

Návrh řízení výukového modelu skladovacího pracoviště pomocí PLC foxtrot

Bc. Daniel Stučka



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	Bc. Daniel Stučka
Osobní číslo:	A17370
Studijní program:	N3902 Inženýrská informatika
Studijní obor:	Učitelství informatiky pro střední školy
Forma studia:	prezenční
Téma práce:	Návrh řízení výukového modelu skladovacího pracoviště pomocí PLC Foxtrot
Téma anglicky:	A Proposed Control Design of a Workstation Storage Model Using PLC Foxtrot

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši týkající se elektropneumatických prvků a systémů PLC.
2. Analyzujte výukový model skladovacího pracoviště (VMSP) a vypracujte technickou dokumentaci pracoviště.
3. Navrhněte rozhraní, které umožní připojení k PLC a napište program pro diagnostiku.
4. Vypracujte vzorové zadání laboratorních úloh i s řešením.
5. Vyhodnoťte dosažené výsledky a prodiskutujte možná rozšíření tohoto modelu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. HÄBERLE, Heinz O. Průmyslová elektronika a informační technologie. Přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2003. ISBN 80-86706-04-4.
2. ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace. 1. díl, Základní pojmy, úvod do programování. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-86056-58-9.
3. ŠMEJKAL, Ladislav. PLC a automatizace. 2. díl, Sekvenční logické systémy a základy fuzzy logiky. Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-087-3.
4. BOLTON, W. Programmable logic controllers. Sixth edition. Amsterdam: Newnes, 2015. ISBN 0128029293.
5. MAIXNER, Ladislav. Mechatronika: učebnice. Brno: Computer Press, 2006. ISBN 80-251-1299-3.
6. KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. Školní didaktika. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-571-4.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D.

Ústav řízení procesů

Konzultant:

Ing. Josef Kovář

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

3. prosince 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2019

Ve Zlíně dne 7. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.
garant oboru

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 9. 5. 2019

.. Daniel Stužka, v. r. ..
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Práce se zaměřuje na zprovoznění elektropneumatického výukového modelu skladovacího pracoviště, který bude využíván při výuce automatizace a programovatelných automatů. Součástí práce je vytvořením dosud neexistující technické dokumentace k modelu a také vytvoření základního popisu jednotlivých prvků modelu pro účely výuky. Hlavní částí je oživení a diagnostika celého modelu, které obsahuje ověření funkce jednotlivých komponent a dle požadavků zadavatele, vytvoření nového komunikačního rozhraní, které umožní připojení modelu na externí PLC. Diagnostika je zajištěna programem v jazyce strukturovaného textu, který obsahuje grafický panel s ovládáním a indikací vstupů a výstupů. V práci jsou též navrženy a vypracovány laboratorní úlohy pro účely výuky. Praktický výstup práce bude použit při výuce automatizace na Střední průmyslové škole Zlín.

Klíčová slova: Výukový model, Skladovací pracoviště, PLC, TECO Foxtrot, Zprovoznění

ABSTRACT

Work with a focus on commissioning of an electro-pneumatic model of storage workspace, which will be used in the teaching of automation and programmable logic controllers. Part of the work is the creation of the non-existent technical documentation for the model and also creating a basic description of the individual elements of the model for teaching purposes. The main part is the revival and diagnostics of the whole model, which includes verification of the function of individual components and according to the client's requirements, creation of a new communication interface, which allows the model to be connected to an external PLC. Diagnostics is provided by a program in a structured text language that includes a control panel and an input and output indication. Also, laboratory tasks for teaching purposes are designed and developed. The practical output of the work will be used in teaching automation in high school.

Keywords: Educational model, Storage workplace, PLC, TECO Foxtrot, Commissioning

Rád bych poděkoval panu Ing. Josefu Kovářovi a panu doc. Ing. Jiřímu Vojtěškovi, Ph.D. za odborné konzultace, rady a za pomoc při vedení diplomové práce. Také chci poděkovat Střední průmyslové škole Zlín a jejím zaměstnancům za poskytnutí prostor a vybavení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1 PROSTŘEDKY AUTOMATIZACE.....	10
1.1 ELEKTRICKÉ A PNEUMATICKÉ SIGNÁLY.....	12
1.1.1 Elektrický signál.....	12
1.1.2 Pneumatický signál	12
1.2 ELEKTROMECHANICKÉ A PNEUMATICKÉ AKČNÍ ČLENY	13
1.2.1 Elektromechanické akční členy.....	13
1.2.2 Pneumatické akční členy	14
1.3 PLC.....	15
1.3.1 Mikro PLC	16
1.3.2 Kompaktní PLC	16
1.3.3 Modulární PLC.....	17
1.3.4 Výkonnost PLC	18
1.3.5 Vykonávání programu PLC	18
1.4 PROGRAMOVACÍ JAZYKY.....	19
1.4.1 Instruction List – Posloupnost instrukcí.....	20
1.4.2 Ladder Diagram – Reléové schéma	21
1.4.3 Function Block Diagram	21
1.4.4 Continuous Function Char	22
1.4.5 Structured Text.....	22
1.5 HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI).....	22
2 VÝUKOVÝ MODEL SKLADOVACÍHO PRACOVÍŠTE.....	24
2.1 ELEKTRICKÉ A ELEKTROMECHANICKÉ PRVKY MODELU.....	26
2.1.1 Servopohony	26
2.1.2 Optický snímač.....	29
2.1.3 Snímač barev	30
2.1.4 Snímače indukční	32
2.1.5 Snímače kontaktní	33
2.2 ELEKTROPNEUMATICKÉ A PNEUMATICKÉ PRVKY MODELU.....	33
2.2.1 Zdvih chapadla	34
2.2.2 Mechanické chapadlo.....	34
2.2.3 Elektromagnetické ventily	35
2.3 ZAPOJENÍ PRVKŮ	36
2.3.1 Svorkovnice.....	36
2.3.2 PLC	37
2.3.3 Přímočarý pohon	37
3 DIDAKTICKÁ ČÁST.....	38

3.1	PRÁCE V LABORATOŘI.....	38
3.2	VÝUKA AUTOMATIZACE V LABORATOŘI.....	38
3.3	VÝUKOVÉ MODEL Y	39
3.4	LABORATORNÍ ÚLOHY	39
3.5	BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI (BOZP)	40
4	SOFTWAREVÉ NÁSTROJE.....	41
4.1	AUTODESK EAGLE.....	41
4.2	MOSAIC.....	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST	44
5	TECHNICKÁ DOKUMENTACE VMSP.....	45
5.1	ZPRACOVÁNÍ	45
5.2	POZNÁMKY K DOKUMENTACI	53
6	KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ	55
6.1	NÁVRH DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ KOMUNIKAČNÍHO ROZHRANÍ	56
6.2	VÝROBA DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ KOMUNIKAČNÍHO ROZHRANÍ	58
6.3	PŘIPOJENÍ KOMUNIKAČNÍHO ROZHRANÍ K MODELU A PLC.....	60
6.4	DIAGNOSTIKA PŘIPOJENÍ PLC K MODELU.....	61
7	NÁVRH LABORATORNÍCH ÚLOH	66
7.1	LABORATORNÍ ÚLOHA 1.	66
7.2	LABORATORNÍ ÚLOHA 2.	68
7.3	LABORATORNÍ ÚLOHA 3.	69
7.4	LABORATORNÍ ÚLOHA 4.	70
8	ROZŠÍŘENÍ VÝUKOVÉHO MODELU	71
8.1	PODAVAČ	71
8.2	PANEL	73
8.3	TLAČÍTKA A PŘEPÍNAČE	74
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	77
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	81
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM TABULEK.....	85
	SEZNAM ZDROJOVÝCH KÓDŮ	86
	SEZNAM PŘÍLOH.....	87

ÚVOD

Tato práce se zabývá zprovozněním výukového modelu skladovacího pracoviště od společnosti Stroza. Cílem je možnost řídit tento model pomocí PLC Tecomat Foxtrot. Jedná se o elektropneumatický manipulační systém uzpůsobený pro výuku automatizace. Tento systém nebyl ovšem využíván, jelikož obsahoval nestandardizované PLC, které bylo pro výuku nevhodné. Také nebyla od pořízení ověřena funkce modelu, jelikož se v laboratoři pracuje s vybranou třídou PLC, které umožňují, na rozdíl od vestavěného, využít všech typů standardizovaných jazyků podle normy Codesys. Dále model neobsahoval jakoukoli dokumentaci, kromě základního popisu a nákresu.

Teoretická část této práce se zabývá tématem automatizace a jejích prostředků v oblasti elektrické a pneumatické. Též tématem programovatelných automatů, jejich funkcí, standardizovanými programovacími jazyky a možnostmi komunikace a interpretace dat. Tato část rovněž obsahuje celkovou analýzu výukového modelu včetně analýzy jednotlivých prvků, které model obsahuje. Pro účely tvorby úloh je obsažena i didaktická část obsahující zásady pro práci v laboratoři a tvorbu laboratorních úloh. Poslední kapitolou v této části je jednoduchý popis použitých softwarových nástrojů.

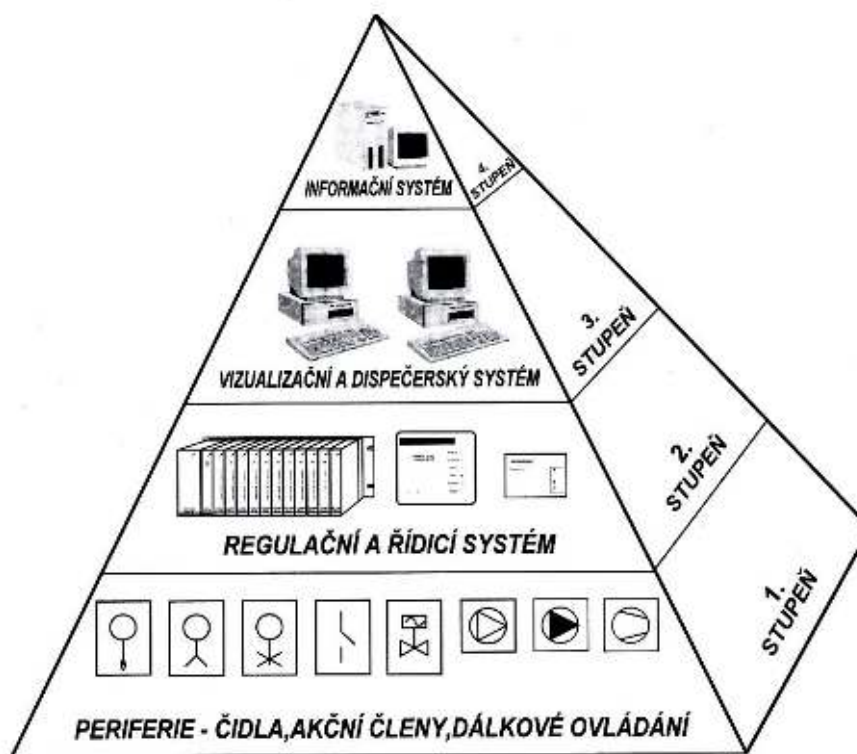
Praktická část popisuje tvorbu částí technické dokumentace modelu, včetně popisu metod analýzy modelu. Kromě toho popisuje návrh a výrobu komunikačního rozhraní společně s popisem vsazení do modelu a úplné diagnostiky funkce modelu, pomocí diagnostického softwaru, po připojení k PLC Foxtrot. V této části je také popsána tvorba laboratorních úloh v souladu s didaktickými zásadami. Ty poslouží pro žáky při práci s tímto modelem ve výuce. Závěrem byla popsána možná rozšíření modelu, která by bylo vhodné aplikovat, aby model působil uceleným a plnohodnotným dojmem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROSTŘEDKY AUTOMATIZACE

Automatické řízení postupně omezuje účast člověka na fyzické stereotypní práci, procesu řízení, práci s komplikovanými stroji a apod. Následkem je vyloučení lidského faktoru, zvýšení produktivity a přesnosti, úbytek fyzické námahy, možnost práce v prostředích pro člověka nemožných nebo zatím nedosažitelných. Automatizace je v krátkodobém hledisku finančně nákladná na prostředky, ovšem dlouhodobě se investice ve většině případů vrátí.

Prostředkem automatizace je myšlen jakýkoli prvek, podílející se na funkci automatizovaného systému. Tento systém je možné rozdělit na subsystémy (stupně) podle integračního čtyřvrstvého modelu. Stupně se dělí sestupně na informační systém, vizualizační a dispečerský systém, regulační a řídicí systém a nejnižší periferie.



Obrázek 1 Čtyřvrstvé uspořádání integrovaného systému výrobního podniku [1]

Obrázek 1 zobrazuje integrační uspořádání systému podniku v pořadí od čtvrtého informačního stupně, který bývá realizován běžnou podnikovou informační sítí běžnými PC a zobrazovacími rozhraními. Účel tohoto stupně je pouze prezentovat informace z nižších stupňů. Data z tohoto stupně mohou být dále analyticky zpracována.

Nižším stupněm, který také bývá připojen do podnikové sítě je vizualizační a dispečerský, který obsahuje běžná PC a zajišťuje vizualizaci a dokumentování procesů. Data v tomto stupni jsou využita pro ovládání a dispečerské řízení. V podniku se tento stupeň může fyzicky nacházet například ve velínech nedaleko automatizovaného systému pro případ nutného zásahu do systému. U předchozího stupně je naopak vyžadováno, aby bylo možné data získat kdekoli. [1]

Na 2. stupni se nahází běžné řídicí systémy jako je programovatelný logický kontrolér PLC, regulátory, průmyslové počítače IPC. Stupeň zabezpečuje regulaci a řízení nejnižšího stupně. Ten obsahuje periferní přístroje, akční členy, senzory a jiné.

Podle schématu (Obrázek 1) mohou být seřazeny i distribuované systémy. Ale místo hlavního jediného řídicího systému je řídicí systém nahrazen subsystémy s vlastními kompetencemi a vlastním řešením lokálních problémů. Informace týkající se fungování celého systému, globální, jsou předávány subsystémy do celého systému. I tomuto souboru subsystému je možné nadřadit jiný systém například jako u integrovaného systému.

V případě jednoduchých distribuovaných systému je možné využít jen nejnižšího stupně, kde chytré prvky komunikují mezi sebou pomocí jednoduchých komunikačních protokolů. Tím může být docíleno snížení nákladů na systém, dokumentace, složitosti, zvýšení jeho spolehlivosti, urychlení instalace díky vyššímu počtu pracovníků a distribuci práce. Topologie v takovýchto systémech může být realizována ve formátu „mash“, tedy komunikovat může každý subsystém s každým, být více autonomní a při výpadku nějakého ze subsystému nemusí nastat kolaps systému celého.

V takovémto případě se na nejnižším stupni využívají chytré prvky, které mohou sdružovat i více funkcí jako jsou senzory, akční členy, regulátory a pracovat s různými fyzikálními veličinami. Zatímco u senzorů je potřeba snímat nejrozumnější fyzikální veličiny, regulace a ovládání a s nimi spojené akční zásahy probíhají v běžných automatizovaných systémech za pomoci tří veličin: Elektrické (napětí a proud), hydraulické (tlak kapaliny) a pneumatické (tlak plynu).

1.1 Elektrické a pneumatické signály

Při řízení je potřebné předávat informaci v systému, aby mohlo dojít k regulaci. Toto předávání informace probíhá pomocí standardizovaných typů signálů. Ty se v základu dělí na digitální a analogové a je možné měnit jeden na druhý pomocí Analog/Digital a Digital/Analog převodníků.

Signály je možné prezentovat procentuálně jako elektrický proud nebo jako tlak v pneumatickém systému ať už analogově 0-100 nebo digitálně 0 (log. 0) a 100 (log. 1). Příklad reprezentace signálu je zobrazen v Tabulce 1.

Tabulka 1 Příklady hodnot maxima a minima signálu jednotlivých veličin [12]

Podíl [%]	0	100
Proud [mA]	4	20
Pneumatický tlak [Bar]	0,2	1,1

1.1.1 Elektrický signál

Výstupní signál je u elektrických systémů elektrický proud při daném napětí, který je přímo úměrný proměnné v systému. Standardizovaný rozsah je 4–20 mA. Vysílač signálu začíná, při hodnotě 0 % na 4 mA. Tato hodnota je nazývána živá nula a slouží jako prevence poruchy nebo odpojení vysílače.

Výhodou je snadná komunikace a využívání komunikačních protokolů a sběrnic.

Nevýhodou jsou složitější elektromechanické akční členy a oproti pneumatickému signálu nutnost dbát na elektromagnetickou kompatibilitu a susceptibilitu.

1.1.2 Pneumatický signál

Výstupní signál je u pneumatických systému tlak vzduchu, jehož velikost je přímo úměrná sledované proměnné v procesu. Standardizovaný rozsah je 0,2 – 1,1 Bar. Vysílač signálu začíná na 0,2 Baru (20 kPa), zde je hodnota 0 % a jedná se také o živou nulu. Při hodnotě 100 % je tlak vzduchu mezi 1 a 1,1 Bar (100).

Výhodu tohoto signálu je bezpečnost (oproti elektrickému, nehrozí elektrický úraz nebo jiskry) a jednoduchost akčních členů, které systém ovládá. Nevýhodou signálu je vliv teploty na tlak vzduchu a možné úniky tlaku vedením. [12]

1.2 Elektromechanické a pneumatické akční členy

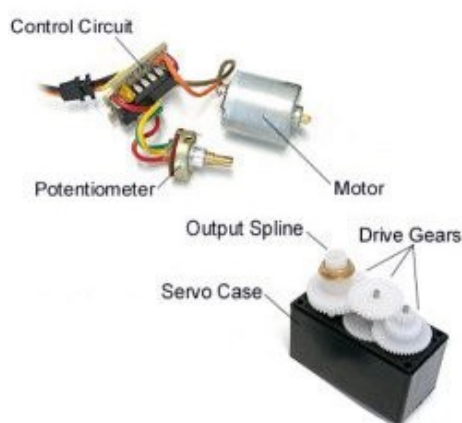
Akčními členy jsou výkonové převodníky, které realizují převod vstupní (řídící) veličiny na mechanický výstup v případě mechatronické soustavy. Tato podkapitola se bude zabývat pouze elektromechanickými a pneumatickými akčními členy. Oba z uvedených typů mají své výhody, nevýhody a omezení. Ovšem vzájemná kombinace může přispět ke zlepšení vlastností systému oproti systému pouze s jedním typem.

1.2.1 Elektromechanické akční členy

Jedná se o nejvýznamnější skupinu výkonových převodníků. Realizují převod signálů řídicí soustavy na akční mechanickou veličinu jako je posun, síla, moment otáčky a další. Základ takového akčního členu je převod elektrické energie na mechanickou. Elektromechanické akční členy je možné podle typu přeměny energie rozdělit na:

- Akční členy s magnetickým polem
- Akční členy s elektrickým polem
- Akční členy piezoelektrické (vlastnosti materiálů pevné fáze)

Pravděpodobně nerozšířenější skupinou jsou akční členy s magnetickým polem využívané v převodnicích s translačním pohybem, rotačním pohybem, servomotory a velkým výstupním momentem. To je zajištěno samotnou vlastností převodu pomocí magnetického pole, kde je převáděna energie o velké hustotě a na výstupu lze získat velký silový účinek. [2]



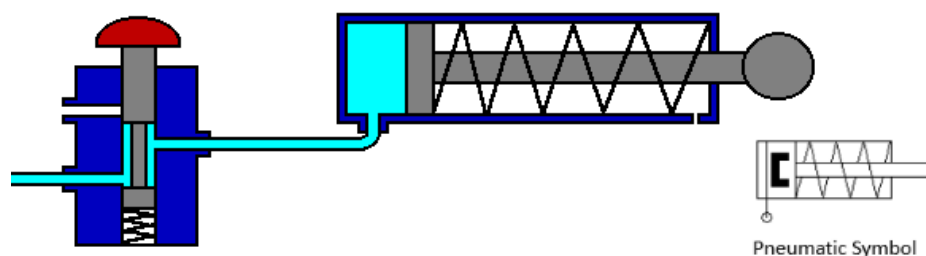
Obrázek 2 Příklad servomotoru (vpravo) a vnitřních komponent (vlevo) [8]

Příkladem akčního členu s magnetickým polem je servomotor. Na rozdíl od běžného motoru slouží k přesnému řízení natočení a počtu otáček. Je ovládán pulsně šířkovou modulací, kde velikostí střídý je určena rychlost a směr otáčení.

Skládá se ze stejnosměrného motoru (pro menší aplikace), potenciometru nebo inkrementálního senzoru a řídicího obvodu. Komponenty servomotoru vyobrazuje Obrázek 2.

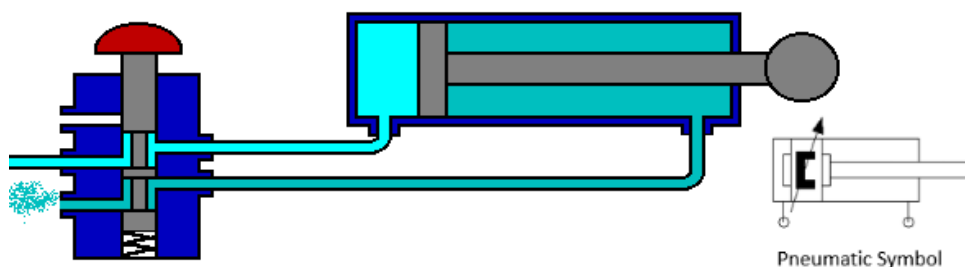
1.2.2 Pneumatické akční členy

Pneumatické akční členy převádějí tlak na sílu nebo výchylku. Podle pohybu vstupního prvku je možné je rozdělit na posuvné, kyvné a rotační. Pravděpodobně nejpoužívanějším pneumatickým akčním členem v oblasti manipulační techniky je dvupolohový pístový pohon, který bývá vyráběn jako dvojčinný nebo jednočinný s vratnou pružinou. Hlavními vlastnostmi pohonu jsou velký zdvih, značná výstupní síla, robustnost a spolehlivost.



Obrázek 3 Jednočinný dvupolohový pístový pohon s vratnou pružinou [3]

Z Obrázku 3 je patrné, že stlačením šoupátka dolů dojde k uvolnění cesty ze spodního levého ventilu do pístu. Tlak začne píst vysouvat až do koncové polohy. Po uvolnění šoupátka zpět nahoru dojde k uzavření původní cesty a otevření nové do levého horního ventilu s tlakem nižším než v pístu. Tím dojde k uvolnění tlaku z pístu a posunutí zpět do výchozí polohy.

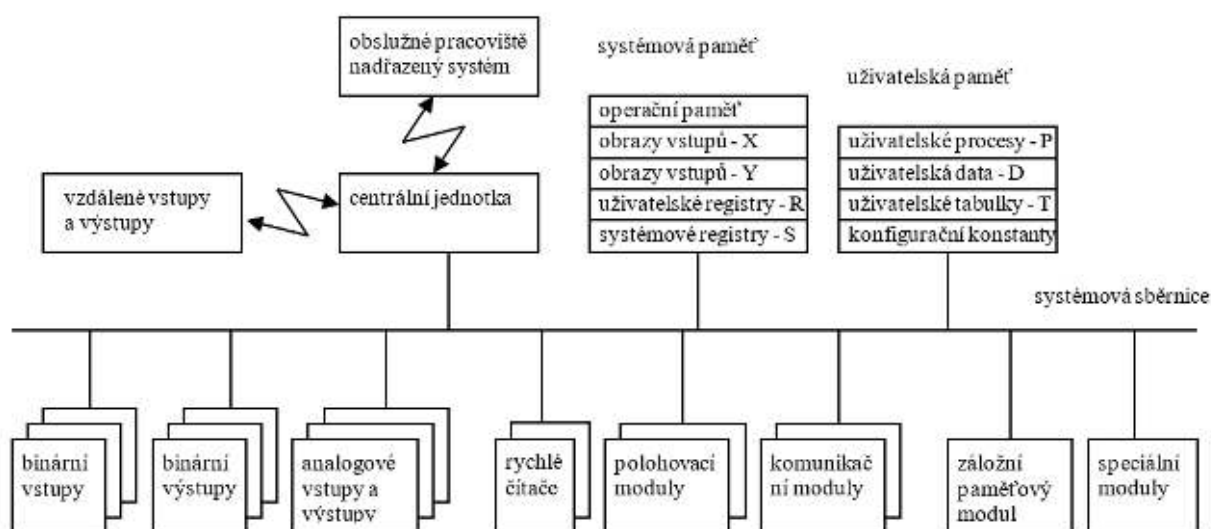


Obrázek 4 Dvojčinný dvupolohový pístový pohon [3]

Princip pístového pohonu z Obrázku 4 je podobný pohonu na Obrázku 3, liší se pouze v principu zpětného zajetí pístu do výchozí polohy. Zde je využito šoupátko se dvěma komorami, které v obou svých polohách otevírá dvě cesty. V každé poloze je využit prostřední levý ventil s tlakem vyšším, který dle zvolené polohy posouvá pístem doprava nebo doleva na základě uvolnění výpustního ventilu (s tlakem nižším).

1.3 PLC

Programovatelný automat, PLC, je programovatelný řídicí systém cílený na technologické, průmyslové aplikace a třeba i úlohy logického typu. PLC je náhradou logiky, která využívala jako logické členy relé. Z nich vyráběné obvody řešily daný logický problém. Takovéto obvody byly cíleny na konkrétní problém a změna „programu“ vedla k fyzickým změnám v obvodu. Právě absence fyzického zásahu do obvodu při změně programu je hlavní výhodou PLC.



