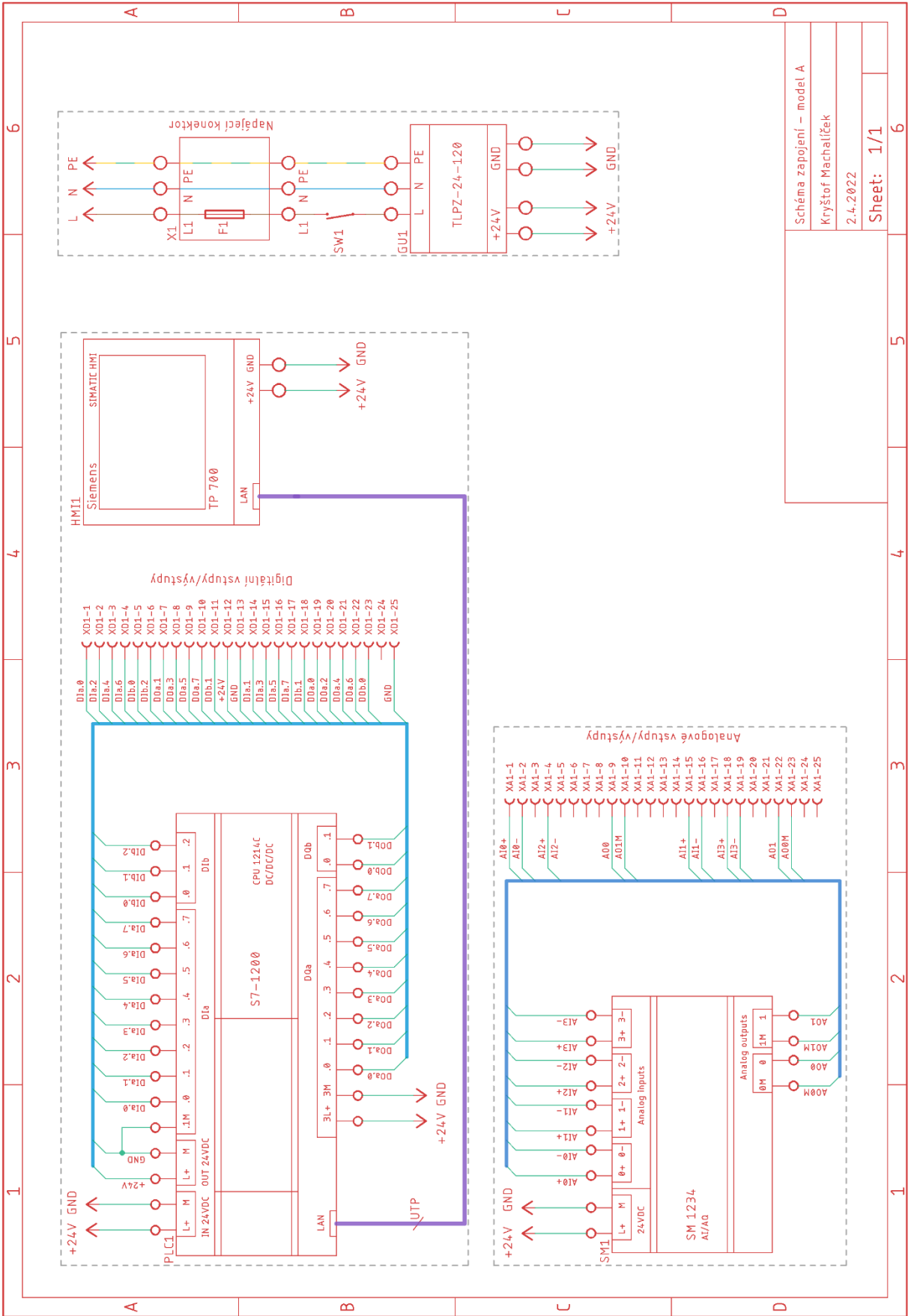
Žíla kabelu	Svorka	Číslo svorky	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	D1a	.0	1
2	D1a	.1	14
3	D1a	.2	2
4	D1a	.3	15
5	D1a	.4	3
6	D1a	.5	16
7	D1a	.6	4
8	D1a	.7	17
9	D1b	.0	5
10	D1b	.1	18
11	D1b	.2	6
12	DOa	.0	19
13	DOa	.1	7
14	DOa	.2	20
15	DOa	.3	8
16	DOa	.4	21
17	DOa	.5	9
18	DOa	.6	22
19	DOa	.7	10
20	DOb	.0	23
21	DOb	.1	11
22	-	-	24
23	-	+24	12
24	-	GND	25
25	-	GND	13