Obrázek 5 Blokové schéma vnitřní struktury PLC [1]

Blokové schéma PLC (Obrázek 5) zobrazuje vnitřní uspořádání jednotlivých částí PLC. Je patrné rozdělení, které vychází ze schématu osobního počítače, a tedy i z harvardského modelu. K tomuto „základu“ jsou přidány periferie a funkce, které tento počítač přizpůsobují pro aplikace automatizace. Běžný osobní počítač nedosahuje především takové odolnosti a spolehlivosti jako PLC kde tato odolnost činí okolo 40 tisíc hodin, což je udáváno jako střední čas mezi poruchami (MTBF).

Rovněž se PLC odlišuje velkým počtem vstupů a výstupů, které lze u některých druhů rozšiřovat. Dále jsou to moduly určené pro aplikace v automatizačních procesech, jako je rychlé čítání, komunikace externími sběrnicemi, vzdálená komunikace, práce s analogovými hodnotami, převodníky, časovače, paměti, polohování a podobně. Tyto moduly mohou být v PLC integrovány nebo mohou být rozšířením základního modulu.

Programovatelné automaty je tedy možné rozdělit podle modularity na:

1.3.1 Mikro PLC

Malé, levné, kompaktní PLC bez možnosti rozšíření. Prakticky pevná sestava s daným počtem vstupů, výstupů, které jsou běžně pouze binární. Z pohledu uživatele je potřeba zvolit vhodný model, který i s rezervami pokryje jeho nároky. Mikro PLC, vyobrazeno na Obrázku 6, je možné aplikovat například na jednoduché stroje a mechanismy, které bylo možné řešit reléovou logikou, případně jednoduché domácí automatizační úlohy. Například lze Mikro PLC využít v tzv. Internetu věcí (IoT). Ovšem pro tyto účely mohou zkušenější uživatelé využít i jiné levnější platformy jako je například STM32 Nucleo, Arduino a jiné.



Obrázek 6 Příklad Mikro PLC s montáží na DIN do rozvodnice [6]

1.3.2 Kompaktní PLC

Na rozdíl od Mikro PLC nabízejí Kompaktní PLC určitou a omezenou variabilitu ve volbě konfigurace. Uživatel má možnost připojit k základnímu modulu několik přídatných modulů z omezené nabídky. Někteří výrobci tyto moduly realizují zásuvnými kartami (moduly) takzvanými piggyback (přídavek), které jsou řešeny jako malý plošný spoj s integrovanými obvody a konektorem. [1]

Kompaktní PLC jsou často využívány v aplikacích, kde je zapotřebí větší výkon než u Mikro PLC, mikrokontrolérů nebo reléové logiky. Výhodou jsou zde nižší pořizovací náklady a dostatečný výkon pro automatizační úlohy jednoduššího charakteru. Nevýhodou naopak může být omezená paměť v případě užití na složitější úlohy a rovněž nemožnost základního rozšíření některých modelů, ovšem to už je opět věcí uživatele.



Obrázek 7 Příklad Kompaktního PLC pro domácí aplikace [4]

PLC (Obrázek 7) je kompaktní model Saia PCD1.Room určený pro domácnosti, obytné domy a automatizační úkoly menších rozměrů. Výrobce tento model vyrábí ve více verzích, například verzi s Ethernet TCP/IP, s Ethernet TCP/IP a rozšířenou paměťní, s Ethernet TCP/IP pro využití v chytré domácnosti (Obrázek 7). Volba verze už záleží na konkrétní aplikaci nebo uživateli.

1.3.3 Modulární PLC

Modulární PLC nabízejí uživateli asi největší volnost ve volbě konfigurace. Počty a druhy modulů, které výrobci u Modulárních PLC nabízejí je velký. Zde uživatel přizpůsobuje plně potřebám svého úkolu.

Modularita může být zajištěna moduly na společné fyzické sběrnici, zásuvnými kartami, pomocí ethernetu s protokolem TCP/IP nebo bezdrátově, například přes Bluetooth. Některé z těchto technologií, převážně bezdrátové, snižují “reakceshopnost” (odezvu) systému na změnu, protože u nich vzniká zpoždění při komunikaci. Například při přenosu více informací může vznikat omezení přenosovou rychlostí. Z toho je možné určit nutnost připojení zásadních periférií přímo do základního modulu nebo do přídatného modulu na dostatečně rychlé sběrnici.

Náklady na pořízení jsou zde vyšší než u předchozích kategorií. Na druhou stranu u těchto PLC je zajištěn velký výpočetní výkon, dostatek paměti a díky modularitě je PLC snadno rozšiřitelné nebo opravitelné.



Obrázek 8 Příklad Modulárního PLC Tecomat edice Foxtrot [5]

U tohoto příkladu (Obrázek 8) není patrná komunikační sběrnice, která je integrována přímo do modulů. Jejich spojením dojde i ke spojení konektorů sběrnice. Nutné je jen nastavit ručně adresu každého modulu. U PLC Tecomat Foxtrot CP-1014 (Obrázek 8) je možné připojit deset modulů.

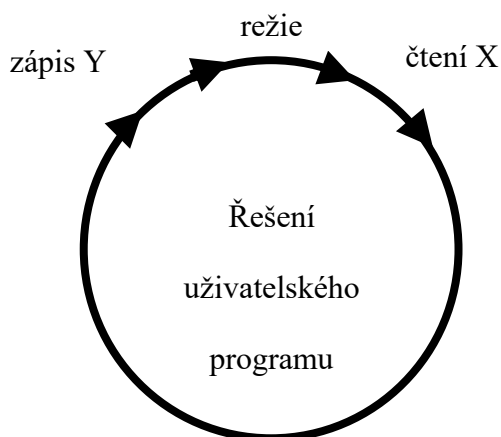
1.3.4 Výkonnost PLC

Výkonnost PLC se nejvíce posuzuje podle doby vykonání instrukcí, kde obvyklá hodnota bývá v řádu jednotek mikrosekund na instrukci, někdy i méně. Ovšem údaje uváděné výrobcí pravděpodobně odpovídají nejzákladnějším logickým instrukcím a je třeba je brát s rezervou. Dále se systém schopen vykonávat i složitější instrukce jako jsou funkční bloky, zpracovávání souborů a různých datových struktur. V případě nutnosti rychlé odezvy systému lze na PLC realizovat přerušení nebo multiprogramování. [7]

Výkonost celého systému bude tedy záviset na převažujícím typu úlohy a na použitých prostředcích, optimalizaci programu a celkově využívání předdefinovaných systémových služeb.

1.3.5 Vykonávání programu PLC

Program pro PLC je sekvence instrukcí a příkazů stylizovaných před překladem ve formě programovacího jazyka. PLC vykonává program v nekonečné smyčce se kterou musí programátor počítat. Smyčka je hlídána, aby nesetřvala dlouhodobě v programu (například vnitřní zacyklení). V takovém případě je vyhlášeno překročení doby cyklu a dochází k ukončení programu.



Obrázek 9 Cyklus vykonávání programu PLC

Schématický cyklus na Obrázku 9 začíná čtením vstupů a vykonáním uživatelského programu. Po ukončení uživatelského programu dochází k takzvané otočce cyklu, kterou si systém řeší sám. Prvně dochází k aktualizaci hodnot vstupů a výstupů v programu. Hodnoty obrazů výstupů (registry Y) jsou přepsány do registrů výstupních periferních modulů. Následně se aktualizují časové údaje pro časovače, systémové registry, ošetří komunikace a provedou další režijní úkony. Závěrem režii se hodnoty na vstupních modulech nahrají do paměti obrazů vstupů (registry X). Po skončení režijních úkonů (otočce cyklu) je řízení předáno zpět první instrukci uživatelského programu, úvodnímu procesu.

V případě PLC od výrobce TECOMAT je procesem myšlen zápis kódu mezi začáteční označení procesu P0 a ukončovací E0. U TECOMATu je úvodním procesem P0 (ihned po otočce), P64 (poslední před otočkou) je procesem závěrečným. Procesy P1-P9 mají aktivaci podmíněnou posloupnosti nebo časem. P10-40 jsou uživatelské procesy, které aktivuje programátor. P41-P44 jsou aktivovány jako odezva na přerušení. Je ovšem možné celý program zapsat do procesu P0. Takto nestrukturovaný zápis je vhodný opravdu jen v jednoduchých aplikacích. [1]

1.4 Programovací jazyky

V oblasti programování průmyslových zařízení nebývají využívány běžné jazyky pro programování, především jazyky objektového typu. U průmyslových zařízení je cíleno převážně na přesnost, spolehlivost a funkčnost. Jsou tedy využívány jazyky nižších úrovní, u kterých je možné přesně definovat operace, které budou vykonány. Tyto jazyky neobsahují automatické funkce, jako může být například automatická správa paměti nebo podpora více vláken. Využívají co nejvíce přímých přístupů k perifériím, paměti a ovládacím prvkům z důvodu zachování přímé kontroly nad řízením procesu.

U programovatelných automatů jsou základní programovací režimy (jazyky) standardizovány a definovány normou IEC 61131-3. Norma je označována také jako CoDeSys (Controlled Development System), což je univerzální vývojové prostředí pro PLC (implementující normu), bez ohledu na hardware, na kterém je program překládán a spouštěn.

Programové prostředí pro Teco (Mosaic) tuto normu implementuje a je tedy možné uvést příklady z prostředí Mosaic. [10]

Norma definuje následující režimy (jazyky):

- IL – Intruction List, posloupnost instrukcí
- ST – Structured Text, strukturovaný programovací jazyk (obdoba C, Pascal ...)
- LD – Ladder Diagram, reléová schémata
- SFC – Sequential Function Chart, vývojový diagram
- FBD – Function Block Diagram, schéma funkčních bloků
- CFC – Continuous Function Char, volně propojitelné bloky [9]

Jazyky definované normou IEC 61131-3 jsou v následujících podkapitolách podrobněji rozepsány

1.4.1 Instruction List – Posloupnost instrukcí

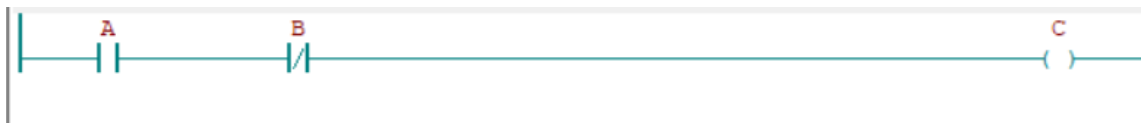
Jedná se o základní zápis programu pomocí instrukcí. Je podobný jazykům určeným k programování mikropočítačů, jako je například Assembler. Program se skládá z posloupností základních operací jako je ku příkladu nahrání hodnoty ze vstupu (LD), sčítání (ADD), přesouvání (MOV) nebo Logické operace (OR, AND ...). Tento jazyk umožňuje naprostou kontrolu nad fungováním a strukturou programu. Tedy umožňuje také ve velké míře optimalizovat velikost a rychlost programu, protože naprosto vše řeší programátor. Nevýhodou může být nepřehlednost při programování složitých celků a též nutná znalost velkého množství příkazů. Jazyk je tedy vhodný pro vytváření malých, přesných, funkčních celků, kde je nutná přesná posloupnost příkazů nebo rychlost dané činnosti. Například přesná práce s pamětí nebo logické operace AND vyobrazená na Obrázku 10.



Obrázek 10 Ukázka jazyka IL – součin A a negace B, výsledek zapsán do C

1.4.2 Ladder Diagram – Reléové schéma

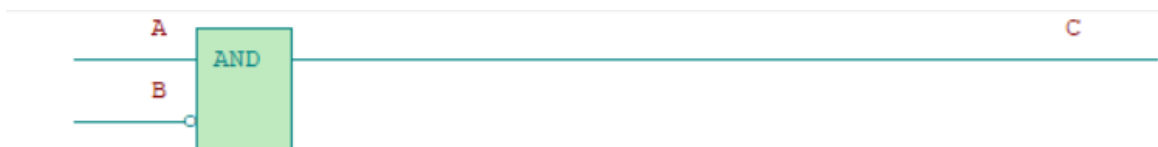
Tento grafický jazyk reléových schémat se využívá především u PLC, která neimplementují CoDeSys (IEC 61131-3). Jedná se o grafické znázornění jazyka posloupnosti instrukcí (IL), kde jsou operace vyobrazeny jako posloupnost propojených ovládacích kontaktů relé s náročnějšími příkazy a funkcemi. Výhodou tohoto jazyka je jasná definice posloupnosti, která nemůže být graficky narušena, a tedy i přeložený program nelze syntakticky narušit. Není nutné si pamatovat velké množství příkazů a lze tedy programovat rychleji. Tento jazyk se ovšem hodí spíše na menší aplikace typu operace AND na Obrázku 11.



Obrázek 11 Ukázka jazyka LD – součin A a negace B, výsledek zapsán do C

1.4.3 Function Block Diagram

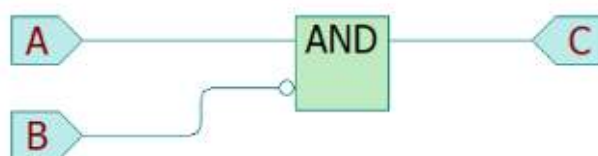
Schéma funkčních bloků je podobný reléovým schémátům, ovšem umožňuje práci s pokročilými bloky, které mohou reprezentovat veškeré funkce vývojové prostředí a také vlastní uživatelské funkce. Na rozdíl od LD jsou tedy logické funkce jako OR reprezentovány blokem se dvěma vstupy a není nutné je fyzicky realizovat na linii. Program je organizován jako u LD (viz. Obrázek 12), což udržuje přehlednost. Převážně se využívá u aplikací s větším počtem vstupů a výstupů. V případě složitých algoritmů nebo práci se znaky ovšem není vhodný.



Obrázek 12 Ukázka jazyka FBD – součin A a negace B, výsledek zapsán do C

1.4.4 Continuous Function Char

Grafický jazyk volně propojitelných bloků umožňuje volné programování bez nutnosti striktního rozložení bloků. Bloky je možné volně skládat a propojovat podle potřeb programátora nebo například dle hardwarového schématu. Při odpovídajícím rozložení může být program velmi přehledný, převážně při sledování „toku“ signálu schématem a regulačními celky, které obsahují zpětnou vazbu. I tento jazyk není vhodný pro složité algoritmy, jejichž princip se může na plné ploše ztrácet. Příkladem funkce AND v jazyce CFC je Obrázku 13.



Obrázek 13 Ukázka jazyka CFC – součin A a negace B, výsledek zapsán do C

1.4.5 Structured Text

Strukturovaný text je programovací jazyk vyšší úrovně připomínající syntaxí Pascal nebo C. Zápis v tomto jazyce je vhodný pro práci s daty, databázemi nebo znakovými řetězci. Dále je vhodný pro rozsáhlejší aplikace využívající funkce a podprogramy. Nevýhodou je zhoršení přehlednosti „toku“ oproti grafickým jazykům.

Ukázka jazyka ST:

`C := A AND NOT B;` (příkaz – do C zapiš A součin negace B)

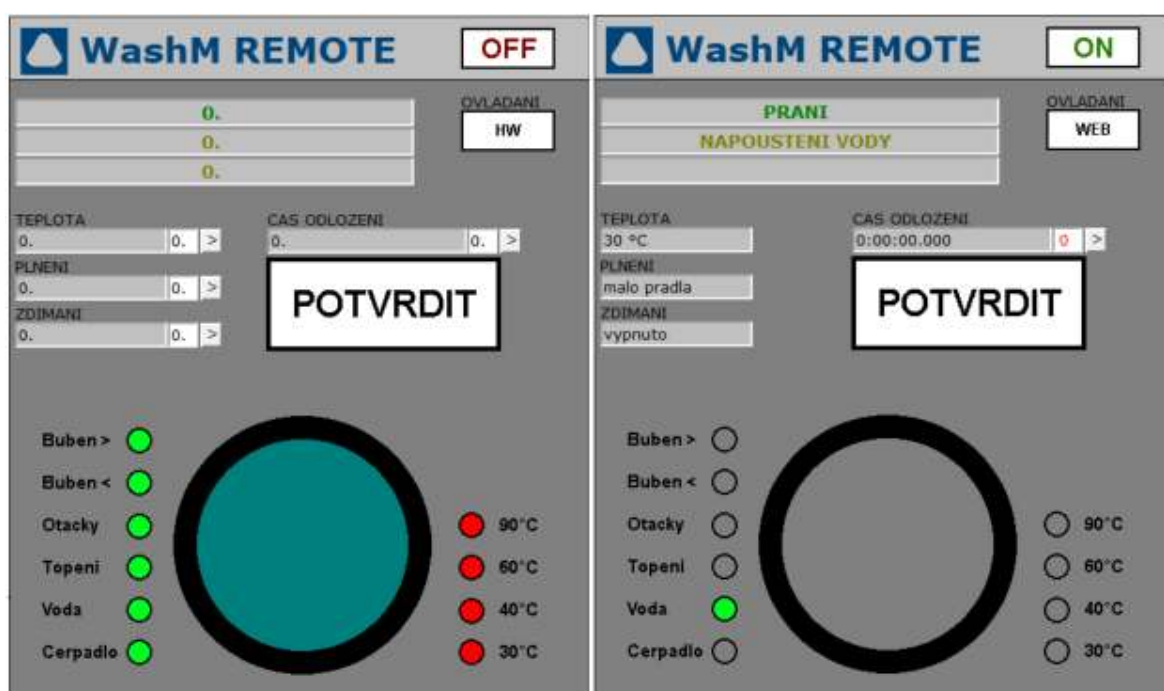
Pro optimalizaci a přehlednost celkového programu je vhodné neprogramovat celou aplikaci v jediném jazyce, ale například využít jednodušší jazyk pro přesné a rychlé funkce.

1.5 Human-Machine Interface (HMI)

Jedná se o uživatelské prostředí, které propojuje člověka a zařízení nebo systém. Termín, která je používán převážně v průmyslu, označuje jakékoli zařízení, umožňující interakci člověka se strojem. Někdy bývá označováno také jako MMI (Man-Machine interface), OI (Operator Interface) a též jako GUI (Graphic User Interface), které bývá pouze součástí HMI jako grafické zobrazení. HMI může být využita například jako vizualizace dat, monitorování procesů, sledování Vstupů/ Výstupů nebo grafické znázornění systému.

HMI může být reprezentováno ve formě obrazovky na stroji, přes počítač nebo například webovou stránku. Může umožňovat sledování, ovládání nebo regulaci. Běžně HMI je spojeno s programovatelnými automaty pro zobrazení hodnot a proměnných. Může tak nahrazovat ovládací panel, a to i ve funkcích jako je vypisování grafů, alarm nebo spojení se SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) a to vše v reálném čase.

Zatímco se HMI soustředí na vizuální prezentaci informací, za účelem uživatelského dozoru a kontroly. SCADA systémy slouží ke sběru dat a samotnému řízení operací. HMI oproti SCADA tedy informace neukládá a nepracuje s databázemi. [11] Na Obrázku 14 je ukázána i možnost grafického přizpůsobení pracovního prostředí.



Obrázek 14 Ukázka HMI/SCADA systému pro ovládání pračky přes webový prohlížeč (vlevo neaktivní, vpravo aktivní)

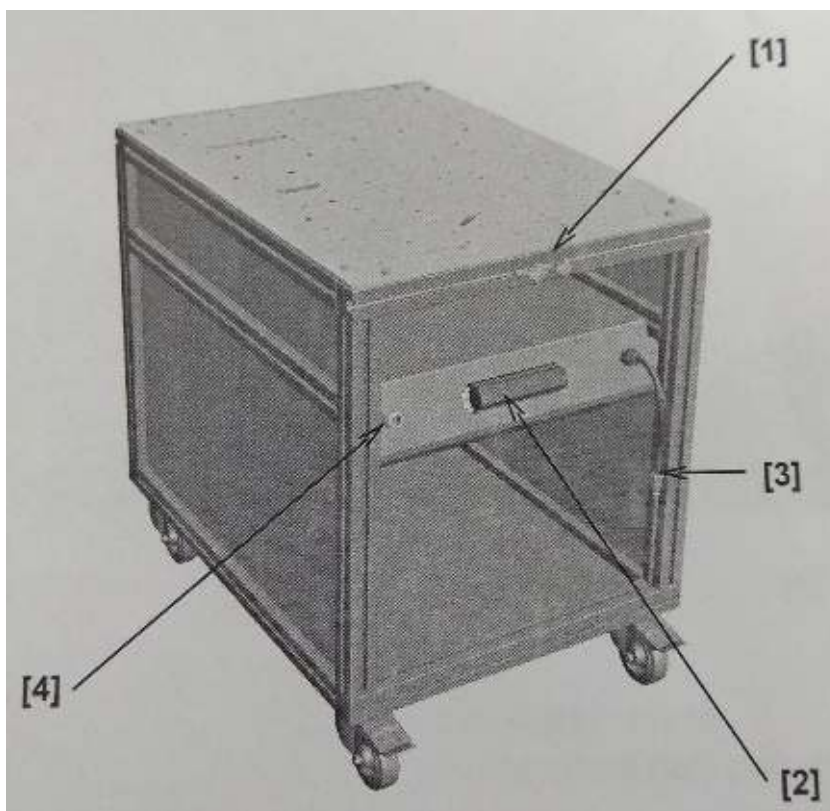
2 VÝUKOVÝ MODEL SKLADOVACÍHO PRACOVÍŠTE

Výukový model skladovacího pracoviště (VMSP) je učební pomůcka zaměřená na praktickou výuku v laboratořích u oborů jako je například automatizace. Cílem tohoto modelu je umožnit žákům programovat automatizační celek, který využívá součástky používané v reálných automatizačních procesech. Neobsahuje tedy jakékoli prvky výukových sad. K modelu není dostupný návod pro žáky, technická dokumentace nebo například metodické listy. Důvodem může být původní odběratel, kterým měla být Technická univerzita Ostrava. Model nebyl původně tedy koncipován pro středoškolské prostředí.

Výrobce, kterým je Stroza s.r.o, popisuje model jako:

„Učební pomůcka zaměřená na oddíl mechatroniky. Celá koncepce je postavena na principu stavebnice. Základ pracoviště tvoří jednotná skříňka z hliníkových profilů na pojezdových kolečkách. Pracoviště je možno používat samostatně nebo kombinovat s jiným.

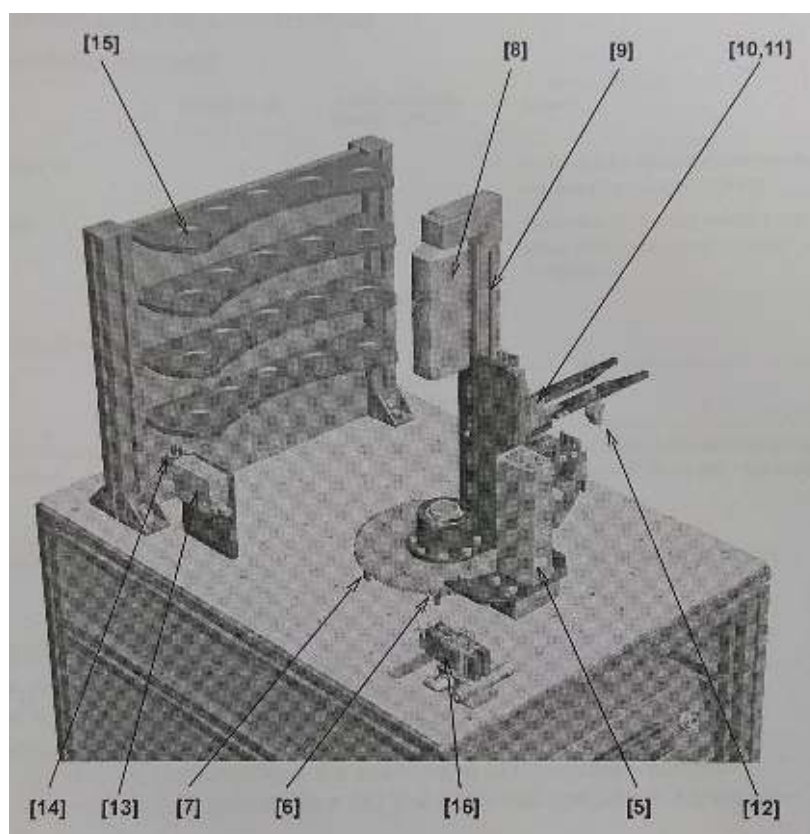
Hlavní část skladovacího pracoviště je manipulátor tvořený dvojicí servopohonů s mechanickými chapadly, pomocí kterých může řadit předměty z předchozího pracoviště dle barvy nebo mechanických vlastností do čtyřpatrového skladu.“ [13]



Obrázek 15 Skříňka (kostra) s kolečky na které je model sestaven [13]

Kostra skřínky na Obrázku 15 je tvořena hliníkovými profily mezi kterými jsou plastové výplně a horní železná pracovní perforovaná deska. V zadní části skřínky se nachází elektrorozvaděč.

Výrobce skřínku vybavil pojezdovými kolečky a posuvnými zarážkami, značenými na Obrázku 15 číslem (1), pro spojení s dalším pracovištěm. Dále svorkami s výstupními signály (2), vsuvkou pro připojení tlakového vzduchu (3) a spojkou pro pneumatické propojení s dalším pracovištěm (4).



Obrázek 16 Procesní část v nákresu výrobce [13]

Na obrázku 16 jsou výrobcem označeny prvky č.:

- 5 – Servopohon pro rotaci manipulátoru 180°
- 6 – Indukční snímač pro výchozí polohu servopohonu rotace
- 7 – Indukční snímač určující výchozí polohu servopohonu svislého pohybu manipulátoru
- 8 – Servopohon pro svislou manipulaci
- 9 – Přímočarý pohon se čidlem pro výchozí polohu servopohonu svislého pohybu
- 10 – Pneumatický válec se zdvihem 30 mm s čidly v koncových vertikálních polohách
- 11 – Mechanické chapadlo s čidly v koncových horizontálních polohách
- 12 – Optický snímač volné skladovací pozice
- 13 – Snímač barev předmětu

14 – Snímač magnetických vlastností předmětu

15 – Čtyři patra skladu, každé s pěti skladovacími pozicemi

16 – Blok s elektromagnetickými ventily

Model využívá elektrické i pneumatické vedení. Pneumatické vedení je učeno pro část efektoru, který provádí úchop předmětu. Elektrické vedení slouží pro napájení, ovládání elektromechanických prvků a komunikaci s využitím komunikačních protokolů.

2.1 Elektrické a elektromechanické prvky modelu

Model je vybaven několika typy elektrických a elektromechanických prvků, které jsou v příštích podkapitolách vyjmenovány a popsány. Podkapitoly poslouží při následné práci s prvky modelu.

2.1.1 Servopohony

Horizontální pohyb je na modelu realizován servopohonem FESTO MTR-DCI-32S-VCSC-EG7-H2IO. Vertikální pohyb je realizován stejným servopohon s využitím vřetena FESTO DMES-12-300-GF-GK-SV-U:ZUB-2Y

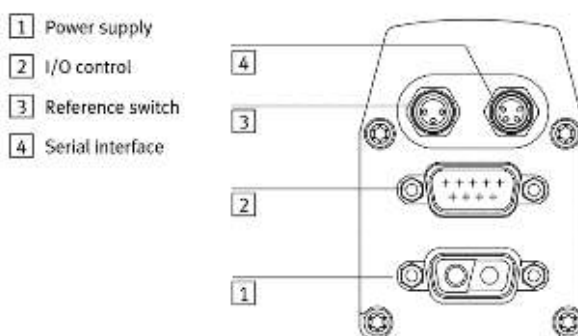
Jedná se o motorovou jednotku, která funguje na principu přesných pozic. Motorová jednotka obsahuje servomotor, převod, řídicí jednotku a výkonovou elektroniku. Jednotka tedy nepotřebuje dedikovaný ovladač nebo vedení. Zapouzdřením celého systému je zlepšena i jeho elektromagnetická kompatibilita a spolehlivost. Motorová jednotka obsahuje i LCD display a tlačítka, díky kterým jej lze řídit přímo nebo přes komunikační sběrnici. Motorová jednotka obsahuje vlastní typ komunikace typu I/O interface a také nabízí možnosti Profibus, Canopen, DeviceNet nebo RS232. [14]

Jednotka pracuje na principu pozic, kterých si může být nastaveno šestnáct včetně homing (zaváděcí pozice), který slouží jako výchozí pozice pro další nastavené pozice. Pro tyto pozice je i možné nastavit rychlost, jakou se bude motor do dané polohy pohybovat.



Obrázek 17 MTR-DCI-...IO [14]

Všechny verze modelu Festo MTR-DCI mají stejné možnosti pro interakci s okolím. Jsou jimi ovládací panel s displejem značený číslem (1) (Obrázek 17), napájecí konektor 24 V (5) a převod (6). Kromě toho jednotka obsahuje komunikační periferie (2,3,4), které výrobce čísluje odlišně na Obrázku 18 níže (3,4,2).

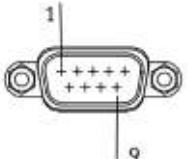


Obrázek 18 Konektory motorové jednotky MTR-DCI [14]

Konektor (3) je určený pro připojení koncového čidla (čidla pro homing) zaváděcí pozice.

Konektor (4) je určený pro sériovou komunikaci pomocí protokolu RS-232.

Konektor (5) je typu Sub-D 9, umožňující komunikaci přes standardy ProfiBus, CANopen, DeviceNet a také vlastní I/O rozhraní. Pro každý typ komunikace na tomto konektoru existuje odpovídající verze motoru.

Sub-D plug	Colour ¹⁾	Description
	1 white	I1 Position set code Bit0
	2 brown	I2 Position set code Bit1
	3 green	I3 Position set code Bit2
	4 yellow	I4 Position set code Bit3
	5 grey	I5 START
	6 pink	I6 ENABLE
	7 blue	O1 READY
	8 red	O2 MOTION COMPLETE (MC)
	9 black	GND GROUND (basis potential)
¹⁾ Cable colours of pilot line KES-MC-1-SUB-9		

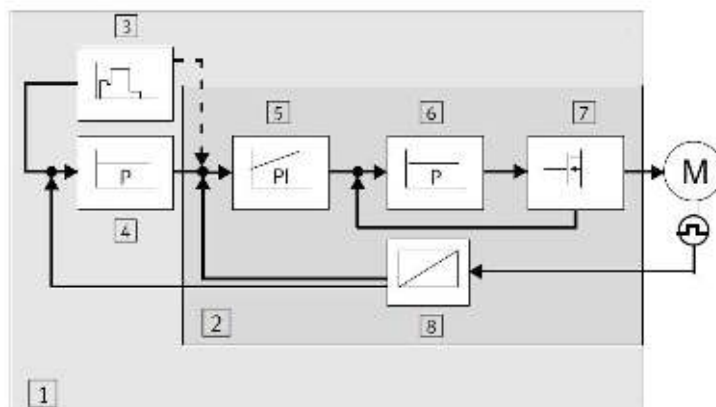
Obrázek 19 Konektor Sub-D 9 v režimu I/O [14]

Tabulka na Obrázku 19 popisuje funkce jednotlivých pinů. První čtyři piny slouží jako vstup pro nahrání pozice, v binárním tvaru od $0_3.0_2.0_1.0_0$. bit (0)_D po 1110 (14)_D pro nastavitelné pozice a 1111 (15)_D pro homing.

Vstupní pin 5 slouží pro start pohybu, ale pouze v případě, že jednotka přes vstupní pin 6 ve stavu ENABLE. Ten jednotku „zapíná pro pohyb“. Výstup z jednotky na pinu 7 je oznámení o připravenosti. Jedná se prakticky odezvu na požadavek ENABLE. Druhý výstup, který je na pinu 8 oznamuje dokončení pohybu jednotky. Poslední pin 9 je pouze zemnicí.

Motorová jednotka se pohybuje na základě své vlastní regulace (Obrázek 20), kterou provádí řídicí jednotka.

- 1 Motor controller
- 2 Regulator
- 3 Setpoint value generator
- 4 Position controller
- 5 Velocity control
- 6 Current control
- 7 Output stage
- 8 Signal converter



Obrázek 20 Blokové schéma regulace MTR-DCI [14]

Schéma na Obrázku 20 zobrazuje jak blokově probíhá regulace v řídicí jednotce motoru a jaké typy regulace využívá. Regulace pozice (4) a ovládání proudu (6) využívají proporcionální regulátor. Regulace rychlosti je prováděna kombinací proporcionální a integrační složky. Schéma obsahuje tři zpětné vazby:

- Nejmenší je regulace proudu vzhledem k zatížení výstupní hřídele.
- Větší zpětnou vazbou je regulace rychlosti v závislosti na hodnotách z převodníku, který bere signály z enkodéru motoru.
- Hlavní regulací je regulace požadované polohy v závislosti na uražené vzdálenosti, která je získávána z převodníku, z enkodéru.

Cílem je tedy dosažení pozice na základě rychlosti na základě proudového zatížení motoru.

Motorová jednotka, která je použita ve výukovém modelu nese označení MTR-DCI-32S-VCSC-EG7-H2IO, které podle tabulky [14] označuje:

Stejnoseměrný motor o velikosti 32 mm se standardním točivým momentem, napájený 24 V přímo, obsahující enkodér, převod 7:1, komunikaci přes RS232, kontrolní panel a I/O rozhraní na Sub-D 9. [14]

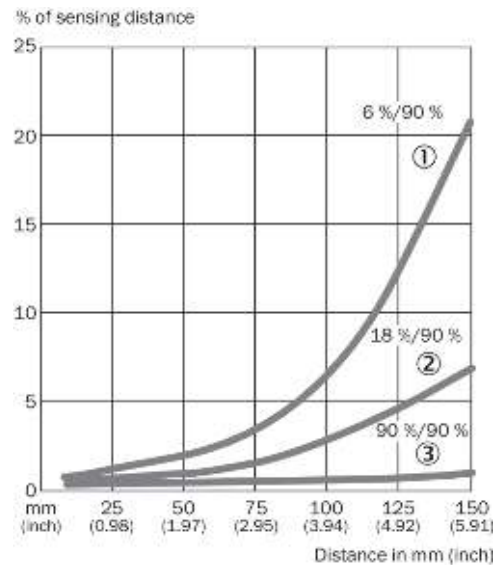
2.1.2 Optický snímač

Optický snímač je u modelu určen k detekci přítomnosti objektu při najetí efektoru na požadovanou polohu. Model využívá snímač SICK WTB4-3P1361, který je ukotven na jednom ze dvou chapadel a detekuje v ploše před chapadlem.



Obrázek 21 Optický senzor přítomnosti malého předmětu se clonou [15]

Jedná se o dva propojené senzory, jejichž výstupní signály jsou vzájemně vyhodnocovány s vlastností odstínění pozadí. Médium detekce je viditelné červené světlo emitované směrovou LED. Tento senzor, na Obrázku 21, umožňuje detekci matných, lesklých i obalově průhledných předmětů na vzdálenost maximálně 120 mm. Snímač je připojen přes 3-pinový konektor s piny BN (napájení), BU (0 V) a BK, což je výstupní digitální signál. [16]



Obrázek 22 Graf závislosti podílu odchylky snímání vzdálenosti na vzdálenosti objektu, při různých barvách objektu [15]

Graf na Obrázku 22 zobrazuje spínací vzdálenosti na těchto površích:

- Č. 1 spínací vzdálenost na černé barvě, odrazivost 6 %
- Č. 2 spínací vzdálenost na šedé barvě, odrazivost 18 %
- Č. 3 spínací vzdálenost na bílé barvě, odrazivost 90 %

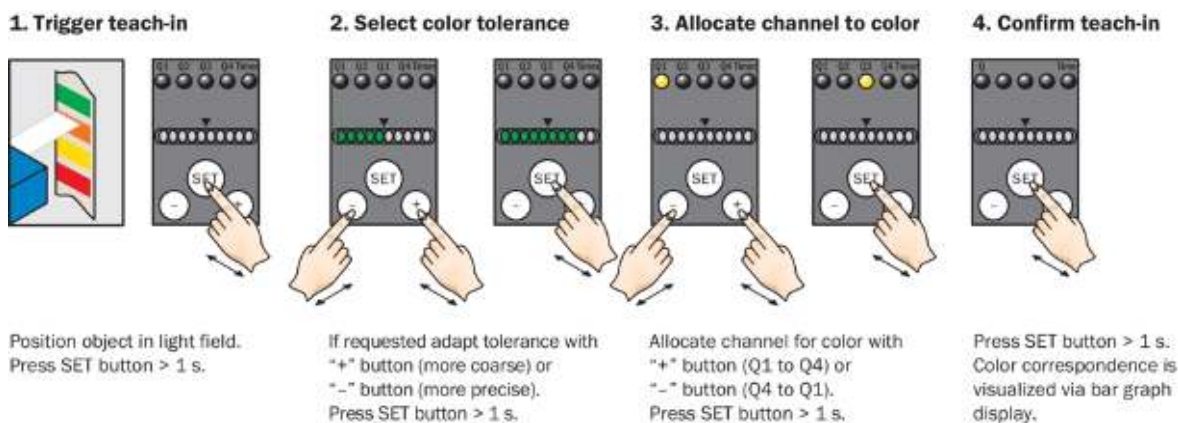
2.1.3 Snímač barev

Snímač barev slouží u modelu k rozpoznání barvy předmětu drženého chapadlem nad snímačem. Model je osazen snímačem SICK CS84-P1112 1 028 226 (Obrázek 23), který se nachází na nejnižší pozici pro vertikální manipulaci. Senzor obsahuje dvě čočky, z nichž je vždy jedna kryta. Na modelu je kryta čočka v ose připojení kabelu. Aktivní je tedy čočka na větší straně.



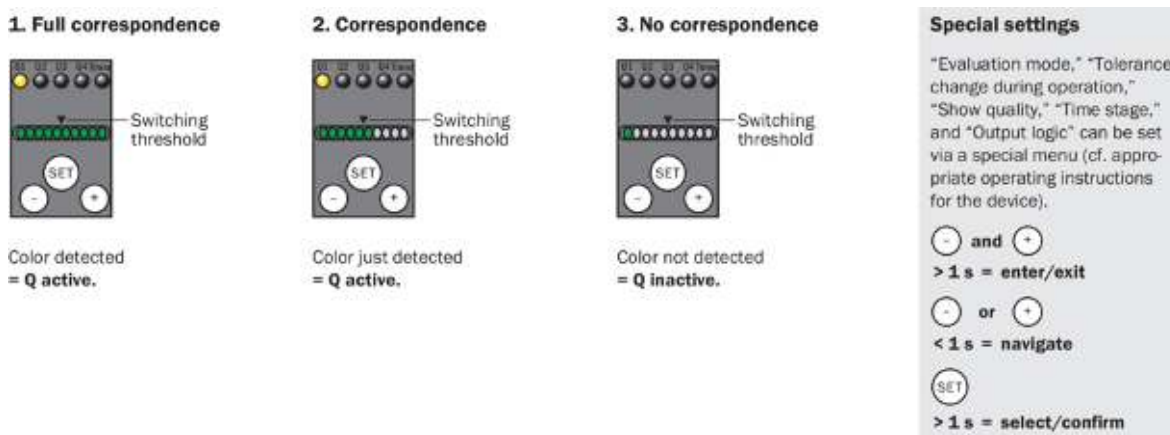
Obrázek 23 Snímač barev CS84-P1112 [17]

Senzor lze podle Obrázku 24 „naučit“ až čtyři velmi přesné barvy, které dokáže detekovat s odezvou i 85 μ s. Senzor též obsahuje integrovaný graf korelace barvy, který slouží i pro nastavení tolerancí při učení barev. Výhodou senzoru je nezávislost kvality detekce na teplotě. [18]



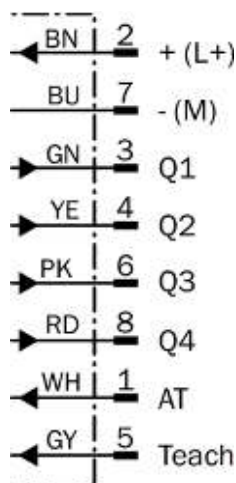
Obrázek 24 Návod pro naučení barev a tolerance přímo na senzoru [17]

Na obrázku 24 je vyobrazen návod pro nastavení barev a tolerancí, které bude senzor detekovat a následné uložení na jednu ze čtyř pozic. Nutnost nastavení nebo kontroly je nutná vždy před prací s modelem. Obrázek 25 vyobrazuje tři stavy, které mohou při detekci nastat.



Obrázek 25 Stav, které mohou nastat, při detekci barvy na senzoru [17]

První možností je plná detekce barvy při odpovídajícím nastavení přesnosti a okolních podmínkách. Druhá možnost je stále detekce barvy s tolerancí od barevného etalonu. Třetí možnost je velká odchylka od nastavené barvy a nedochází tedy k sepnutí výstupu dané barvy.



Obrázek 26 Schéma výstupních pinů na snímáči barvy [17]

Na Obrázku 26 jsou označeny piny konektoru snímáče barev. Piny 2 (+) a 7(-) jsou napájecí piny, piny 3(Q1), 4(Q2), 6(Q3), 8(Q4) jsou výstupní pro signalizaci nastavené barvy. Pin 1(AT) slouží pro sepnutí senzoru a také pro synchronizaci s ostatními zařízeními. Pin 5 (Teach) je k naučení barvy pomocí externího spínače. [19]

2.1.4 Snímače indukční

Celkem jsou na modelu osazeny tři typy indukčních snímačů. Jsou použity pro detekci magnetických vlastností na stejné pozici jako je snímáč barev. Rovněž může být použit jako snímáč pro možnost vertikální manipulace s chapadlem a jako koncový snímáč pro motor horizontální manipulace. Snímače mají stejnou výstupní logiku a zapojení. Tedy BN (+), BU (-) a BK výstupní signál. Snímače fungují na stejném principu a liší se pouze konstrukčními rozměry.



Obrázek 27 Indukční snímáč IME IME08-04NPSZW2S [20]

Na modelu jsou podle potřeb osazeny tři typy snímačů. Snímáč vlastností předmětů je širší z důvodu předem neznáme velikosti a tvaru předmětu.

Snímač na Obrázku 27 je snímač koncové polohy pro horizontální manipulaci. Je zvýšený oproti snímači vertikální manipulace, aby nedocházelo k zaměňování poloh. Tato situace je ošetřena i na snímaných površích, které jsou také výškově rozdílně umístěné.

Typy použitých snímačů a jejich funkce:

- IME08-04NPSZW2S – homing poloha pro horizontální manipulaci
 - snímač je připojen přímo do motorové jednotky horizontální manipulace
- IME08-02BPSZW2S – poloha pro vertikální manipulaci
- IME08-02NPSZT0S – Snímač magnetických vlastností předmětu

2.1.5 Snímače kontaktní

Model obsahuje celkem pět kontaktních snímačů (Obrázek 28), které slouží jako koncové snímače pro pohyb chapadla a též jako homing pro vertikální pohyb. Princip funkce všech kontaktních snímačů je stejný a liší se pouze v konstrukci. Zapojení je u všech spínačů stejné, jedná se o 3-pin. Tedy BN (+), BU (-) a BK výstupní signál.



Obrázek 28 Kontaktní snímač do T drážky profilu – SME-8-S-LED-24 [21]

Typy použitých snímačů a jejich funkce:

- SME-8-S-LED-24 – snímač horní a snímač spodní polohy chapadla (Obrázek 28)
- SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE – snímač otevřeného a snímač zavřeného/uchopeného stavu chapadla
- SMT-8M-PS-24V-K-0,3-M8D – homing poloha pro vertikální manipulaci
 - snímač je připojen přímo do motorové jednotky vertikální manipulace

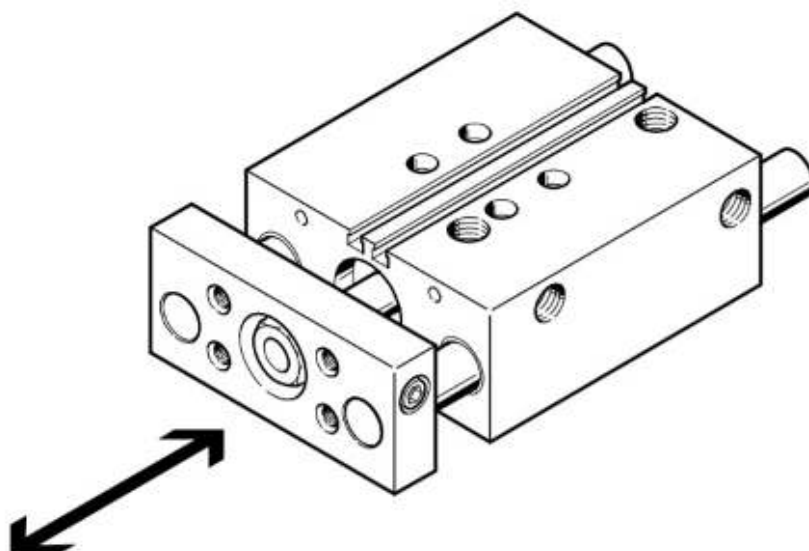
2.2 Elektropneumatické a pneumatické prvky modelu

Krom elektronických a elektromechanických prvků je model vybaven elektropneumatickými a pneumatickými. Ty jsou sepsány a popsány v podkapitolách níže.

2.2.1 Zdvih chapadla

Zdvih chapadla je jedním z pneumatických prvků modelu, který je realizován vedením s válcem. To je ovládáno pouze pneumaticky a jedná se o dvojčinný dvupolohový pístový pohon. Zdvihový válec je uchycen na přímočarém pohonu (č. 9, Obrázek 16), který je poháněn servopohonem. Konstrukce zdvihu a chapadla se tedy pohybuje vertikálně s rychlostí odpovídající převodovému poměru motor : přímočarý pohon.

Na výukovém modelu je použit typ zdvihu FESTO DFM-12-30-P-A-GF, jehož označení udává průměr pístu 12 mm, zdvih 30 mm, pružné dorazy na obou stranách, možnost připojení polohových snímačů a kluzné vedení. Válec má provozní tlak 2-10 bar, maximální rychlost 0,8 m/s a teoretickou sílu 68 N zdvihu a 51 N poklesu, při 6 barech. [22]



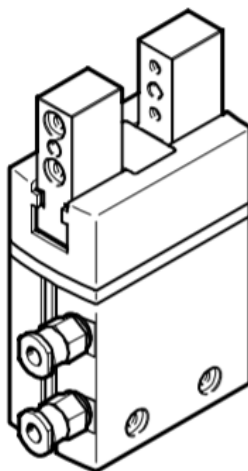
Obrázek 29 Dvojčinný dvupolohový pístový pohon s vedením [22]

Na Obrázku 29 jsou vyobrazeny dvě drážky na umístění stavitelných polohových snímačů. Dále je z obrázku patrná možnost připojení pneumatického vedení ze dvou stran. Vedení zajišťuje translační pohyb a odolnost proti otáčení, tlaku nebo tahu ze strany a kyvu.

2.2.2 Mechanické chapadlo

Mechanické chapadlo je tvořeno dvěma částmi. Jednou je pár uchycovacích palců, které jsou namontovány na pneumatickém prvku paralelního chapadla. Jedná se o přesně, proti sobě, vedené čelisti ovládané pneumaticky. Čelisti jsou na modelu uchyceny přímo na pohyblivou plochu vedeného válce. Na pravém palci je také uchycen optický snímač. Na výukovém modelu je osazen typ FESTO DHPS-16-A-NC. Kód modelu označuje typ, který má velikost

16 mm, možnost ukotvit polohové snímače do připravených drážek a má pojištění síly úchopu při sevření. Princip funkce je dvojčinný, vedení je kluzné, maximální hmotnost každého chapadla (palce) může být 150 g, zdvih každé čelisti je 5 mm, provozní tlak je 2-8 barů s maximální provozní frekvencí 3 Hz. [23]

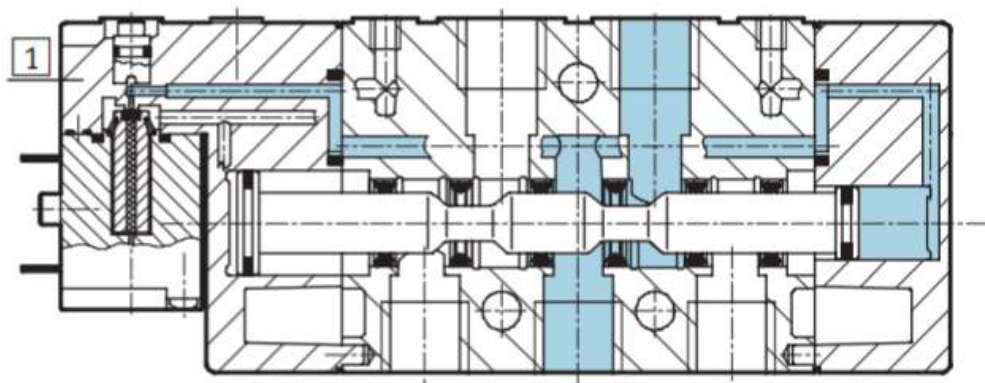


Obrázek 30 Pneumatické paralelní dvojčinné chapadlo [23]

Typ chapadla na Obrázku 30 je možné osadit snímači polohy a přibližovacími čidly, která mohou fungovat pro snímání více poloh, jako jsou rozevřeno, sevřeno nebo výrobek uchopen.

2.2.3 Elektromagnetické ventily

Pro řízení dvojčinného zdvihu a dvojčinného chapadla využívá model dva elektromagnetické ventily. Každý ventil je propojen dvojicí hadiček s ovládaným prvkem, jelikož jsou prvky dvojčinné a potřebují dva pneumatické vstupy. Na modelu jsou použity dva ventily typu FESTO CPE10-M1BH-5L-M7. Jedná se o 5/2 - cestný jedno-solenoidový s pneumatickou pružinou, spínaný 24 V, s průtokem 350 l/min. [24]



Obrázek 31 5/2 - cestný jedno-solenoidový s pneumatickou pružinou [24]

Na Obrázku 31 je patrná vzduchová pružina v pravé části. Ventil je typu 5/2, protože obsahuje pět vzduchových konektorů, z nichž jsou dva výstupní, jeden vstupní a dva vypustní.

2.3 Zapojení prvků

Prvky jsou zapojené na modelu do dvou okruhů:

- Okruh elektrický, který obsahuje zmíněné elektrické a elektromechanické prvky, svorkovnice s relé, PLC a přímočarý pohon (ovládán servopohonem)
- Okruh pneumatický, obsahující zmíněné pneumatické a elektropneumatické prvky, vsuvku a rychlospojku.

2.3.1 Svorkovnice

Model obsahuje dvě svorkovnice. První svorkovnice (značená výrobcem KP1) je rozvodná, obsahuje šedesát připojitelných pozic a také tři relé, která zabezpečují vykonávání zakázané pohyby modelu, kterými jsou:

- Současný běh motorů
- Vertikální manipulace mimo danou polohu
- Horizontální manipulace s chapadlem ve spodní poloze

Druhá svorkovnice, která se nachází v boxu s PLC (značená výrobcem X1), obsahuje čtyřicet připojitelných pozic. Zde je osazeno i nouzové tlačítko, které v nouzi odpojí napájení PLC a servopohonu, což zastaví celý systém.