B.8 CAN25 – analogové vstupy/výstupy



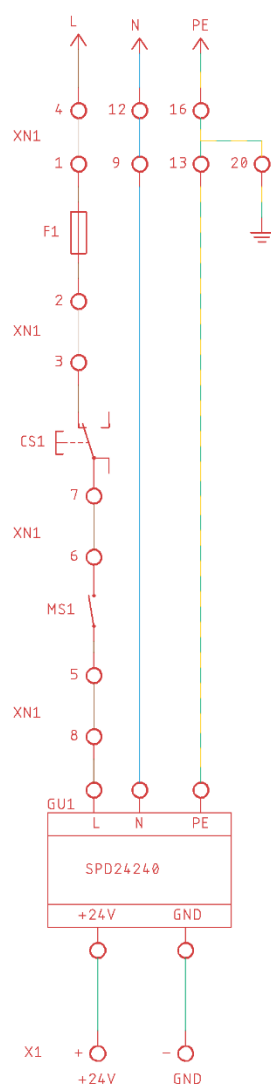
Žíla kabelu	Svorka	Číslo svorky	Číslo pinu (konektor)
1 (red)	AI_i/o	0+	1
2	-	-	14
3	AI_i/o	0-	2
4	AI_i/o	1+	15
5	-	-	3
6	AI_i/o	1-	16
7	AI_i/o	2+	4
8	-	-	17
9	AI_i/o	2-	5
10	AI_i/o	3+	18
11	-	-	6
12	AI_i/o	3-	19
13	-	-	7
14	-	-	20
15	-	-	8
16	-	-	21
17	AO_i/o	0	9
18	AO_i/o	1	22
19	AO_i/o	1M	10
20	AO_i/o	0M	23
-	-	-	11
-	-	-	24
-	-	-	12
-	-	-	25
-	-	-	13