2.3.2 PLC

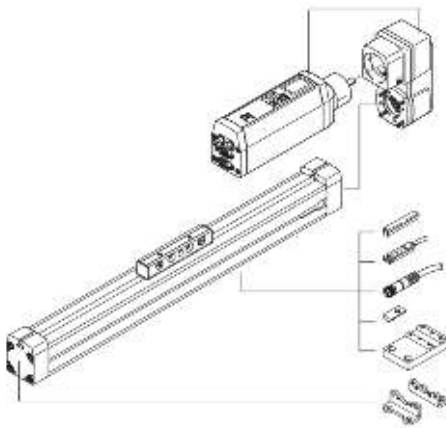
Model obsahuje PLC, vyobrazené na Obrázku 32, které je připojeno přímo na druhou svorkovnici. Jedná se o PLC Unitronics Vision 130, které disponuje dvaceti digitálními vstupy/výstupy a dvěma digitálními/analogovými vstupy. Obsahuje grafický dotykový display a numerická a směrová tlačítka. Ze standardizovaných jazyků nabízí programovací prostředí VisionLogic pouze jazyk LD, tedy reléová schémata vylepšená o funkční bloky. Typ PLC osazený na modelu neobsahuje Ethernet a je jej možné programovat pouze přes RS232 nebo RS485. [25]



Obrázek 32 PLC Unitronics Vision 130 [25]

2.3.3 Přímočarý pohon

Přímočarý pohon s vřetenem je čistě mechanický prvek modelu. Je připojen na vertikální servopohon přes „servo parallel kit“. Na Obrázku 33 je model DMES-18-300-GF-GK-SV-U obsahující polohovací osu s kluzným vedením o velikosti 25x25 mm, se záběrem 300 mm a se standartním skluzem umístěným z přední strany, obsahující také parallel kit na připojení servopohonu v rovině se zařízením. [26]



Obrázek 33 Přímočarý pohon s paralelním připojením k servopohonu [26]

3 DIDAKTICKÁ ČÁST

Pro tvorbu laboratorních úloh v této práci je sepsána didaktická část, kde jsou popsány didakticky související teoretické poznatky, teorie a zásady. Souvisejí s výukou na střední škole, prací v laboratoři, výukou automatizace, výukovými modely a bezpečností.

3.1 Práce v laboratoři

Práce v laboratoři obecně obnáší ze strany studentů provádění experimentů nebo podporu porozumění teoretických znalostí praktickou aplikací. Studenti často pouze manipulují s prostředky a nevěnují pozornost hloubce práce, což u nich způsobuje učení bez konceptu, případně bez schopnosti samostatného přicházení na problém. [29]

Byl tedy stanoven soupis zásad pro práci s žáky v laboratoři podle L. Shulmana a P. Tamira z roku 1973 [29]:

1. Podpora teorie a propojení s praktickými zkušenostmi
2. Učit se dělat práci výzkumně (klást otázky, plánovat a dělat experimenty, měřit, analyzovat, interpretovat, počítat s chybami)
3. Učit se provádět měření a pracovat s měřicími nástroji
4. Motivovat
5. Porozumět podstatě výzkumu a přírody

Některé laboratorní experimenty využívající například problémovou nebo výzkumnou metodu výuky mohou být lepší než například pouhý výklad nebo demonstrace. Každopádně, učitelé musí být zkušení ve využívání těchto metod namísto výkladu nebo demonstrace. [29]

3.2 Výuka automatizace v laboratoři

V případě výuky automatizace v laboratoři není na žáky kladen důraz na fyzické měření a zpracování dat. Cílem je využít didaktické pomůcky v laboratoři pro sestavení a naprogramování autonomního systému, který tyto činnosti bude provádět.

Často jsou využívány formy výuky jako je:

- **Individualizovaná** – Učitel se věnuje jednotlivým žákům, při jejich laborování
- **Projektová** – Vzhledem k povaze některých úloh, je mohou žáci vypracovávat ve formě dlouhodobého projektu. Často ve spolupráci s jinými předměty.

- **Problémový výklad** – Žáci společně s učitelem řeší předem nevyřešený automatizační problém
- **Výzkumná** – Žáci samostatně řeší daný automatizační problém v plném rozsahu

Dále jsou při práci v laboratoři často využívány tyto metody:

- **Názorně demonstrační** – Učitel demonstruje řešení automatizačního problému
- **Vrstevnické vyučování** – Žáci se vzájemně napomáhají s řešeními automatizačních problému, se kterými se již setkali. [30]

3.3 Výukové modely

Výukové modely patří do skupiny materiálních didaktických prostředků, tedy to, co učitel a žáci mohou využít k dosažení svých cílů. Výukové modely je možné zařadit přesněji mezi originální předměty a reálné skutečnosti, kategorie výtvořů a výrobky. Nebo do Speciálních pomůcek, kategorie žákovské experimentální soustavy. Záleží na charakteristice výukového modelu. To vše pouze platí pro učební pomůcky. Pro technické výukové prostředky je možné výukové modely zařadit mezi techniku řídicí a hodnotící.

Výukové modely také spadají pod výukové prostory a jejich vybavení, kategorie odborné učebny. V oblasti funkcí plní výukový model funkci didaktickou, tedy dochází při jeho využívání k systematizaci a začleňování nových poznatků do soustavy dříve získaných. [30]

3.4 Laboratorní úlohy

Laboratorní úlohy v laboratoři automatizace jsou dle taxonomie Tollingerové z roku 1970 úlohami vyžadující tvořivé myšlení a jsou pátou a poslední kategorií v této taxonomii a je tedy nutné jednotlivé úkoly v úloze adekvátně formulovat. Například: “Vypracujte ...! Vymyslete ...! Navrhněte ...!”. Je ovšem nutné vždy formulaci vztahovat k dané problematice, aby bylo vyžadováno tvořivé myšlení. [30]

Kromě toho je nutné v úloze jasně definovat výchovně vzdělávací cíle s využitím taxonomií kognitivních, afektivních a psychomotorických. V oblasti kognitivních cílů, podle Blooma, se bude jednat spíše o vyšší úroveň cíle, tedy aplikace, analýza, syntéza a případně hodnocení. U afektivních cílů, podle Kratwohla, které budou pravděpodobně méně zastoupeny, se jedná o reagování, oceňování hodnot a integrování hodnot.

V případě cílů psychomotorických, podle Davea, to budou pravděpodobně cíle imitace, manipulace, zpřesňování a koordinace. Tyto cíle je nutné brát v kontextu práce v laboratoři automatizace. Tedy například: „Zapojí výukový model“ nebo „Sestaví prototyp v nepájivém poli“. [30]

3.5 Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP)

Při práci v laboratoři je třeba dbát vyšší bezpečnosti než v běžné třídě. Laboratoř jako třída musí být vybavena vlastním řádem, který doplňuje ten školní. Tento řád stanovuje pravidla pro práci žáků v laboratoři. Žáci musí být s tímto řádem seznámeni před vstupem do laboratoře.

Norma ČSN 01 8003 definuje laboratoř jako:

„Samostatný stavebně vymezený prostor nacházející se v objektu školy, školského zařízení nebo vysoké školy, sloužící k praktickému vyučování žáků, k přípravě mladistvých žáků a studentů na povolání, posluchačů vysokých škol nebo další vzdělávání pedagogických pracovníků.“ [32]

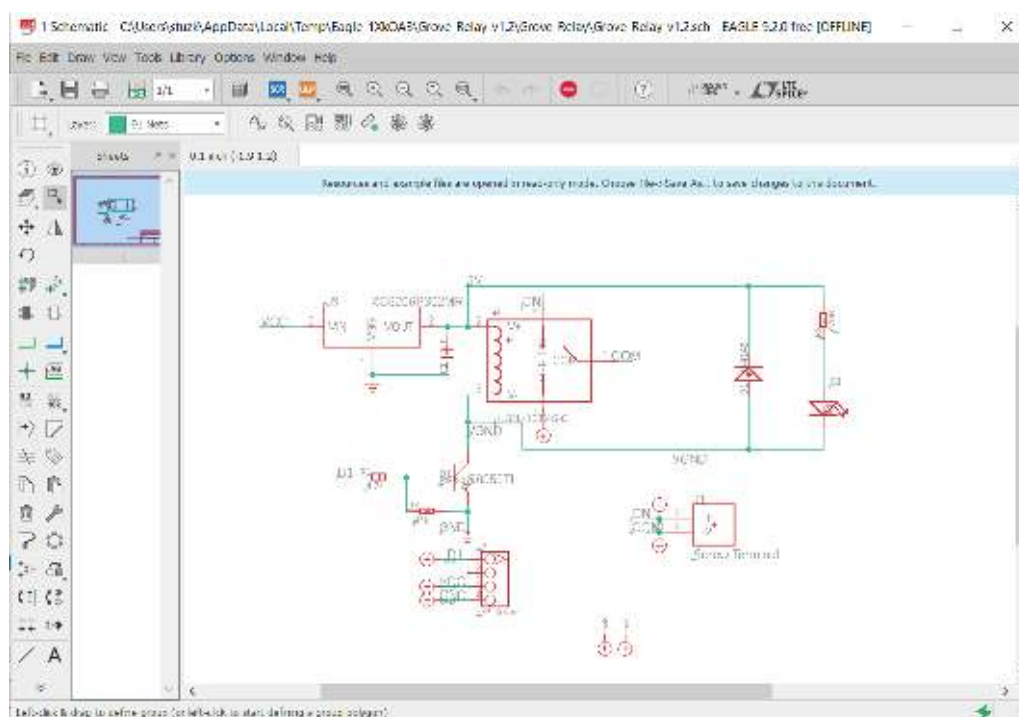
V souladu s řádem laboratoře a zvýšenými riziky je nutné počítat při úpravě jakéhokoli zařízení, práce s ním nebo jeho manipulací. Je také nutné přizpůsobit laboratorní úlohy, aby žáky nevystavovaly zbytečnému riziku nebo neprotiřečili zásadám bezpečnosti práce. Je vhodné tyto úlohy vybavit varováním na možná rizika, při práci se zařízením.

4 SOFTWARE NÁSTROJE

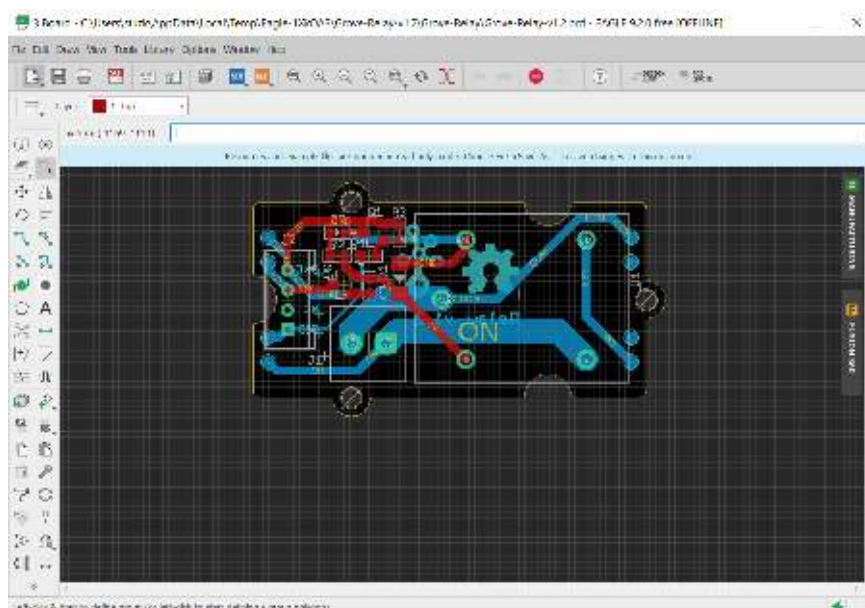
Pro tuto práci jsou použity převážně vývojové nástroje vyhovující potřebám práce jako je technické kreslení dokumentací, návrh desek plošných spojů, programování PLC Tecomat spojené s tvorbou učebních úloh a také simulace elektrických zapojení.

4.1 Autodesk Eagle

Autodesk Eagle je nástroj pro vývoj elektroniky. Umožňuje navrhování desek plošných spojů (Obrázek 35), které jsou propojeny se schématy zapojení (Obrázek 34). Schémata obsahují jak součástky z předinstalované knihovny Autodesk, tak rovněž je možné využít komunitní knihovny nebo vytvářet součástky vlastní. Eagle je možné využít i čistě pro tvorbu elektronických schémat zapojení. V této práci je program použit v licenci pro studenty a vyučující. Tato verze je omezena velikostí navržené DPS na 160 mm x 100 mm.



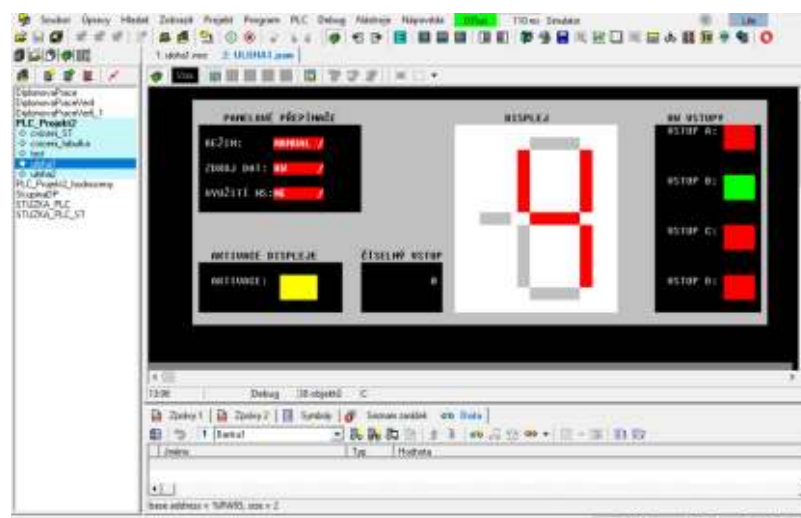
Obrázek 34 Návrh schématu v Eagle – Příklad z knihovny (relé modul)



Obrázek 35 Návrh desky plošných spojů – Příklad z knihovny (relé modul)

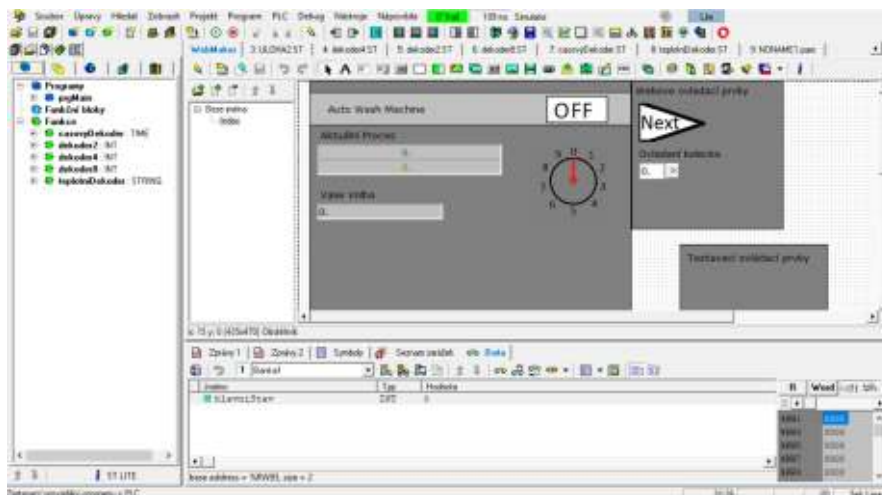
4.2 Mosaik

Mosaik je vývojový nástroj od společnosti Teco, určený pro programování systémů Tecomat. Umožňuje návrh i odladění programu, podporu všech zařízení Teco s možností vzdálených přístupů do systémů nebo jen I/O modulů. Nástroje jsou v souladu s normou IEC61131-3. Mosaik obsahuje jazyky reléových schémat LD, funkční blokové diagramy FBD, strukturovaný text ST, posloupnost instrukcí IL a jazyk volných bloků CFC. Dále Mosaik obsahuje možnost simulovaného režimu běhu programu a simulátor operátorských panelů.



Obrázek 36 Simulovaný režim se simulací operátorského panelu v prostředí Mosaik

Panel, jako je na Obrázku 37, je možné navrhnout podle potřeb programátora i operátora. Skládá se s obyčejných barevných polí o velikosti znaku, do kterých je možné „vkládat“ akční pole zatupující systémové nebo I/O proměnné. Pro možnosti vzdáleného dozoru a ovládání PLC obsahuje Mosaic službu Webmaker, která na PLC spustí webový server, na který lze přistupovat z běžných zařízení.



Obrázek 37 Prostředí Webmaker pro tvorbu „webu“ na PLC

Hlavní částí programu Mosaic je konfigurace vstupů a výstupů na PLC a jeho modulech, zobrazená na Obrázku 38. Zde je umožněno přikládat vstupům a výstupům aliasy, za účelem přehlednosti v programu. Tyto aliasy se pro systém tváří jako proměnné a tak je možné s nimi podle toho pracovat.

Struktura dat	Úplný zápis	Alias	Směrka	Adresa	Hodnota	Fixace	Poznámka
D1 : TBIN_4C1	i_p0_D1						
D10 : BOOL	i_p0_D10		A6	%04.0			
D11 : BOOL	i_p0_D11		A7	%04.1			
D12 : BOOL	i_p0_D12	polovina	A8	%04.2			
D13 : BOOL	i_p0_D13	plně	A9	%04.3			
DIP : TBIN_4DIP	i_p0_DIP			%05.7			
CNT_IN1 : CNTF_IN	i_p0_CNT_IN1			%06.10			
CNT_IN2 : CNTF_IN	i_p0_CNT_IN2			%06.10			
D0 : TBPL_6D0	i_p0_D0						
D00 : BOOL	i_p0_D0-D00	otázky	B2	%24.0			
D01 : BOOL	i_p0_D0-D01		B3	%24.1			
D02 : BOOL	i_p0_D0-D02	doprava	B4	%24.2			
D03 : BOOL	i_p0_D0-D03	doleva	B5	%24.3			
D04 : BOOL	i_p0_D0-D04		B6	%24.4			
D05 : BOOL	i_p0_D0-D05		B7	%24.5			
D06 : BOOL	i_p0_D0-D06		B8	%24.6			
D07 : BOOL	i_p0_D0-D07		B9	%24.7			
CNT_OUT1 : CNTF_OUT	i_p0_CNT_OUT1			%26.7			
CNT_OUT2 : CNTF_OUT	i_p0_CNT_OUT2			%26.7			

Obrázek 38 Konfigurace Vstupů/Výstupů s přidělením aliasů

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 TECHNICKÁ DOKUMENTACE VMSP

Vzhledem k tomu, že k zařízení nebyla jakákoli dokumentace přiložena, bylo nutné ji vytvořit v celém rozsahu. Tedy kusovník použitých elektrických a pneumatických prvků, elektrické a pneumatické schéma zapojení a tabulku zapojení. V dokumentaci bylo také nutné respektovat nové komunikační rozhraní, nahrazující původní PLC.

5.1 Zpracování

První vytvořenou částí dokumentace byl kusovník, obsahující všechny prvky modelu kromě konstrukce. Jednotlivé prvky byly identifikovány podle výrobního čísla, sepsány do kusovníku s popisem funkce a popsány v teoretické části této práce, jelikož byly na model osazeny výrobcem modelu a jejich princip funkce není zadáním této práce. Jednotlivé prvky jsou výrobcem na modelu značeny písmeny B (1-8) pro snímače, Y (1,2) pro pneumatické ventily, CU (1,2) pro servopohony a X1 a KP pro svorkovnice.

Tabulka 2 Zjednodušený kusovník

Prvek	Výrobce	Modelové číslo	Označení
servopohon	FESTO	MTR-DCI-32s-VCSC-EG7-H2IO	CU2
servopohon	FESTO	MTR-DCI-32s-VCSC-EG7-H2IO	CU1
zdvih chapadla	FESTO	DFM-12-30-P-A-GF	Y1
mechanické chapadlo	FESTO	DHPS-16-A-NC	Y2
optický snímač	SICK	WTB4-3P1361	B8
snímač barev	SICK	CS84-P1112 1 028 226	B6
snímač mg. vlastností	SICK	IME08-02NPSZT0S	B7
elmg. Ventil	FESTO	CPE10-M1BH-5L-M7	Y1
elmg. Ventil	FESTO	CPE10-M1BH-5L-M7	Y2
snímač mg. vlastností	SICK	IME08-04NPSZW2S	CU1/B
snímač mg. vlastností	SICK	IME08-02BPSZW2S	B3
kontaktní čidlo	FESTO	SME-8-K-LED-24	B1,B2
kontaktní čidlo	FESTO	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	B4,B5
kontaktní čidlo	FESTO	SMT-8M-PS-24V-K-0,3-M8D	CU2/B
relé	GOODSKY	EMI-SH-224D	K1
relé	GOODSKY	EMI-SH-224D	K2
relé	GOODSKY	EMI-SH-224D	K3
přímočarý pohon	FESTO	DMES-18-300-GF-GK-SV-U	*
svorkovnice S	*	*	S
svorkovnice KP	*	*	KP/X1

Tabulka 2 zobrazuje zjednodušený kusovník, který neobsahuje popis a poznámku k prvku. Plnohodnotný kusovník je přiložen jako příloha P I

Pro zajištění přehlednosti i při využití nového komunikačního rozhraní bylo ponecháno označení KP pro rozvodnou svorkovnici, která využívá označení drátů X1. Svorkovnice vstupně výstupní, kde se nacházelo původní PLC, byla nově označena S. Důvodem byl rozdíl číselného značení vodičů mezi oběma svorkovnicemi. Například vodič pro sevření chapadla byl označen na KP jako X1:54 a na vstupně výstupní svorkovnici (označené X1) byl označen X1:38. Proto pro tvorbu schématu elektrického zapojení je tento vodič nově značen X1:54, S:38.

Pro tvorbu elektrického schématu, které bylo hlavní částí dokumentace, bylo u všech prvků nutné zmapovat všechny vstupy a výstupy. Vše bylo sepsáno do tabulky zapojení, která vznikla paralelně se schématem. Následně bylo nutné metodou reverzního inženýrství zmapovat jednotlivá zapojení prvků do svorkovnic a do původního PLC. To bylo provedeno fyzicky s využitím funkce vodivého spojení na multimetru. Jednotlivá spojení byla dopisována do tabulky zapojení i s poznámkou o zapojení do PLC. Tedy, zda se jedná o vstup nebo výstup.



Obrázek 39 Původní zapojení svorkovnice S (Původně X1) do PLC (svazek vpravo)

Ze svorkovnice na Obrázku 39 bylo možné pomocí multimetru a jeho funkce vodivého spojení vodiče zjistit přesné zapojení ze svorkovnice S do původního PLC, toto zapojení bylo sepsáno do tabulky 3 a 4.

Tabulka 3 Zapojení původního PLC ze svorkovnice S (1-20)

S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PLC	V+	0 V	GND	I0	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15	I16

Tabulka 4 Zapojení původního PLC ze svorkovnice S (21-40)

S	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
PLC	I17	I18	I19	I20	O0	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14	O15

Z Tabulky 3 a Tabulky 4 bylo možné určit, které vodiče slouží jako vstupní a které jako výstupní, to zjednodušilo detekci vodičů, které patří daným prvkům. Vodiče z pinů 19-24 byly sice připojené ze svorkovnice S do PLC, ovšem na druhé straně svorkovnice byly prázdné a ponechány asi jako rezerva pro vstupy (Obrázek 39). Po vypracování tabulek zapojení už nebylo nutné ponechávat původní PLC na místě a připravit tak místo pro komunikační rozhraní se kterým byla dokumentace vypracována. Vypracovávat dokumentaci pro původní zapojení nebylo nutné.



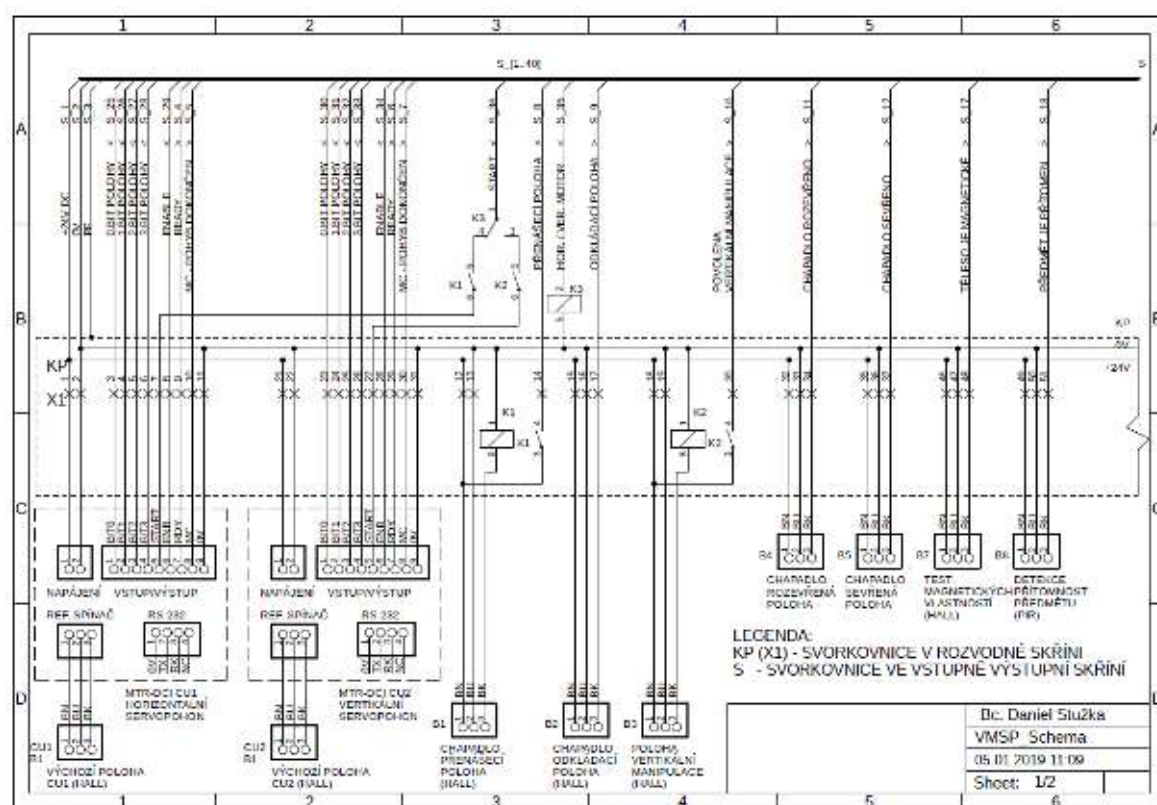
Obrázek 40 Zapojení svorkovnice KP (X1) propojující S a prvky

Tato svorkovnice na Obrázku 40 obsahuje ve skříni i tři relé. Jedno ovládané z PLC pro přepínání servopohonů, a dvě spínaná pomocí senzorů pro povolení tohoto daného pohybu.

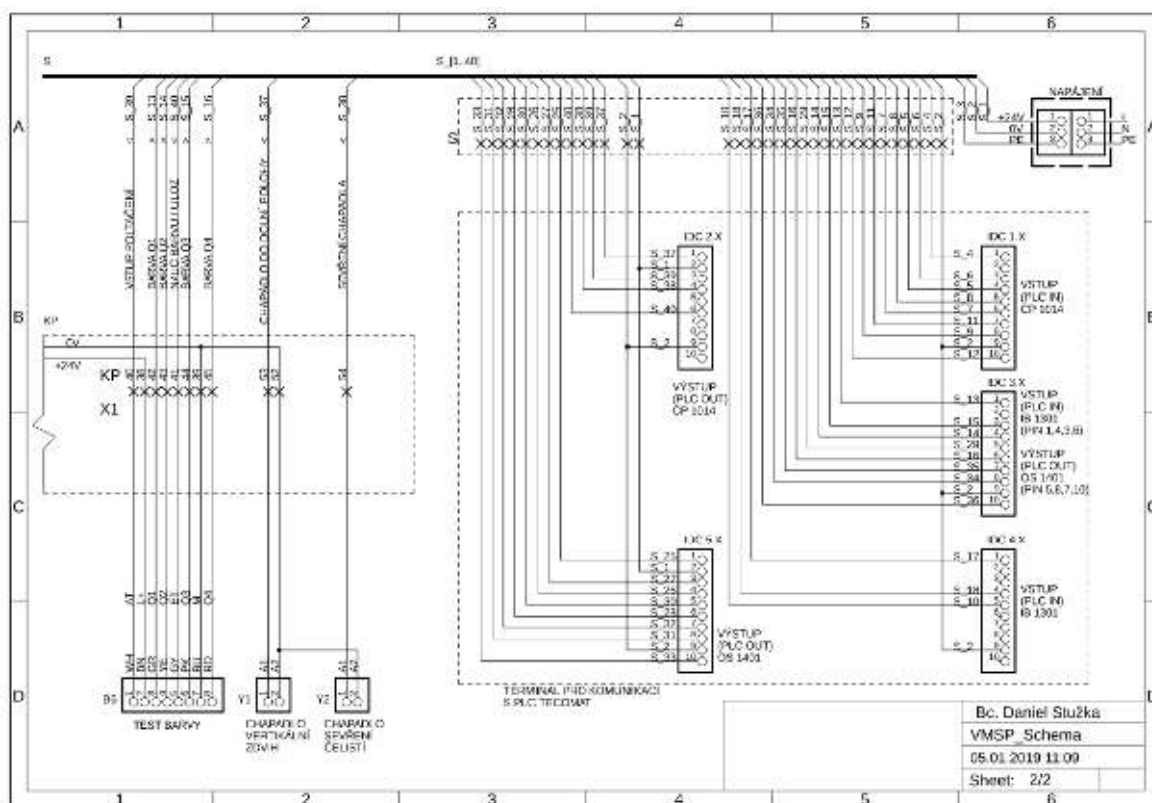
Pro horizontální manipulaci spíná možnost startu servopohonu jen v případě, když je chapaadlo v horní poloze. Pro vertikální manipulaci spíná možnost startu pouze tehdy, když je chapaadlo v místě určeném pro vertikální manipulaci. To je dáno detekcí na snímači magnetických vlastností. Svorkovnice KP propojuje prvky se svorkovnicí S. A právě pomocí zmíněných relé umožňuje hardwarové zabezpečení proti destruktivním pohybům chapaadla. Identifikace vodičů mezi svorkovnicí S a KP byla provedena opět pomocí multimetru, funkcí vodivého spojení, kde bylo nutné vyzkoušet každou svorku ve svorkovnici S s každou svorkou ve svorkovnici KP, protože svorkovnice KP obsahuje 54 svorek a svorkovnice 40, z nichž pět nevyužívá.

Následně bylo nutné zmapovat i vzájemná propojení na svorkovnici KP, jelikož není možné opticky ve svazcích vodičů rozlišit, který je kde zapojen. Tato svorkovnice obsahuje interní zapojení určené pro napájení, tedy dva vodiče na každý prvek.

Dále se na modelu nachází napájecí obvod, jehož funkce pro účely dokumentace a komunikace není důležitá. Proto ve schématu byl označen pouze jako napájení.



Obrázek 41 Zmenšený výkres schémata zapojení 1 / 2



Obrázek 42 Zmenšený výkres schémata zapojení 2 / 2

Výkresy v plné velikosti jsou vloženy v příloze P II.

Po zmapování elektrického zapojení a kompletaci základní tabulky zapojení bylo vytvořeno elektrické schéma zapojení s využitím programu Autodesk Eagle 9.2, kde většina prvků je reprezentována pouze blokem se vstupy a výstupy. Jejich interní zapojení není pro tuto práci důležité. Schéma bylo navrženo tak, aby obsahovalo co nejmenší počet výkresů a bylo dosaženo přehlednosti. Výkresy prostupuje „páteří“ sběrnice S, odpovídající označení vodičů ve svorkovnici S. Vodiče jsou dále označeny šipkou „>“ nebo „<“ označující „směr signálu“.

Na první výkres (Obrázek 41) byly umístěny servopohony, snímače, relé a část svorkovnice KP_X1. Servopohony jako schematicky nejsložitější prvky byly umístěny do levé části výkresu. Obsahují schematicky přesné vstupy a výstupy, jak je uvedeno v dokumentaci výrobce, i s přesným číselným i slovním označením jednotlivých pinů v daném konektoru. Je tedy možné pro daný pin v konektoru zjistit jeho označení a funkci. Jednotlivé sběrnice jsou také pojmenovány podle dokumentace výrobce. Rovněž jsou na schématu umístěny všechny snímače modelu. Dva, které jsou přímo zapojeny do servopohonu. Tyto slouží po homing daného servopohonu a sedm logických snímačů, které jsou připojeny do vstupně výstupní svorkovnice S.

Posledními prvky na prvním výkresu jsou tři relé. Relé K3, které slouží pro přepínání horizontálního a vertikálního servopohonu. Relé K2 a K1, která indikují a spínají možnost vertikální (K2) nebo horizontální manipulace (K1), která byla ve schématu označena jako přednášecí poloha, tedy chapadlo v horní poloze.

Na druhém výkresu (Obrázek 42) je umístěn snímač barvy, ventily pro chapadlo, svorkovnice S, napájení a komunikační rozhraní (Terminal) pro komunikaci s PLC. Snímač barvy, označený ve výkresu podle funkce jako test barvy, je umístěn ve zbytku svorkovnice KP X1. Svorkovnice KP X1 obsahuje odpovídající označení vodičů, jak je to na svorkovnici natištěno. Dále svorkovnice zobrazuje interní zapojení napájení a uzemnění celé svorkovnice.

Ventily pro čelisti a zdvih jsou zobrazeny pouze jako elektronická součástka určená pouze ke spínání. Potom je na výkresu schématický zdroj, jehož interní zapojení není též pro tuto práci důležité, do něhož společně se svorkovnicí S ústí páteřní sběrnice S__[1-40].

Prvkem, který nebyl obsažen původně na modelu je komunikační rozhraní (terminál), který byl navržen pro potřeby komunikace s PLC. V tomto výkresu nejsou vyobrazeny u terminálu detailní propojení mezi koncovým konektorem IDC-10 a svorkovnicí S. Jedná se o propojení svorkovnice S do deseti pěti-pinových minisvorkovnic na desce plošných spojů terminálu. Tento rozpojitelný kontakt mezi svorkovnicí S a terminálem je popsán v kapitole 6.

Třetí položkou dokumentace je tabulka zapojení, které zahrnuje propojení jednotlivých pinů od koncového zařízení až po modul a pin PLC. K tomuto přidává funkci daného spojení, poznámku o označení a také odpovídající pin na komunikačním rozhraní (terminálu).

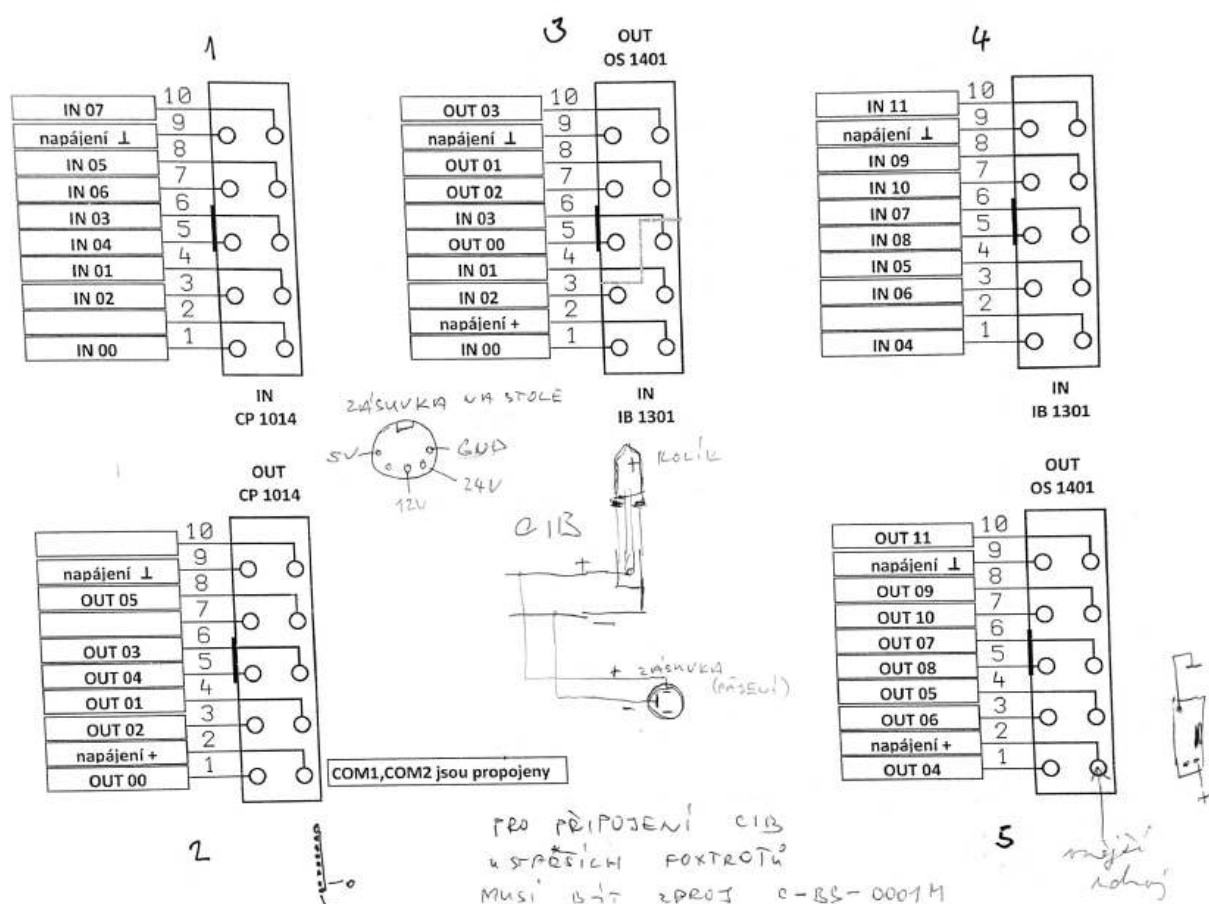
S svorkovnice	funkce	poznámka	poznámka 2.	pin Terminal	cp1014	IB301/051401
1	Vcc	+24V DC	*	5,2; 2,2		
2	0V + CU(1a2) pin 9	0V	*	všechny X,9		
3	PE	GND - zem	*			
4	CU1 pin 7 - ready	připraven k pohybu	log. 1	1.1	IN0	
5	CU1 pin 8 - MC (motion complete)	pohyb dokončen	log. 1	1.4	IN1	
6	CU2 pin 7 - ready	připraven k pohybu	log. 1	1.3	IN2	
7	CU2 pin 8 - MC	pohyb dokončen	log. 1	1.6	IN3	
8	chapadlo přenášecí poloha	horní poloha	log. 1	1.5	IN4	
9	chapadlo odkládací poloha	spodní poloha	log. 1	1.8	IN5	
10	vertikální manipulace povolena	rameno na hallu B3	log. 1	4.5		IN6
11	chapadlo rozsvícené	rozsvíceno - neúchop	log. 1	1.7	IN6	
12	chapadlo sevířené	sevířeno - úchop	log. 1	1.10	IN7	
13	barva 1	pin 3 - GR - Q1	log. 1	3.1		IN0
14	barva 2	pin 4 - YE - Q2	log. 1	3.4		IN1
15	barva 3	pin 6 - PK - Q3	log. 1	3.3		IN2
16	barva 4	pin 8 - RD - Q4	log. 1	3.6		IN3
17	mg. přítomnost	hall	log. 1	4.1		IN4
18	přítomnost materiálu	PIR	log. 1	4.4		IN5
25	CU1 pin 1	poloha 0.bit	horizontální	5.1		OUT4
26	CU1 pin 2	poloha 1.bit	horizontální	5.4		OUT5
27	CU1 pin 3	poloha 2.bit	horizontální	5.3		OUT6
28	CU1 pin 4	poloha 3.bit	horizontální	5.6		OUT7
29	CU1 pin 6	enable	prog. Zapnutí motor.	3.5		OUT0
30	CU2 pin 1	poloha 0.bit	vertikální	5.5		OUT8
31	CU2 pin 2	poloha 1.bit	vertikální	5.8		OUT9
32	CU2 pin 3	poloha 2.bit	vertikální	5.7		OUT10
33	CU2 pin 4	poloha 3.bit	vertikální	5.10		OUT11
34	CU2 pin 6	enable	prog. Zapnutí motor.	3.8		OUT1
35	adresa motoru pro start	výběr motoru	log. 0. CU1 / 1. CU2	3.7		OUT2
36	start motoru	START vybraného motoru	log. 1	3.10		OUT3
37	chapadlo vertikálního posuvu	log. 1 - dolní poloha	log. 1	2.1	OUT0	
38	chapadlo čelisti	log. 1 - sevířené	log. 1	2.4	OUT1	
39	barva	pin 1 - WH - AT	potlačení v log. 1	2.3	OUT2	
40	barva	pin 5 - GY - ET	nauč barvu / ulož	2.6	OUT3	

Obrázek 43 Zmenšená verze tabulky zapojení

Kompletní tabulka v je vložena v příloze P III.

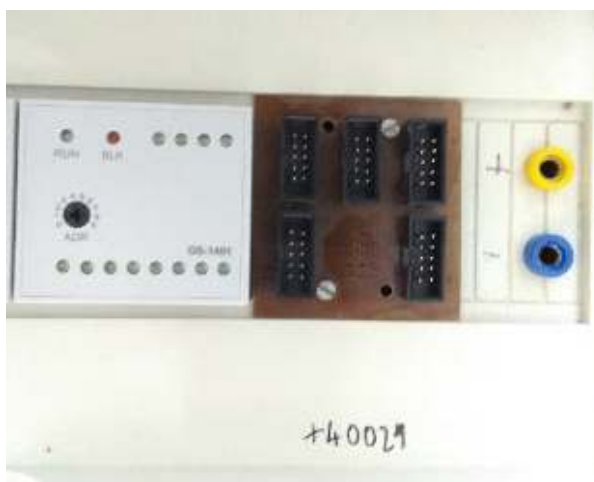
Tabulka (Obrázek 43) byla vypracována paralelně se schématem zapojení a rozhraním pro komunikaci pro zajištění přehlednosti spojů a usnadnění zapojení komunikačního rozhraní (terminálu) do modelu.

Tabulka obsahuje sloupec S svorkovnice, který odpovídá pinům ve svorkovnici ve vstupně výstupní skřini a shoduje se schématem zapojení. Piny 19-24 se v tabulce nenachází, protože nejsou ve svorkovnici zapojeny a byly pravděpodobně cíleny jako rezerva při přidávání dalších zařízení na model. Druhým sloupcem je popis funkce, který popisuje funkci daného pinu podle pinu prvku, ke kterému je připojen. Třetím a čtvrtým sloupcem jsou poznámky k daným pinům na jejich funkci a hodnotu, se kterou pracují nebo druhotné označení. Pátý sloupec pojmenovaný pin Terminal popisuje odpovídající pin na komunikačním rozhraní (Terminal), které obsahuje pět IDC-10 konektorů. První číslo v označení je číslo konektoru IDC podle rozložení požadovaným ze strany školy. Číslo za tečkou je pin daného konektoru IDC v rozmezí 1-10.



Obrázek 44 Zapojení vstupně výstupních konektorů IDC-10 na PLC Fox Trot na SŠ

Označení v tabulce se shoduje s označením sběrnic na PLC Fox Trot, která je využívána na SŠ na Obrázku 44. Posledními sloupci tabulky zapojení je fyzické připojení do PLC skrze sběrnice užívané SŠ. (Obrázky 44 a 45).



Obrázek 45 Fyzická podoba rozhraní na PLC Fox Trot, využívaného na SŠ.

5.2 Poznámky k dokumentaci

Dokumentace byla využita pro výrobu komunikačního rozhraní, se kterým vznikala paralelně. Byla potřebná především při připojování nového komunikačního rozhraní, místo původního PLC, při kterém byla doplněna právě o odpovídající označení pinů na komunikačním rozhraní (Terminal). Také byla využita při tvorbě učebních úloh do předmětů automatizace a při práci s výukovým modelem. Dále je dokumentace využívána ve výuce pro žáky i pedagogy, při práci s výukovým modelem. Dokumentace bude využita i v případě možného rozšíření modelu.

V dokumentaci není obsaženo původní nastavení prvků na modelu, především servopohonů, které je možné nastavit i ovládat přímo na integrovaném display a klávesnici na pouzdře. To je vyobrazeno od výrobce na Obrázku 46 a při polohování na modelu na Obrázku 47



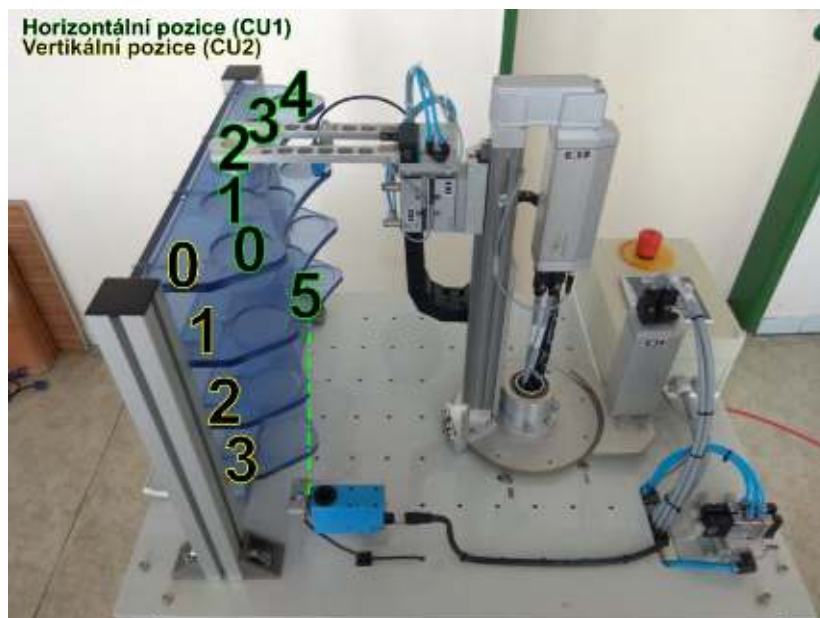
Obrázek 46 Display a klávesnice (HMI) pro přímé nastavení a ovládání servopohonu. [14]



Obrázek 47 Menu s adresami

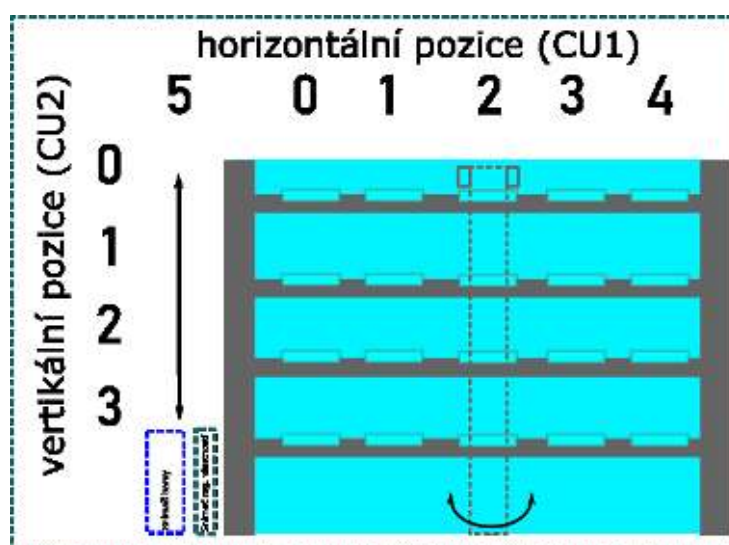
Pomocí tohoto přímého přístupu, které je na pohonu možné nastavit polohy a rychlost jakou se bude motor do dané polohy pohybovat. Na modelu je nastaveno pro horizontální manipulaci celkem šest pozic.

Pět pozic na skladovací polici a jedna pozice pro vertikální manipulaci s možností snímání barvy a magnetických vlastností v nejnižší vertikální pozici. Zde jsou čtyři pozice pro vertikální manipulaci, odpovídající patruům skladovacích polic.



Obrázek 48 Přednastavené pozice na servopohonech na modelu

Na Obrázku 48 jsou vyznačeny přednastavené pozice na výukovém modelu a lze je považovat za systém adres předělaný graficky na Obrázku 49. Například kovový prvek, který je na obrázku držen chápádlem, je na pozici [0;2]. Při využití stejného přístupu, jako je u matic, se jedná tedy o [řádek; sloupec]. Jak bylo napsáno v teoretické části, je pozice nahrávána pomocí čtyř bitů, tedy 0000-1111b (0-15). Pozici 1111b není možné přenastavit, jelikož se jedná o již zmíněný homing.



Obrázek 49 Nákres skladovacích pozic s určením adres

6 KOMUNIKAČNÍ ROZHRANÍ

Komunikační rozhraní bylo navrženo, vyrobeno a testováno na základě požadavků pro výuku automatizace na Střední průmyslové škole Zlín. Ta pracuje s PLC Tecomat Foxtrot CP1014 s rozšiřujícími moduly. Toto PLC je pro usnadnění manipulace usazeno na DIN liště v pojistkové skříni, kterou je možné přenášet. Z tohoto důvodu byl na SŠ vyvinut vlastní typ sběrnice, jelikož fyzicky není možné mít k pinům PLC přístup. Vstupně výstupní sběrnice byla již zmíněna v části dokumentace (Obrázek 44). Nové komunikační rozhraní, které nahradilo původní PLC modelu, bylo vyrobeno za účelem ovládat model pomocí PLC Foxtrot nebo například pomocí mikropočítače s odpovídajícím 24 V modulem.



Obrázek 50 PLC Tecomat Foxtrot CP1014 s moduly IB-1301 a OS-1401

S výukovým modelem se bude primárně pracovat s využitím právě PLC na Obrázku 50. Jedná se o model Tecomat Foxtrot C1014 rozšířený o modul výstupů OS-1401 a modul vstupů IB-1301. Všechny vstupy a výstupy jsou vyvedeny na již zmíněnou sběrnici využívající IDC-10 konektory. Komunikační rozhraní, nazvané Terminal, bylo navrženo se stejným fyzickým rozložením, za účelem zjednodušení vzájemného propojení. Konektor vlevo nahoře (1) na modulu PLC na Obrázku 50 odpovídá konektoru vlevo nahoře na terminálu.

Rovněž bylo nutné zvolit konektory pro druhou stranu terminálu, tedy pro připojení stávajících vodičů, které byly připojeny do původního PLC. Zde byla vybrána možnost rozpojitelné svorkovnice (Obrázek 51) v rozložení deset svorkovnic po pěti pinech.