B.9 Schéma zapojení výukového panelu



Příloha C - Schéma zapojení

C.1 Silnoproud



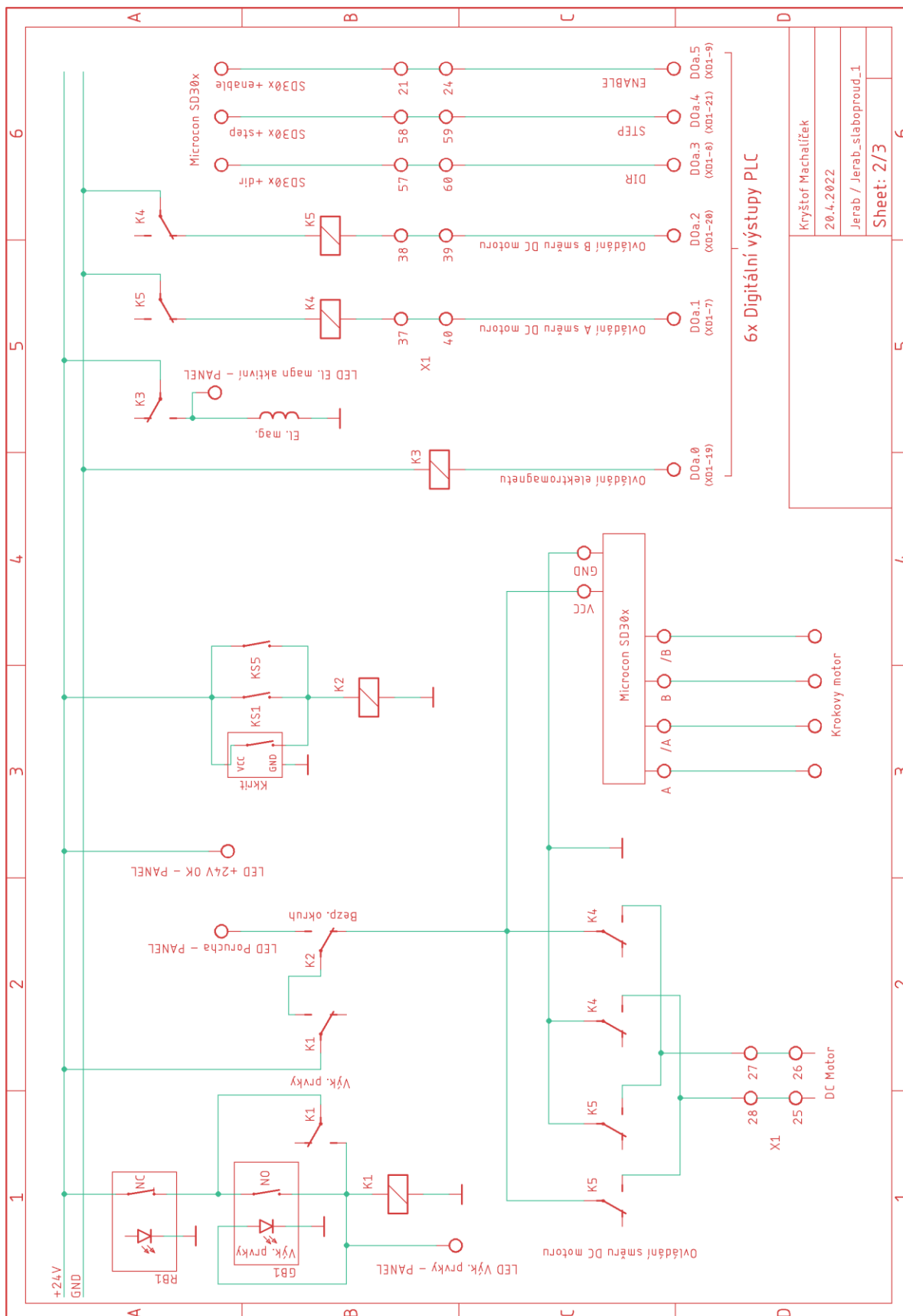
Name: Kryštof Machalíček

Date: 20.4.2022

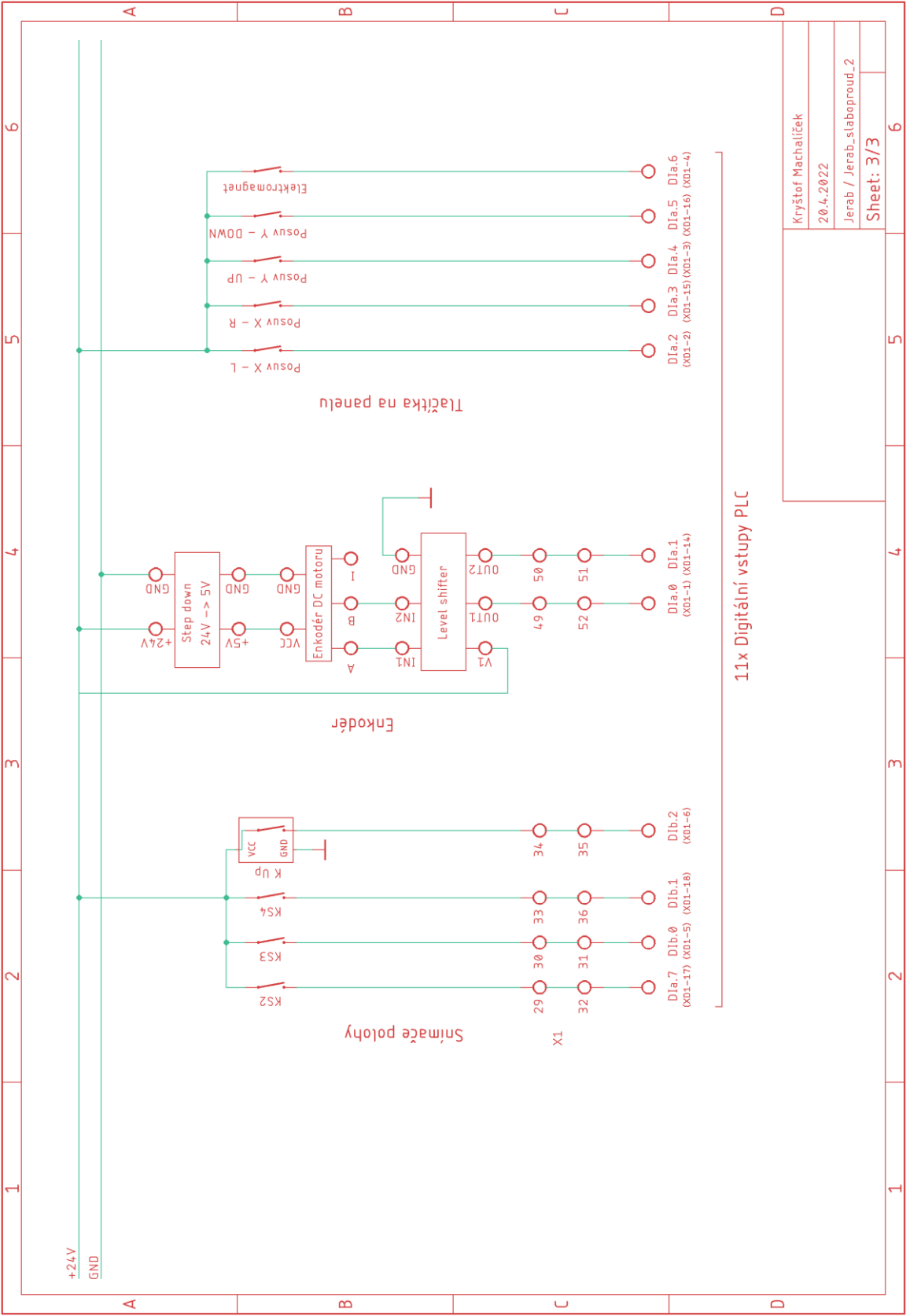
TITLE: Jerab / Jerab_silnoproud

Sheet: 1/3

C.2 Slaboproud část 1.



C.3 Slaboproud část 2.



Příloha D - Obsah přiloženého DVD

ModelA_I – model, schéma pro model A verzi I.

ModelA_II – model, schéma a podklady pro model A verzi II.

ModelB – model pro model B.

Jerab – schémata pro úpravu elektroniky jeřábu

Vypalky – výpalky průhledných panelů

Podklady – podklady dodané vedoucím práce

Program – program pro otestování funkčnosti všech použitých prvků

Component_list – seznam komponentů pro realizaci výukového přípravku A i B

Elektronická verze práce