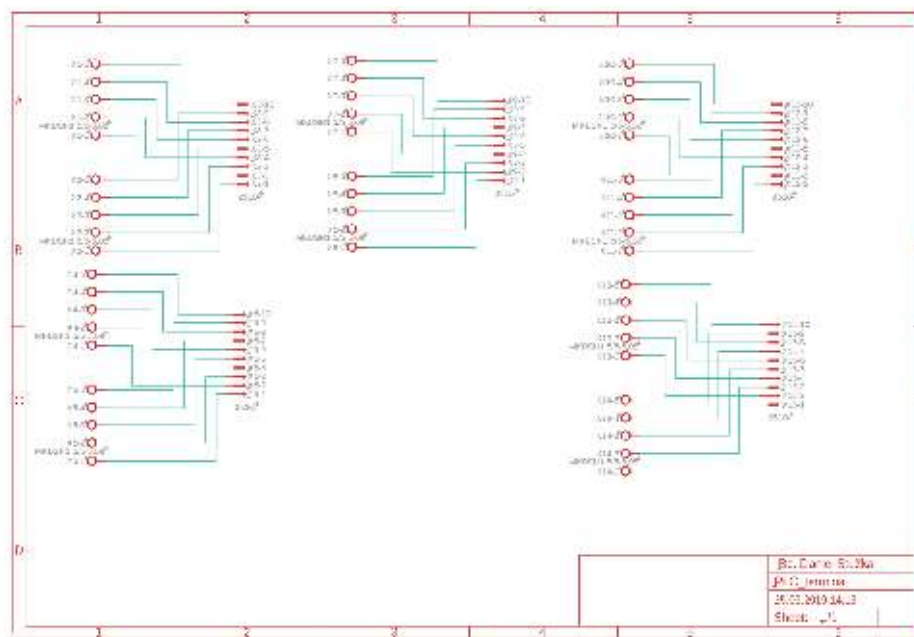


Obrázek 51 Rozpojitelné svorkovnice s pěti piny [28]

Dohromady je tedy možné na komunikační rozhraní připojit padesát vodičů. Rozpojitelnost svorkovnic byla výhodou především při přepojování vodičů z původního PLC

6.1 Návrh desky plošných spojů komunikačního rozhraní

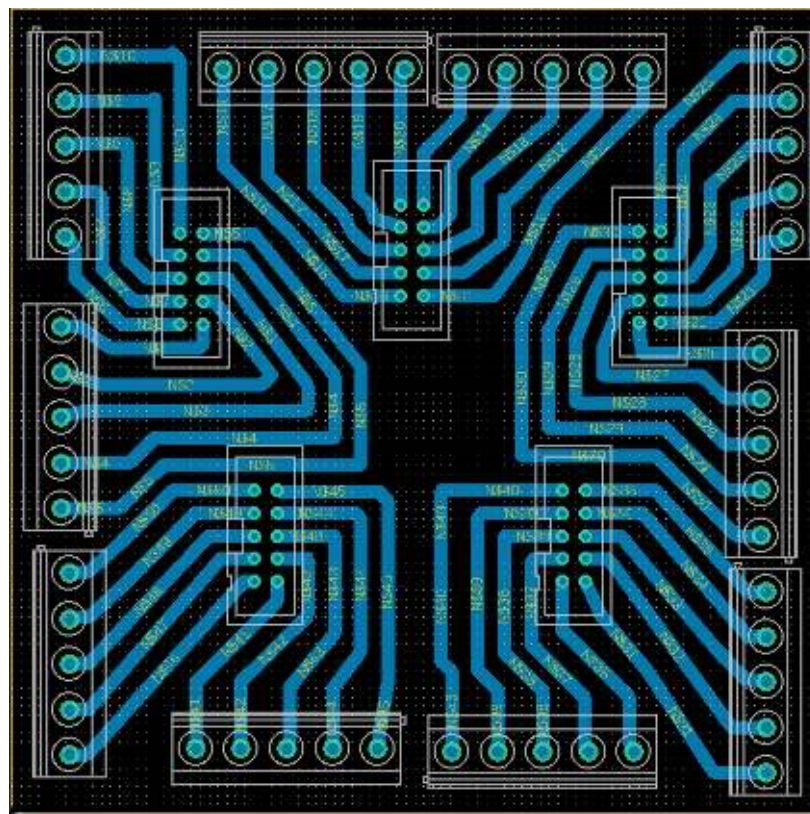
Komunikační rozhraní (terminál) bylo navrženo v programu Autodesk Eagle s využitím knihovny obsahující IDC-10 konektory a svorkovnice 2EDG.



Obrázek 52 Výstřižek schématického výkresu terminálu

Výkres plné velikosti je vložen v příloze P IV.

Schéma na Obrázku 52 zobrazuje pouze propojení pinu ze svorkovnic do IDC-10 konektoru. Každá svorkovnice je připojena buď na liché nebo na sudé piny IDC-10. Důvodem je usnadnění návrhu desky plošných spojů (Obrázek 53). Zde bylo nutné rozdělit svorkovnice na liché a sudé.



Obrázek 53 Návrh desky plošných spojů terminálu

Součástky IDC-10 (vprostřed) byly rozvrženy podle již zmíněných požadavků. Součástky svorkovnic byly rozvrženy dle možností velikosti desky, která byla stanovena na 90 x 90 mm. To odpovídá rozměru otvoru, kterým bylo do modelu vsunuto původní PLC.

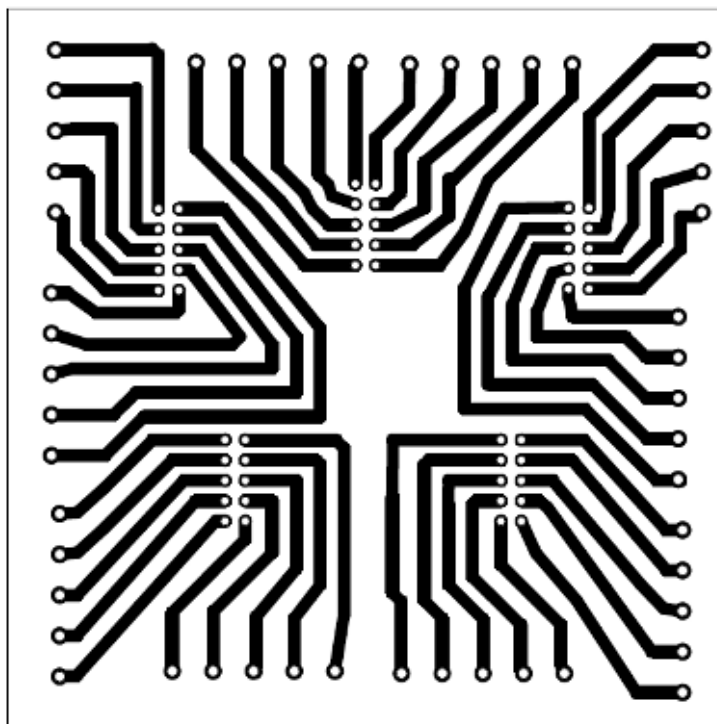
Různorodé natočení svorkovnic v návrhu nemá na výsledný terminál vliv, jelikož bylo nutné pouze dodržet vzdálenosti mezi piny. Tloušťka plošných spojů byla empiricky stanovena na 1 mm, za účelem snížení odporů na co nejnižší úroveň.

Seznam součástek nebo označení součástek na návrhu nebylo nutné z důvodu využití pouze dvou typů součástek, které nelze vzájemně zaměnit. Nutné bylo pouze dodržet klíčování na konektoru IDC-10, aby nedocházelo k mylným připojením.

Protože bylo zapotřebí ponechat IDC-10 konektory na vrchní straně DPS (strana plošných spojů), bylo nutné osadit svorkovnice ze spodní strany (strana s plošnými spoji). Tento typ to díky konstrukci umožňuje i přes to, že na to není na SMD montáž konstruován.

6.2 Výroba desky plošných spojů komunikačního rozhraní

Deska byla vyrobena osvitovou metodou v dílně Střední průmyslové školy Zlín, která je určena a vybavena pro výrobu a úpravu desek. Z návrhu byl vygenerován osvitový negativ obsahující pouze měděné spoje.

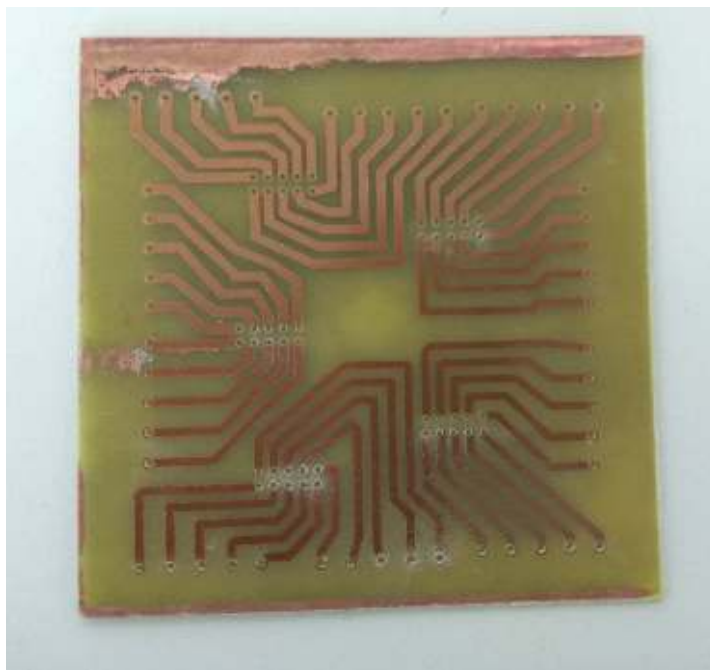


Obrázek 54 Negativ pro osvitovou metodu

Negativ je přiložen 1:1 v příloze P V.

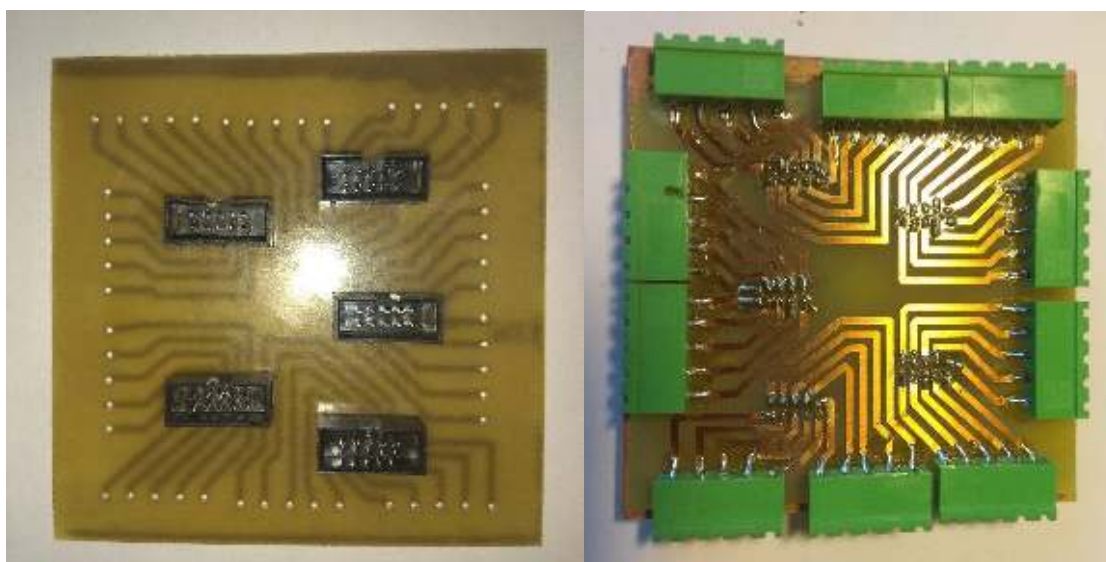
Negativ na Obrázku 54 byl vytištěn na potisknutelnou meotarovou folii a osvícen s cuprextitovou deskou UV zářením po dobu dvou a půl minut v osvitové komoře. Deska již byla nanesena fotocitlivou vrstvou z výroby.

Dále byla deska po osvitu vyvolána v roztoku hydroxidu sodného (NaOH) dokud nebyl viditelný negativ. Následně byla deska očištěna a vložena do přístroje Rotasprej, který na desku pod tlakem stříká leptací kyselinu, která naleptává a odvádí měď. Vyjma částí, kde se nachází neosvícená část, tedy negativ. Závěrem byly do desky vyvrtány odpovídající otvory pro osazení součástek. Deska stále v této fázi obsahovala neosvícený fotocitlivý prvek.



Obrázek 55 Deska po první výrobní fázi

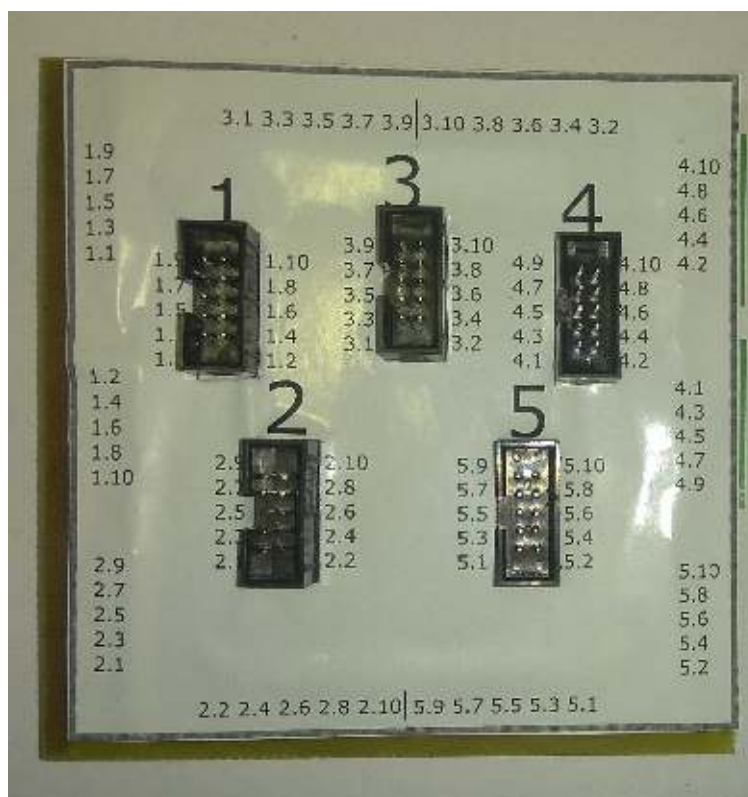
Další fází výroby byla úprava, tedy oškrábání nevyleptaných částí, zastřížení to požadovaného tvaru a proměření vodivosti spojů. Deska v tomto stavu je zachycena na Obrázku 55. Dále byly spoje očištěny od fotocitlivé vrstvy a osazeny IDC-10 konektory, což je ukázáno na Obrázku 56.



Obrázek 56 Osazení desky z obou stran

Po osazení byla proměřena všechna vodivá spojení s pozitivním výsledkem. Rozměr desky v závěru převýšil požadavky. Tím byla změněna metoda umístění desky.

Pro desku byl vytvořen polep, usnadňující přepojování a zvyšující přehlednost mezi vodiči a spoji. Polep je již nalepen na desce na Obrázku 57.



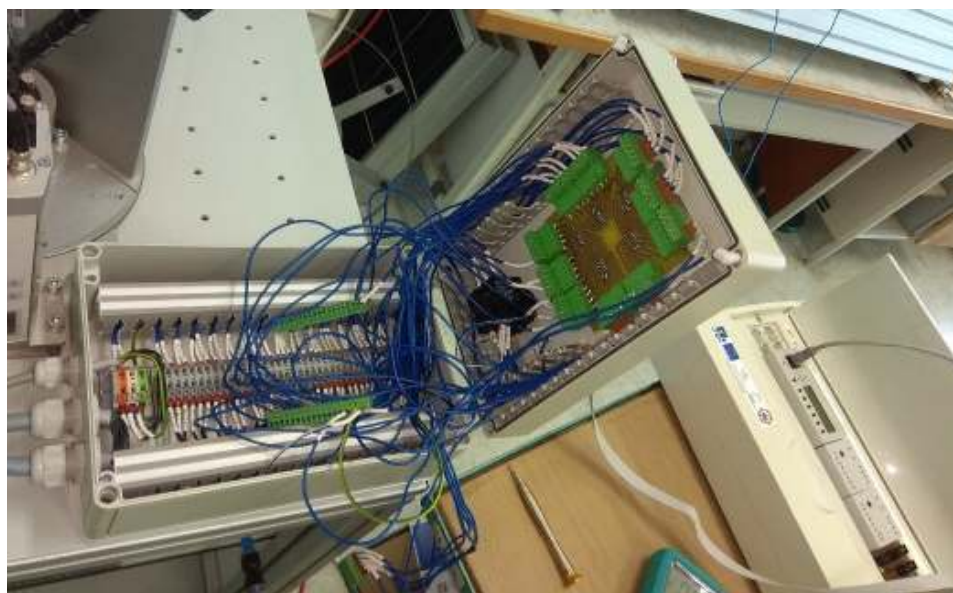
Obrázek 57 Hotový terminál s označujícím polepem

Čísla na polepu jsou vyobrazena dvakrát. Jednou na konektoru IDC a následně na odpovídajícím pinu, z druhé strany, na svorkovnici 2EDG. Číselná označení se shodují s dokumentací, především s tabulkou zapojení. Polep rovněž označuje jednotlivé IDC, což snižuje pravděpodobnost špatného připojení ze strany studentů.

6.3 Připojení komunikačního rozhraní k modelu a PLC

Při připojování terminálu bylo odejmuto původní PLC a vodiče byly přepojovány s využitím vypracované dokumentace a původního zapojení do nového PLC. Přepojování probíhalo postupně od první liché svorkovnice po pátou sudou. Spojení každého vodiče bylo proměřováno mezi vstupně výstupní svorkovnicí S, na výukovém modelu, a konektorem IDC-10. Po vyhotovení propojovacích kabelů byla vodivost proměřena znovu s využitím samice IDC na druhé straně kabelu. Obrázek 58 vyobrazuje stav při přepojování vodičů z původních konektorů pro PLC Unitronics. Po připojení vstupně výstupních vodičů bylo nutné připojit společnou zem pro všechny IDC a externí napájení pro IDC 2 a 5, která jsou určena pro

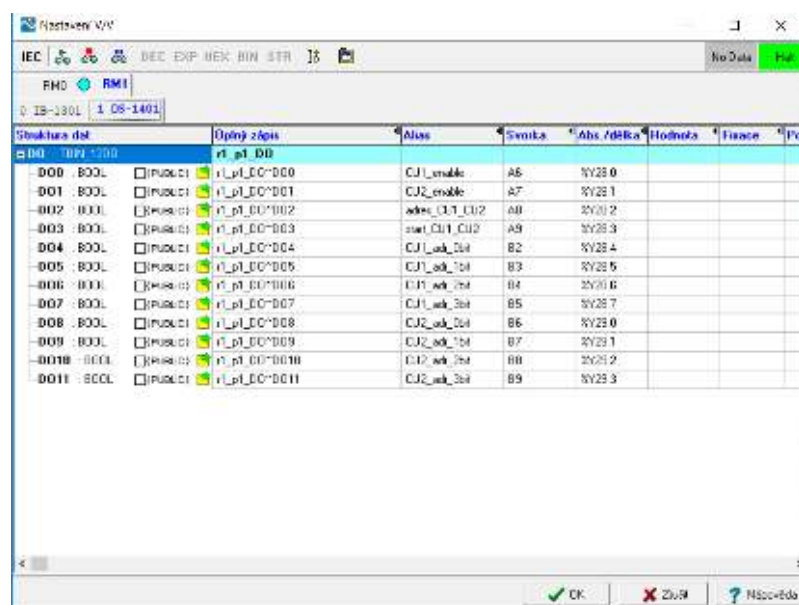
výstup z PLC. Problém bylo nutné vyřešit externími vodiči. Tento problém může být vyřešen přímo na DPS v další verzi terminálu.



Obrázek 58 Přepojování vodičů do terminálu

6.4 Diagnostika připojení PLC k modelu

Po plném připojení a ukotvení terminálu bylo připojeno všech pět kabelů do PLC a byla provedena prvotní diagnostika pomocí světelné indikace vstupů. Poté byl vytvořen prázdný program v jazyce ST v prostředí Mosaic, pro otestování výstupů s porovnáním s indikací na PLC. Hodnoty byly měněny přímo v konfiguračním prostředí, které je na Obrázku 59.



Obrázek 59 Ukázka konfigurace na výstupním modulu OS-1401

Po úspěšném otestování všech výstupů byla sestavena základní sekvence na pohyb motoru do požadované polohy. Prvně je nutné provést inicializaci modelu.

```
CU1_enable:=true;           // CU1 povolen
CU2_enable:=true;           // CU2 povolen
adres_CU1_CU2:=false;      //aktivní false -> CU1
start_CU1_CU2:=false;
```

Zdrojový kód 1 Inicializace modelu

Zdrojový kód 1 nastavuje oba motory do povoleného stavu, nastavuje adresu na servopohon CU1 a start nastavuje na hodnotu false.

```
case miniStav of
0:
    start_CU1_CU2:=false;
    CU1_adr_0bit:=true;
    CU1_adr_1bit:=true;
    CU1_adr_2bit:=true;
    CU1_adr_3bit:=true;
    citac_1 := citac + 10;
    miniStav:=1;

1:
    if(citac_1 = citac) then
        miniStav:=2;
    end_if;

2:
    if(CU2_MC=true AND CU1_MC=true) then
        start_CU1_CU2:=true;
        miniStav:=3;
    else
        miniStav:=0;
    end_if;

3:
    hlavniStav:=10;
    miniStav:=0;
end_case;
```

Zdrojový kód 2 Pohyb horizontální na pozici homing (kalibrace)

Zdrojový kód 2 provádí kalibraci horizontálního pohonu. V `miniStav=0` je start dán na false, protože je nutné před každým nahráním adresy start na 0. Následně je nahrána bitová adresa 15 (homing). V další části kódu bylo nutné zařadit ochranný čítač, jelikož motor obsahuje nedostatek. Pokud ihned po startu motoru je dotázán na dokončení pohybu (`CU1_MC`), vyhodnotí situaci jako pozitivní, pohyb nevykoná a pokračuje se dál v programu. Pomocí čítače se počká 10 ms a je kontrolováno, zda se motor nehýbe z předchozího

stavu. Pokud ne, je spuštěn. Program bylo nutné psát jako konečný automat, jelikož je zpracováván v PLC cyklicky. Bylo by výhodné pohyb vyřešit pomocí podprogramu, do kterého by se pouze zadávala požadovaná adresa skladovací police.

Sekvence kontroly dokončení pohybu se provádí v každém kroku a bylo by také vhodné ji realizovat pomocí podprogramu nebo funkce

Následně byl napsán program pro úchop a odložení materiálu.

```
// vzit prvek

                                case uchopStav of
                                0:
                                    Chap_vertik:=true;
                                    if (Chap_dol_pol=true) then
                                        chap_celisti:=true;
                                        uchopStav:=1;
                                    end_if;
                                1:
                                    if (Chap_close=true) then
                                        Chap_vertik:=false;
                                        ministav:=-1;
                                        uchopStav:=0;
                                    end_if;
                                end_case;

// vzit prvek konec
```

Zdrojový kód 3 Sekvence úchopu

```
// pustit prvek

                                case uchopStav of
                                0:
                                    Chap_vertik:=true;
                                    if (Chap_dol_pol=true) then
                                        chap_celisti:=false;
                                        uchopStav:=1;
                                    end_if;
                                1:
                                    if (Chap_open=true) then
                                        Chap_vertik:=false;
                                        ministav:=-1;
                                        uchopStav:=0;
                                    end_if;
                                end_case;

// prvek konec
```

Zdrojový kód 4 Sekvence upuštění (položení)

Programy (Zdrojový kód 3 a Zdrojový kód 4) jsou téměř totožné, liší se pouze v příkazu chap_celisti (true – úchop; false – propuštění) a následném porovnání otevřenosti nebo uzavřenosti chapadla. Poté se opět chapadlo zdvihne.

Výsledkem diagnostiky je program, využívající všechny vstupy a výstupy zařízení při činnosti výměny dvou materiálů na třech pozicích. K programu byl vytvořen také panel, umožňující automatické nebo ruční řízení. Při automatickém řízení začíná program kalibrací pozic servopohonů pomocí postupného najetí obou do polohy homing.

Jednoduchý panel ovládání				Ovládání:	
Stavy vstupů a výstupů					
vstupy:	stav	výstupy:	stav	start	
CU1 ready	:::~::	CU1 poloha 0.bit	:::~::	:::~::	
CU1 MC-pohyb hotov	:::~::	CU1 poloha 1.bit	:::~::	:::~::	
CU2 ready	:::~::	CU1 poloha 2.bit	:::~::	:::~::	
CU2 MC	:::~::	CU1 poloha 3.bit	:::~::	:::~::	
CHAPADLO NAHOŘE	:::~::	CU1 enable	:::~::	:::~::	
CHAPADLO DOLE	:::~::	CU2 poloha 0.bit	:::~::	:::~::	
B3 MC VER. MAN.POVOLENA	:::~::	CU2 poloha 1.bit	:::~::	:::~::	
CHAPADLO OTEVŘENÉ	:::~::	CU2 poloha 2.bit	:::~::	:::~::	
CHAPADLO UZAVŘENÉ	:::~::	CU2 poloha 3.bit	:::~::	:::~::	
magnetický mater.	:::~::	CU2 enable	:::~::	:::~::	
material u chapadla	:::~::	adresa CU1/CU2	:::~::	:::~::	
barva1	:::~::	(nahrání polohy)	:::~::	:::~::	
barva2	:::~::	adresa CU1/CU2	:::~::	:::~::	
barva3	:::~::	(start 1/2)	:::~::	:::~::	
barva4	:::~::	chapadlo: vertikální posuv	:::~::	:::~::	
		celisti	:::~::	:::~::	
		barva: barva naučit	:::~::	:::~::	
		barva potlačit	:::~::	:::~::	

Obrázek 60 Panel diagnostického programu v režimu simulace

Panel na Obrázku 60 obsahuje možnost startu automatického režimu a jeho zastavení. Zastavení je ošetřeno podmínkou ve Zdrojovém kódu 5 proto, aby nedocházelo k okamžitému ukončení funkce. Program dokončí poslední pohyb a díky tomu servopohony neztratí aktuální pozici.

```

if (stop=true and miniStav=0) then
    hlavniStav:=0;
    miniStav:=0;
    start:=false;
    stop:=false;
end_if;

```

Zdrojový kód 5 ošetření proti okamžitému zastavení

Pokud je zmáčknuto tlačítko stop a zároveň je dokončena jedna sekvence (miniStav=0), tak teprve potom se program ukončuje a je ho možné znovu zapnout (včetně kalibrace).

Též je vynulováno tlačítko stop. Ovládání automatického režimu tedy funguje jako RS klopný obvod. V manuálním režimu je možné měnit stav všech výstupů.

Další diagnostické programy nebyly vypracovány z důvodu vypracování laboratorních úloh pro výuku automatizace s využitím tohoto modelu. Kompletní diagnostický program archivovaný je přibalen v elektronické příloze jako VMSP_Diagnostika. Na Obrázku 61 je fotka propojení mezi komunikačním rozhraním a prozatímním PLC Foxtrot pro účely diagnostiky a tvorby úloh.



Obrázek 61 Připojené (neukotvené) komunikační rozhraní k PLC Foxtrot

7 NÁVRH LABORATORNÍCH ÚLOH

Byly navrženy čtyři laboratorní úlohy s rostoucí složitostí, které jsou vzájemně tematicky propojeny, tzn. že k práci na další úloze potřebují mít znalosti nebo části ze současné úlohy. Úlohy se soustředí na využití postupně všech prvků výukového modelu. Jsou cíleny na PLC Foxtrot, ale mohou být provedeny za pomoci jiného PLC nebo například mikropočítače s odpovídajícím komunikačním modulem.

Úlohy se zaměřují na žáky, kteří již mají s programováním PLC zkušenosti. Výukový model patří k těm složitějším v laboratoři a jeho programování patří spíše zdatnějším žákům, kteří mají hotové standardní úlohy na běžných modelech a modulech. Pedagog úlohy zadává ve formě problému, který žáci mají vyřešit a žákům poskytuje pouze obecné rady. Konkrétní problém musejí žáci vyřešit sami vzhledem ke komplexnosti a složitosti modelu.

Každá úloha obsahuje číselné označení, název, obecný popis, strukturované zadání v několika bodech, poznámky pro žáky a ukázkou vyňatou ze vzorového programu, která může žákům napomoci v začátcích řešení úlohy.

Pro účely programování bez nutnosti konfigurace vstupů a výstupů byl pro úlohy vytvořen archiv VMSP_prazna_uloha. Jedná se o prázdný nakonfigurovaný nový projekt, do kterého jen stačí psát v jazyce ST. Aliasy vstupů a výstupu si mohou žáci také přepsat dle vlastního uvážení. Tento archiv společně s archivy vypracovaných úloh je přiložen v elektronické příloze. Pro ukázkou kompletní podoby úlohy je v práci přiložena laboratorní úloha 1 (Příloha P VII). Seznam aliasů s popisem je přiložen k dokumentaci a obsažen v příloze P VI.

7.1 Laboratorní úloha 1.

První úloha se soustředí na seznámení se s pracovištěm a naprogramováním jednoduchého úkonu. Prakticky se jedná o pročtení dokumentace s možností doplňujících otázek na učitele a následné vytvoření programu, který na modelu bude přesouvat materiál mezi dvěma pozicemi. Úloha je popsána jako:

V této úloze se seznámíte s pracovištěm výukového modelu skladovacího pracoviště a naprogramujete si jednoduchý program strukturovaného textu, který přesune materiál na skladovací polici.

Popis slouží jako úvod do úlohy, aby si žáci dokázali představit cíl a smysl této úlohy. V tomto případě se jedná o první úlohu a je tedy od žáků požadováno seznámení se s pracovištěm a případně dotazování učitele na nejasnosti.

Zadání úlohy:

Přečtete si dokumentaci a návod k obsluze přiložené na pracovišti

Vytvořte program v jazyce strukturovaného textu (ST), který posune chapadlo na polici z horizontální pozice 0 na pozici 4. (Nezáleží na vertikální pozici)

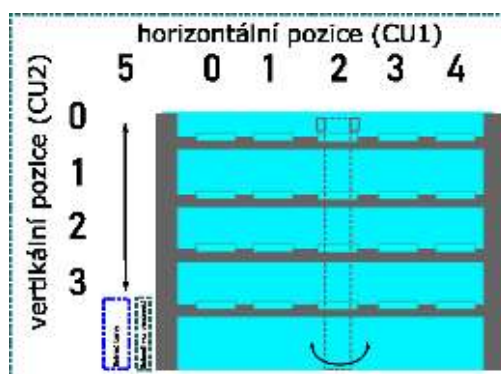
Vylepšete program o úchop v pozici 0 a upuštění v pozici 4.

Přesuňte pomocí chapadla materiál z pozice 0 na pozici 4 a zpět. Tento program se bude cyklicky opakovat.

Zadání zde jsou pro žáky formulované jako výukově vzdělávací cíle této úlohy. V zadání ovšem nebylo možné navrhnout žákům možné postupy nebo rady. Proto byla v úloze vytvořena poznámka, která například v úloze jedna obsahuje:

Využijte podmínku CASE ... OF a navrhnete program jako konečný automat

Pro orientaci na pozicích, využijte nákres:



Rozložení pozic na skladovacích policích

Je možné využít přiložených vzorových programů pro zjednodušení pochopení práce s modelem (archiv VMSP_Uloha_c1)

Cílem poznámky je osvětlit žákům základní principy úlohy, zde například nutnost logického přístupu k úloze (konečný automat), orientační nákres pozic na skladovacím pracovišti a závěrem možnost využít vzorovou vypracovanou úlohu. Poslední částí úlohy je ukázka z programu (Obrázek 62), kde je vyňata podstatná část programu, která žákům pomůže pochopit základní princip práce s pohony a upozornit je na nedostatek při ovládání motoru. Tato část je zároveň okomentována pro zvýšení přehlednosti v kódu.

```

case miniStav of
0
    adms_CU1_CU2:=false;           pohyb CU1 servopohonom
    start_CU1_CU2:=false;         neslartovat

    CU1_adr_0bit:=false;
    CU1_adr_1bit:=false;
    CU1_adr_2bit:=false;
    CU1_adr_3bit:=false;           adresa 0 binárně 0000 pro CU1

    citac:=citac+10;               nutnost 10ms čekání
    miniStav:=1;

1:
    if(citac_1 = citac) then
        miniStav:=2;             nutnost 10ms čekání
    end if;

2:
    if(CU2 MC=true AND CU1 MC=true) then
        start_CU1_CU2:=true; Start pouze pokud se ani jeden motor nehýbe
        miniStav:=3;
    else
        miniStav:=0;             pokud se některý motor hýbe -> zpět na začátek
    end if;

3:
    miniStav:=0;
    hlavníStav:=14;
    "Přejdi do dalšího nadřazeného stavu automatu (13->14)"
    "Následovat může například úchop"
end case;

```

Obrázek 62 Ukázka z programu v úloze číslo jedna

Plná verze ukázky na Obrázku 62 je dostupná v příloze P VII.

Úloha je splněna ve chvíli, kdy žáci rozumí principu ovládání servopohonu a práce s chapadlem a mají navržený vlastní program.

7.2 Laboratorní úloha 2.

Druhá úloha se zaměřuje na vytvoření funkčního bloku, který řeší složitost zadávání a manipulace s motory (chapadly). Cílem je napsat podprogram (funkční blok) do kterého stačí zadat jako parametr pouze adresu pozice. Chapadlo se do dané pozice poté přesune. Tato úloha má také ukázat výhody prací s podprogramy, které “ulevují” hlavnímu programu.

Úloha je popsána:

V této úloze naprogramujete funkci, která umožní přesun prvku mezi policemi s využitím adresného systému. Do funkce se bude zadávat pozici ve tvaru [m;n].

Úloha nevychází přímo z první úlohy, ale může zde být část úlohy první využita a přidána pouze logika mezi hlavním programem a funkčním blokem.

Zadání úlohy:

Vyhotovte kalibrační program, který se vykoná jako první a přesune postupně oba motory do pozice homing (pozice 15 - 1111b).

Vytvořte funkční blok, který bude brát jako parametr adresu ve tvaru $m; n$ (řádek sloupec) a dle ní se přesune na danou skladovací pozici.

Napište program využívající zmíněný funkční blok, který bude přesouvat materiál mezi pozicemi 0;0 a 3;3.

Kalibrační program je možné použít přiložený nebo napsat vlastní. Jedná se pouze o postupné najetí motorů do pozic 15. Tím dojde ke kalibraci všech pozic. Funkční blok nefunguje sám o sobě a je tedy nutné jej implementovat do jednoduchého programu. Ten bude pro žáky viditelně přehlednější a menší než v úloze první.

V poznámce je opět přiložen nákres pozic a možnost využití vzorového programu při problémech nebo pro inspiraci a objasnění. V závěru úlohy je opět umístěn výňatek ve vzorového programu, který je klíčový k dané úloze. Výňatek je jako v předchozím případě komentován.

7.3 Laboratorní úloha 3.

Třetí úloha je cílena na vytvoření grafického prostředí, které bude zobrazovat zaplněnost jednotlivých skladovacích pozic. Žáci mohou využít program z předchozích úloh a rozšířit jej o funkci zajišťující evidenci pozic, načtení zaplnění zařízení a podobně. Dále vytvořit simulovaný panel nebo webovou stránku ve Webmaker, která bude pozice zobrazovat.

Úloha je popsána:

V této úloze naprogramujete funkci, která bude v panelu nebo Webmakeru zobrazovat matici skladovacích pozic a indikovat zaplněnost pozice.

Úloha pracuje s úlohou předchozí, ovšem není to nutné. Žáci tedy nemusejí pro pohyb využívat funkční bloky, ale je jim to doporučeno

Zadání úlohy:

Vytvořte panel (nebo web), který bude zobrazovat stav každé pozice ve skladovací polici.

Vytvořte funkční blok, který bude brát parametr adresy (může být), bude využívat panel a měnit proměnné zobrazující pozice.

Napište program využívající zmíněný funkční blok, který bude přesouvat materiál z 0. police mezi zbylé police, které bude plnit od 0. pozice.

Integrujte do programu kalibrační program ve formě funkčního bloku.

Zadání problém rozděluje do tří bodů s přidavkem přesné funkce hlavního programu a nutností integrovat kalibrační podprogram.

V poznámce je přiložen nákres pozic a možnost využít vzorové příklady, jako v úlohách předchozích. V závěru je také umístěn komentovaný výňatek ze vzorového programu.

7.4 Laboratorní úloha 4.

Záměrem poslední úlohy je plnohodnotné využití modelu s integrací všech předchozích úloh. Jedná se prakticky o zatím závěrečnou úlohu pro práci s modelem. Program bude schopen roztrždit materiály podle parametrů jako jsou magnetické vlastnosti a barva. Bude využívat funkční bloky a grafické prvky z předchozích úloh.

Úloha je popsána:

V této úloze naprogramujete funkci, která bude třídit materiál podle vámi zvolených parametrů a implementuje všechny funkce z předchozích úloh do komplexního řízení výukového modelu skladovacího pracoviště.

Úloha zastřešuje práci se všemi prvky modelu a dává základ pro žákovské osobní úlohy, které by chtěli na modelu realizovat. Případně dává žákům možnost model vylepšit o jimi zjištěné nedostatky.

Zadání úlohy:

Vytvořte funkční blok bez parametru, který bude posouvat materiál na kontrolní pozici [3;5] a třídit do polic.

Využijte funkce z předchozích úloh pro pohyb, zobrazování zaplnění pozic, kalibraci a grafické prvky.

Napište program využívající zmíněné funkční bloky, který bude brát materiál ze spodní police a třídit jej do zbylých polic (dle vašeho kritéria). Police bude plnit od pozice 0. po 5.

Zadání v posledním bodě stanovuje možné využití třídění prvků. Žáci si mohou tento bod zadání stanovit i sami, pokud splní body předchozí. Úloha obsahuje možnost využít vzorovou úlohu a také informuje o nutnosti nastavit barvy na senzoru barvy dle dokumentace. Poslední části úlohy je opět komentovaný výňatek z vzorového programu.

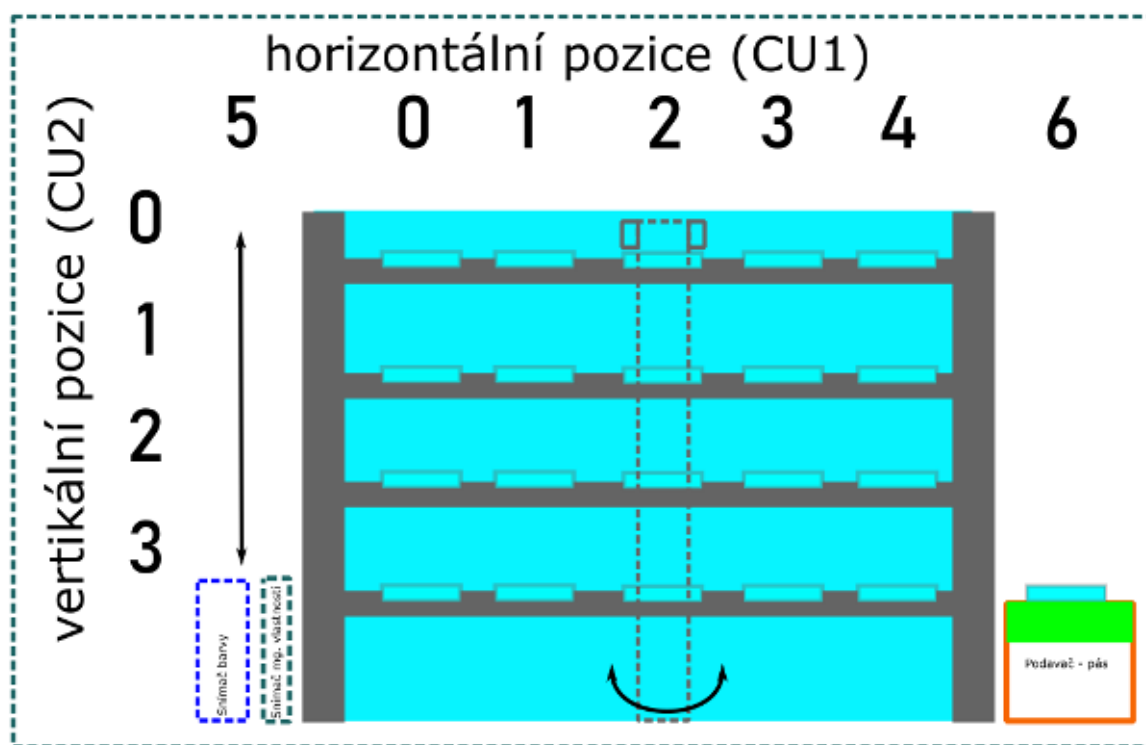
8 ROZŠÍŘENÍ VÝUKOVÉHO MODELU

Při používání výukového modelu ve výuce byl zjištěn nedostatek při realizaci komplexních úloh jako je například laboratorní úloha 4. Model při tomto využití působí velmi omezeně a nekompletně.

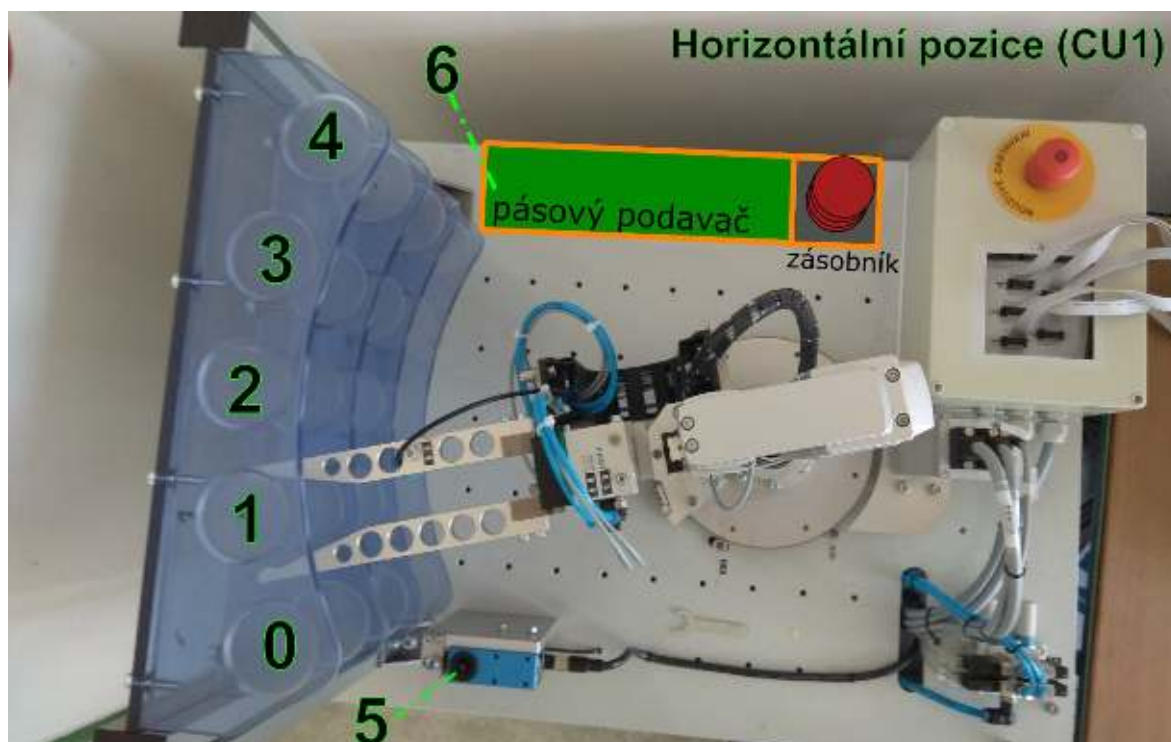
Proto byly sepsány možné návrhy na rozšíření výukového modelu o jiné prvky laboratoře, případně jiné modely nebo přidání prvků nových. To vše z důvodu celistvého působení modelu na žáky a možnosti představit si reálné využití podobné konstrukce v průmyslu.

8.1 Podavač

Prvním navrhovaným prvkem, kterým laboratoř i disponuje je podavač. V případě využití prvku z laboratoře se jedná o transportní pás, který by mohl být na model ukotven v levé části skladovacích police, na nově vytvořené horizontální pozici 6. Tento návrh je zakreslen na Obrázku 63.



Obrázek 63 Nákres skladovacích pozic pro vstup nebo výstup materiálu



Obrázek 64 Možné umístění podavače na reálném modelu

Na Obrázku 64 je vidět možné umístění podavače na fotografii výukového modelu. Pozice pro úchop materiálu na podavači byla označena 6, z důvodu zachování aktuálního označení. Při realizaci by bylo ovšem vhodné zvážit přečíslování pozic. Na straně podavače (pozice 6) by bylo vhodné dát zarážku v místě, kde bude docházet k úchopu materiálu. Na straně druhé pak by mohl být sestaven zásobník materiálu (například tubus) s podavačem ve spodní části, který by prvek vysunul na pás.



Obrázek 65 Pásový dopravník v laboratoři automatizace

Na Obrázku 65 je pásový dopravník, kterým disponuje laboratoř automatizace. Tento dopravník obsahuje krokový motor, který vyžaduje řídicí elektroniku jako je H můstek a mikropočítač. Tyto prvky by bylo dobré integrovat do předřadné desky, v případě připojení na výukový model. Dále by bylo nutné obvody napěťové oddělit, jelikož model i PLC pracují

na 24 V, zatímco mikropočítače běžně na 5 V. Výsledkem by mohli být dva přídavné výstupní vodiče, které by byly připojeny do S svorkovnice (vůči zemi) a též přes terminál do PLC. Jeden by sloužil pro jízdu jedním směrem a druhý opačným směrem. Dále by byl do svorkovnice vůči zemi připojen vodič pro prvek, který by obsluhoval podavač materiálu.

Bylo by také možné, jelikož je model na kolečkách, jej učinit “propojitelný” s jiným modelem v laboratoři, který by mu podavač/vydavač nahrazoval.

8.2 Panel

Dalším možným rozšířením modelu je ovládací panel, který by buď přímo rozšiřoval model nebo pouze PLC a byl by využit k ovládání modelu. Jednalo by se pravděpodobně o panel, který komunikuje přes sériový port a disponuje jím laboratoř.



Obrázek 66 Operátorský panel v laboratoři (ID-08)

Panel na Obrázku 66 obsahuje display 4x20 znaků a 26 tlačítek, které kódově komunikují s PLC přes RS-232, RS 422 nebo RS 485. Znaky mají přesná kódová označení podle tabulky na Obrázku 67. [33]

kláv.	kód	kláv.	kód	kláv.	kód	kláv.	kód
↵	\$0D	/	\$2F	7	\$37	F5	\$F5
↑	\$18	0	\$30	8	\$38	F6	\$F6
↓	\$19	1	\$31	9	\$39		
→	\$1A	2	\$32	C	\$7F		
←	\$1B	3	\$33	F1	\$F1		
+	\$2B	4	\$34	F2	\$F2		
-	\$2D	5	\$35	F3	\$F3		
.	\$2E	6	\$36	F4	\$F4		

Obrázek 67 Kódová označení kláves na panelu [33]

Panel by mohl být využit pro zobrazování informací, obsluhu nebo například pro rozhodovací příkazy operátora.

Jinou možností je využít separátní panel, který využívá pro připojení ethernet. Tento typ panelu ovšem již nerozšiřuje model a může být využit pro více PLC.

8.3 Tlačítka a přepínače

Výukový model by bylo také potřebné rozšířit o vlastní tlačítka a přepínače, která nejsou na panelu. Tlačítka by mohla být na model přidána ve formě tlačítkového modelu vedle elektromagnetických ventilů.

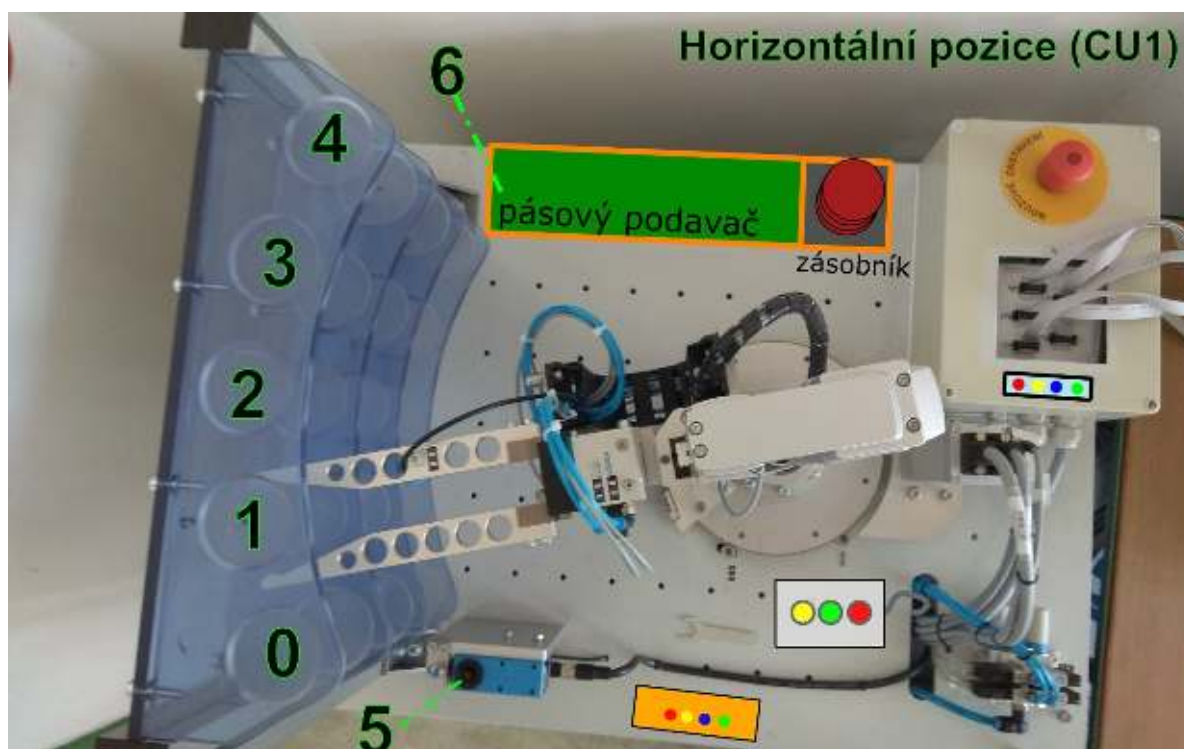


Obrázek 68 Malý tlačítkový modul [34]



Obrázek 69 Průmyslový tlačítkový modul [35]

Malý tlačítkový modul na Obrázku 68 by mohl být integrován do vstupně výstupní skříně nebo na plochu vedle ventilů. Musel by ovšem být vsazen do připraveného boxu, který by se vytiskl například na 3D tiskárně. Průmyslový modul na Obrázku 69 by naopak mohl být mobilní do vzdálenosti vodičů, na kterých by byl přidělán. Oba moduly mají tlačítka barevně rozlišena a bylo by tedy nutné je pouze označit příslušným číslem vstupu, na který budou připojena. Obrázek 70 vykresluje možnou podobu modelu po přidání podavače a možnosti umístění tlačítkových modulů.



Obrázek 70 Nákres možných řešení přidání tlačítek k modulu

ZÁVĚR

V této práci byl pro výuku automatizace zprovozněn model skladovacího pracoviště, který je možné řídit jak pomocí PLC, tak pomocí mikropočítače s využitím spínané 24V logiky, například Arduino Mega s 24V shield. Model pro připojení využívá školní standard pěti 10-pin IDC vodičů. Na modelu je nyní možné realizovat navržené úlohy, případně vlastní žákovské úlohy.

V teoretické části byla sepsána rešerše týkající se elektrických a pneumatických signálů, akčních členů pracujících s těmito signály. Rovněž byly popsány programovatelné automaty, jejich druhy a typy programovacích jazyků odpovídající standardu Codesys. Hlavní částí byl podrobný popis jednotlivých prvků výukového modelu, který byl využit při uvádění modelu do chodu. Dále byly v teoretické části sepsány didaktické zásady pro práci v laboratoři, s výukovými modely a pro vypracování laboratorních úloh pro žáky. Závěrem této části byly popsány nástroje využitě při tvorbě praktického výstupu.

V praktické části byla zpracována technická dokumentace obsahující kusovník, elektronické schéma zapojení, tabulku zapojení a poznámky pro práci s modelem. V další kapitole byl popsán návrh a výroba komunikačního rozhraní, tedy desky plošných spojů kompatibilní se sběrnici SŠ. Také bylo pospáno nahrazení původního PLC tímto terminálem a následná diagnostika funkce rozhraní a modelu. Byl navržen diagnostický program, který umožňuje ruční ovládání modelu na nejnižší úrovni (ovládání výstupů) a také obsahuje možnost automatického ovládání, které využívá veškeré výstupy. Pro účely výuky byly navrženy laboratorní úlohy s rostoucí obtížností, které na sebe tematicky navazují. Tyto úlohy byly také na modelu realizovány pro účely výuky a ověření jejich splnitelnosti. Závěrem praktické části byly navrženy a vypsány možná rozšíření modelu. Tato rozšíření by mohla přispět pro zlepšení celistvého dojmu. Jedná se o podavač materiálu, tlačítkový modul a případně fyzický operátorský panel.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. *PLC a automatizace*. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 978-80-86056-58-6.
- [2] MAIXNER, Ladislav. *Mechatronika: učebnice*. Brno: Computer Press, 2006. Učebnice (Computer Press). ISBN 80-251-1299-3.
- [3] Tutorial 3: Cylinders | RIG NITC. RIG NITC | Robotics Interest Group [online]. Copyright © 2015 RIGNITC [cit. 12.09.2018]. Dostupné z: <http://www.rignitc.com/pneumatics-tutorial-3/>
- [4] Saia PCD1.M2xxx series - Saia Burgess Controls (SBC). DirectIndustry - The online industrial exhibition: sensors, automation, motors, pumps, materials handling, packaging, etc. [online]. Copyright © 2018 [cit. 13.09.2018]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/saia-burgess-controls-sbc/product-58769-1565682.html>
- [5] Integrácia systémov v inteligentnej budove pre systém Foxtrot. ATP Journal - priemyselná automatizácia [online]. Copyright ©2010 [cit. 13.09.2018]. Dostupné z: https://www.atpjournals.sk/budovy-2/fotogaleria-idb-2012/integracia-systemov-v-inteligentnej-budove-pre-system-foxtrot.html?page_id=15342
- [6] China Pr-6DC-Da-R Without LCD Programmable Logic Controller, - Yueqing Ann Electric Co., Ltd. [online]. Copyright © 1998 [cit. 13.09.2018]. Dostupné z: <https://annelectric.en.made-in-china.com/product/hNmXjUtDuQWJ/China-Pr-6DC-Da-R-Without-LCD-Programmable-Logic-Controller-Smart-Relay-Micro-PLC-Controller-Ce-RoHS.html>
- [7] KOVÁŘ, Ing. Josef, Ing. Zuzana PROKOPOVÁ a Ing. Ladislav ŠMEJKAL, CSC. Programování PLC. *Střední průmyslová škola Zlín* [online]. Zlín: SPŠ Zlín [cit. 2018-09-13]. Dostupné z: https://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_plc.pdf
- [8] Servo Motor Controllers. Jameco Electronics - Electronic Components Distributor [online].]. Copyright © 2017 Jameco [cit. 17.09.2018] Dostupné z: <https://www.jameco.com/jameco/workshop/howitworks/how-servo-motors-work.html>
- [9] Programovací režimy pro PLC dle IEC 61131-3 (CoDeSys) | Automatizace.HW.cz. Automatizace.HW.cz | Elektronika v automatizaci[online]. Copyright © 1997 [cit. 24.02.2019]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/programovaci-rezimy-pro-plc-dle-iec-611313-codesys>

- [10] Programování PLC podle normy IEC 61 131-3 v prostředí Mosaic. Tecomat [online]. Kolín: Tecomat, 2017, listopad 2007 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00321_01_mosaic_progiec_cz
- [11] What is HMI?. Inductive automation [online]. Folsom CA: inductive automation [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>
- [12] Control Loop Hardware. Facstaff: Christian Brothers University [online]. Memphis: Christian Brothers University, 2003 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <http://facstaff.cbu.edu/rprice/lectures/loophw.html>
- [13] Profesionální výukový model PRACOVISTĚ SKLADOVACÍHO: návod k použití. Rožnov pod Radhoštěm, 2013.
- [14] Motor Unit MTR-DCI: FESTO Description [online]. Esslingen: FESTO, 2012 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/504180/MTR-DCI_en.pdf
- [15] WTB4-3P1361 | Optoelektronické snímače | SICK. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2019 SICK AG [cit. 26.02.2019]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicke-snimace/optoelektronicke-snimace/w4-3/wtb4-3p1361/p/p221971>
- [16] Product Catalog 2014/2015: SICK [online]. Waldkirch: SICK, 2014 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://cdn.sick.com/media/docs/4/64/564/Product_catalog_Photoelectric_sensors_en_IM0061564.PDF
- [17] CS84-P1112 | Registrační snímače | SICK. [online]. Copyright © 2019 SICK AG [cit. 26.02.2019]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/registracni-snimace/snimace-barev/cs8/cs84-p1112/p/p138058>
- [18] Product Catalog: SICK [online]. Waldkirch: SICK, 2015 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://cdn.sick.com/media/docs/0/70/070/Product_catalog_Registration_Sensors_en_IM0038070.PDF
- [19] Color Sensor: Operating Instructions [online]. Waldkirch: SICK, 2014 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: https://cdn.sick.com/media/docs/9/89/189/Operating_instructions_SENSICK_CS8_4_en_fr_de_da_nl_it_zh_pt_es_IM0015189.PDF
- [20] IME08-04NPSZW2S | Detekční snímače | SICK. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2019 SICK AG [cit. 26.02.2019]. Dostupné z:

<https://www.sick.com/cz/cs/detekcni-snimace/indukcni-snimace/ime/ime08-04npszw2s/p/p228394>

- [21] Magnetický snímač SME-8-S-LED-24 (FESTO - 150857) | Prodej průmyslové . Prodej průmyslové automatizace TECHNOLINE s.r.o. | snímače, elektro pr [online]. Copyright © [cit. 26.02.2019]. Dostupné z: <http://eshop.technoline.cz/magneticke-snimace-festo/2233-magneticky-snimac-sme-8-s-led-24-festo-150857>
- [22] Válce s vedením DFM/DFM: FESTO [online]. Esslingen: FESTO, 2016 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/DFM_CZ.PDF
- [23] Paralelní chapadla DHPS: FESTO [online]. Esslingen: FESTO, 2017 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/DHPS_CZ.PDF
- [24] Solenoid Valves CPE, Compact Performance: FESTO [online]. Esslingen: FESTO, 2009 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/10183/CPE_VU_ENUS.pdf
- [25] Programmable logic controller- Vision130 with integrated HMI. Unitronics- Programmable Logic Controller + Built-in HMI [online]. Copyright © all rights reserved to unitronics [cit. 27.02.2019]. Dostupné z: <https://unitronicsplc.com/vision-series-vision130/#1451657921124-e6e0a431-3292>
- [26] Positioning axes DMES: FESTO [online]. Esslingen: FESTO, 2007 [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: https://www.festo.com/net/SupportPortal/Files/10129/DMES_ENUS.pdf
- [27] MARTINEK, Radislav. Senzory v průmyslové praxi. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 8073001144.
- [28] 5 Pcs 5.08mm Spacing 5Pin PCB Mount Screw Terminal Barrier Block Green. Amazon [online]. Seattle: Amazon, 2019 [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://www.amazon.com/5-08mm-Spacing-Mount-Terminal-Barrier/dp/B00NWEDPIK>
- [29] The PCK of Laboratory Teaching: Turning Manipulation of Equipment into Manipulation of Ideas. Scientia in educatione [online]. 2019, 2013, 4(2), 19 [cit. 2019-03-26]. ISSN 1804-7106. Dostupné z: <https://ojs.cuni.cz/scied/article/view/86/72>

- [30] KALHOUS, Zdeněk a Otto OBST. Školní didaktika. Vyd. 2. Praha: Portál, 2009. ISBN 978-80-7367-571-4.
- [31] VÝCHOVNĚ VZDĚLÁVACÍ CÍLE. Pedagogická fakulta: UJEP [online]. Ústí nad Labem: UJEP [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: https://www.pf.ujep.cz/obecna-didaktika/pdf/Vychovne_vzdelavaci_cile.pdf
- [32] ČSN 01 8003 Zásady pro bezpečnou práci v chemických laboratořích. Praha: Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [33] OPERÁTORSKÉ PANELY ID-07, ID-08. Tecomat [online]. Kolín: Teco, 2017, červen 2004 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: https://www.tecomat.cz/modules/DownloadManager/download.php?alias=txv00225_01_hmi_id-07-08_cz
- [34] 4-CH Push Button Switch Module - Round Caps. Gravitech Thai (Thailand) Electronic Experimental Solutions [online]. Copyright © 2013 [cit. 27.03.2019]. Dostupné z: https://www.gravitechthai.com/product_detail.php?d=3319
- [35] Buy Authentic 3 hole aluminum metal cassette switch start stop button control 3 waterproof junction box junction box a good in Cheap Price on m.alibaba.com. Source Manufacturers, Suppliers, Exporters & Importers on m.alibaba.com [online]. Dostupné z: https://m.alibaba.com/guide/t-shop/authentic-3-hole-aluminum-metal-cassette-switch-start-stop-button-control-3-waterproof-junction-box-junction-box-a-good_79093309.html

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VMSP	Výukový Model Skladovacího Pracoviště
PLC	Programmable Logic Controller
MTBF	Mean Time Between Failures
CoDeSys	Controller Development System
IL	Instruction List
ST	Structured Text
LD	Ladder Diagram
SFC	Sequential Function Chart
FBD	Function Block Diagram
CFC	Continuous Function Char
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
PCB	Printed Circuit Board
DPS	Deska Plošných Spojů
UV	Ultra Violet
LCD	Liquid Crystal Display
HMI	Human Machine Interface
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
I/O	Input / Output
CU	Control Unit
BN	Brown
BU	Blue
BK	Black
IDC	Insulation Displacement Contact

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Čtyřvrstvé uspořádání integrovaného systému výrobního podniku [1]	10
Obrázek 2 Příklad servomotoru (vpravo) a vnitřních komponent (vlevo) [8]	13
Obrázek 3 Jednočinný dvoupolohový pístový pohon s vratnou pružinou [3]	14
Obrázek 4 Dvojčinný dvoupolohový pístový pohon [3]	14
Obrázek 5 Blokové schéma vnitřní struktury PLC [1]	15
Obrázek 6 Příklad Mikro PLC s montáží na DIN do rozvodnice [6]	16
Obrázek 7 Příklad Kompaktního PLC pro domácí aplikace [4]	17
Obrázek 8 Příklad Modulárního PLC Tecomat edice Foxtrot [5]	18
Obrázek 9 Cyklus vykonávání programu PLC	19
Obrázek 10 Ukázka jazyka IL – součin A a negace B, výsledek zapsán do C.....	21
Obrázek 11 Ukázka jazyka LD – součin A a negace B, výsledek zapsán do C	21
Obrázek 12 Ukázka jazyka FBD – součin A a negace B, výsledek zapsán do C.....	21
Obrázek 13 Ukázka jazyka CFC – součin A a negace B, výsledek zapsán do C	22
Obrázek 14 Ukázka HMI/SCADA systému pro ovládání pračky přes webový prohlížeč (vlevo neaktivní, vpravo aktivní)	23
Obrázek 15 Skříňka (kostra) s kolečky na které je model sestaven [13].....	24
Obrázek 16 Procesní část v nákresu výrobce [13].....	25
Obrázek 17 MTR-DCI-...IO [14].....	27
Obrázek 18 Konektory motorové jednotky MTR-DCI [14].....	27
Obrázek 19 Konektor Sub-D 9 v režimu I/O [14]	28
Obrázek 20 Blokové schéma regulace MTR-DCI [14]	28
Obrázek 21 Optický senzor přítomnosti malého předmětu se clonou [15]	29
Obrázek 22 Graf závislosti podílu odchylky snímací vzdálenosti na vzdálenosti objektu, při různých barvách objektu [15]	30
Obrázek 23 Snímač barev CS84-P1112 [17].....	30
Obrázek 24 Návod pro naučení barev a tolerance přímo na senzoru [17].....	31
Obrázek 25 Stav, který mohou nastat, při detekci barvy na senzoru [17]	31
Obrázek 26 Schéma výstupních pinů na snímači barvy [17].....	32
Obrázek 27 Indukční snímač IME IME08-04NPSZW2S [20].....	32
Obrázek 28 Kontaktní snímač do T drážky profilu – SME-8-S-LED-24 [21]	33
Obrázek 29 Dvojčinný dvoupolohový pístový pohon s vedením [22]	34
Obrázek 30 Pneumatické paralelní dvojčinné chapadlo [23]	35

Obrázek 31 5/2 - cestný jedno-solenoidový s pneumatickou pružinou [24]	36
Obrázek 32 PLC Unitronics Vision 130 [25]	37
Obrázek 33 Přímočarý pohon s paralelním připojením k servopohonu [26].....	37
Obrázek 34 Návrh schématu v Eagle – Příklad z knihovny (relé modul)	41
Obrázek 35 Návrh desky plošných spojů – Příklad z knihovny (relé modul)	42
Obrázek 36 Simulovaný režim se simulací operátorského panelu v prostředí Mosaic	42
Obrázek 37 Prostředí Webmaker pro tvorbu „webu“ na PLC	43
Obrázek 38 Konfigurace Vstupů/Výstupů s přidělením aliasů	43
Obrázek 39 Původní zapojení svorkovnice S (Původně X1) do PLC (svazek vpravo).....	46
Obrázek 40 Zapojení svorkovnice KP (X1) propojující S a prvky.....	47
Obrázek 41 Zmenšený výkres schémata zapojení 1 / 2	48
Obrázek 42 Zmenšený výkres schémata zapojení 2 / 2	49
Obrázek 43 Zmenšená verze tabulky zapojení	51
Obrázek 44 Zapojení vstupně výstupních konektorů IDC-10 na PLC Foxtrot na SŠ	52
Obrázek 45 Fyzická podoba rozhraní na PLC Foxtrot, využívaného na SŠ.....	52
Obrázek 46 Display a klávesnice (HMI) pro přímé nastavení a ovládání servopohonu. [14]	53
Obrázek 47 Menu s adresami.....	53
Obrázek 48 Přednastavené pozice na servopohonech na modelu.....	54
Obrázek 49 Nákres skladovacích pozic s určením adres	54
Obrázek 50 PLC Tecomat Foxtrot CP1014 s moduly IB-1301 a OS-1401.....	55
Obrázek 51 Rozpojitelné svorkovnice s pěti piny [28].....	56
Obrázek 52 Výstřižek schématického výkresu terminálu.....	56
Obrázek 53 Návrh desky plošných spojů terminálu	57
Obrázek 54 Negativ pro osvitovou metodu	58
Obrázek 55 Deska po první výrobní fázi	59
Obrázek 56 Osazení desky z obou stran	59
Obrázek 57 Hotový terminál s označujícím polepem.....	60
Obrázek 58 Přepojování vodičů do terminálu	61
Obrázek 59 Ukázka konfigurace na výstupním modulu OS-1401	61
Obrázek 60 Panel diagnostického programu v režimu simulace	64

Obrázek 61 Připojené (neukotvené) komunikační rozhraní k PLC Foxtrot	65
Obrázek 62 Ukázka z programu v úloze číslo jedna	68
Obrázek 63 Nákres skladovacích pozic pozicí pro vstup nebo výstup materiálu.....	71
Obrázek 64 Možné umístění podavače na reálném modelu	72
Obrázek 65 Pásový dopravník v laboratoři automatizace	72
Obrázek 66 Operátorský panel v laboratoři (ID-08).....	73
Obrázek 67 Kódová označení kláves na panelu [33].....	74
Obrázek 68 Malý tlačítkový modul [34].....	74
Obrázek 69 Průmyslový tlačítkový modul [35].....	75
Obrázek 70 Nákres možných řešení přidáných tlačítek k modulu	75

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Příklady hodnot maxima a minima signálu jednotlivých veličin [12].....	12
Tabulka 2 Zjednodušený kusovník	45
Tabulka 3 Zapojení původního PLC ze svorkovnice S (1-20)	47
Tabulka 4 Zapojení původního PLC ze svorkovnice S (21-40)	47

SEZNAM ZDROJOVÝCH KÓDŮ

Zdrojový kód 1 Inicializace modelu	62
Zdrojový kód 2 Pohyb horizontální na pozici homing (kalibrace)	62
Zdrojový kód 3 Sekvence úchopu	63
Zdrojový kód 4 Sekvence upuštění (položení)	63
Zdrojový kód 5 ošetření proti okamžitému zastavení	64

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: KUSOVNÍK VMSP

PŘÍLOHA P II: SCHÉMA ZAPOJENÍ VMSPGFV

PŘÍLOHA P III: TABULKA ZAPOJENÍ

PŘÍLOHA P IV: SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZHRANÍ TERMINAL

PŘÍLOHA P V: OSVITOVÝ NEGATIV 1:1

PŘÍLOHA P VI: ALIASY VSTUPŮ A VÝSTUPŮ VSMP (KONFIGURACE PRO ÚLOHY)

PŘÍLOHA P VII: LABORATORNÍ ÚLOHA 1

SEZNAM ELEKTRONICKÝCH PŘÍLOH

ZDROJOVÉ SOUBORY DOKUMENTACE A VÝROBY

LABORATORNÍ ÚLOHY (ZADÁNÍ A VYPRACOVÁNÉ ÚLOHY V ARCHIVU MOSAIC A ČISTÉM TEXTU)

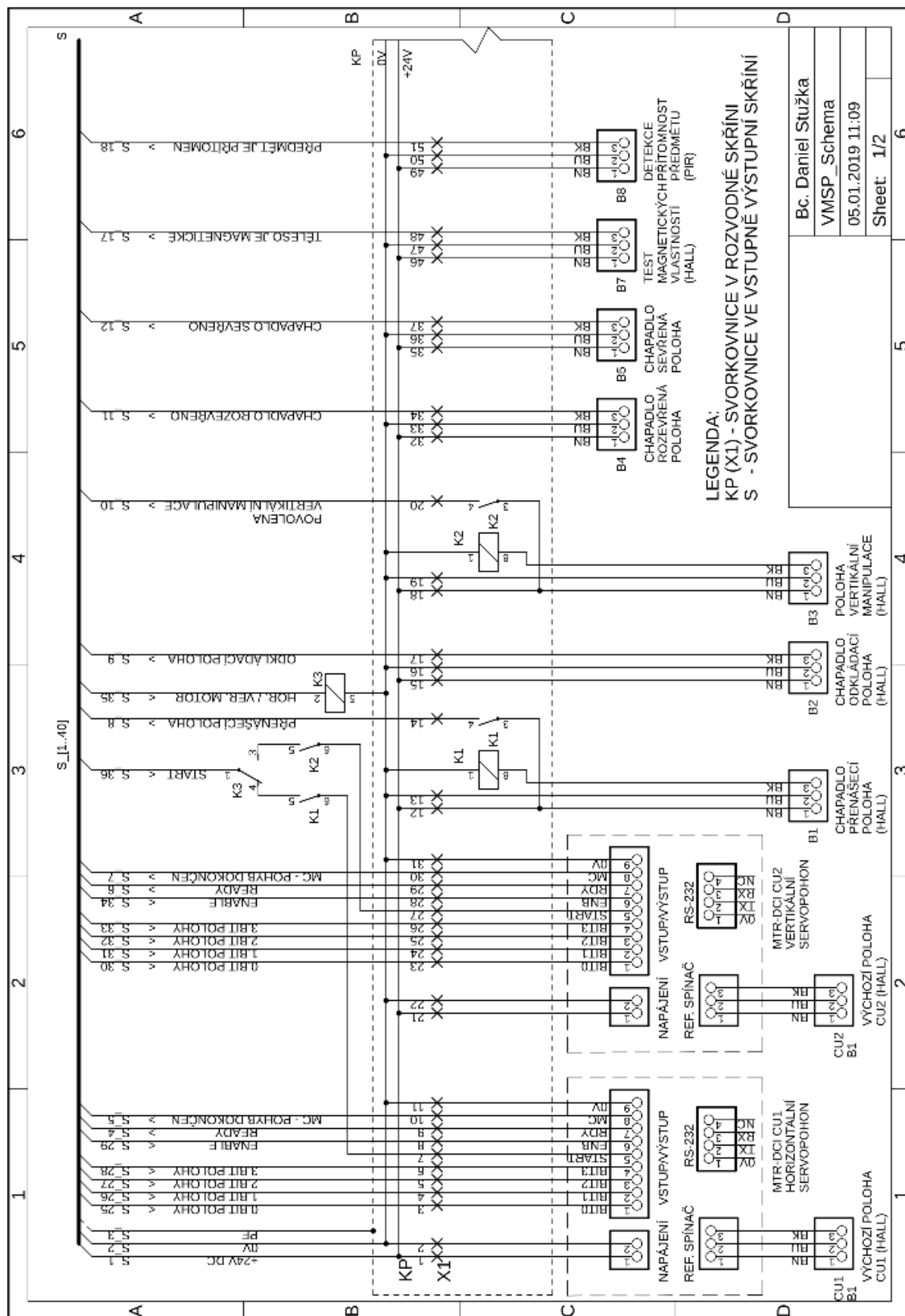
ROZŠÍŘENÍ (GRAFICKÉ NÁVRHY VE FORMÁTU SVG)

UKÁZKA (VIDEOUKÁZKA MODELU PŘI PLNĚNÍ ÚLOH)

PŘÍLOHA P I: KUSOVNÍK VMSP

Prvek	Výrobce	Modelové číslo	Popis	Poznámka	Označení
servopohon	FESTO	MTR-DCI-32s-VCSC-EG7-H2IO	servomotory s integrovaným ovladačem a převodovou	světlá manipulace	CU2
servopohon	FESTO	MTR-DCI-32s-VCSC-EG7-H2IO	servomotory s integrovaným ovladačem a převodovou	vertikální manipulace	CU1
zdvih člapadla	FESTO	DFM-12-3D-P-A-GF	pneumatický válec, zdvih 30mm, koncová židla v úvratích	židlo horní B1, spodní B2	Y1
mechanické člapadlo	FESTO	DHPS-16-A-NC	mechanické člapadlo s židly v krajních polohách	židla rozčvrtno B4 a zavřeno B5	Y2
osistický snímač	SICK	WTB4-3P1361	snímač pro ověření přítomnosti materiálu	B8	B8
snímač barev	SICK	CS84 P11121 028 276	snímač barvy	*	B6
snímač mg. vlastnosti	SICK	IME08-02NPSZTOS	snímač magnetických vlastností	*	B7
elmg. Ventil	FESTO	CPE10-M1BH-SL-M7	nlo s elektromagnetickými ventily	Chapadlo svazie/zavřít otevřít	Y1
elmg. Ventil	FESTO	CPE10-M1BH-SL-M7	nlo s elektromagnetickými ventily	Chapadlo svazie/zavřít otevřít	Y2
snímač mg. vlastnosti	SICK	IME08-04NPSZW2S	SNÍMAČ MAGNETICKÝCH VLASTNOSTÍ	homing CU2	B3
snímač mg. vlastnosti	SICK	IME08-07BP57W2S	SNÍMAČ MAGNETICKÝCH VLASTNOSTÍ	přiloha pro vřetoul manipulaci	B1,B2
kontaktní židlo	FESTO	SME-B-K-LED-24	kontaktní židlo (2x)	CHAP - NAHORU DOLU	B4,B5
kontaktní židlo	FESTO	SMT-8G-PS-24V-E-2,5Q-OE	kontaktní židlo (2x)	CHAP - OTEVŘENO ZAVŘENO	CU2/B
kontaktní židlo	FESTO	SMT-8M-PS-24V-K-0,3-M8D	kontaktní židlo	homing CU1	K1
relé	GOODSKY	FMI-SH-224D	relé spíná start na CU1 a indikaci polohy hor. manipulace	spínáno pomocí B1	K2
relé	GOODSKY	FMI-SH-224D	relé spíná start na CU2 a indikaci polohy ver. manipulace	spínáno pomocí B3	K3
relé	GOODSKY	FMI-SH-224D	relé přepíná mezi START na CU1 a CU2	spínáno pomocí S_35	K2
přímochař poho	FESTO	DMES-18-300-GT-GK-SV-U	přímochař pohon s židlem po východu polohu servoohonu	určený pro CU2	*
svorkovnice S	*	*	Vstupně výstupní skřín	pr mámi označení vodičů S_ [1-40]	S
svorkovnice KP	*	*	Rozvodná skřín	označení vodičů KP [1-54]	KP/KP1

PŘÍLOHA P II: SCHÉMA ZAPOJENÍ VMSP



Bc. Daniel Stůžka

VMSP_Schema

05.01.2019 11:09

Sheet: 1/2

6

5

4

3

2

1

6

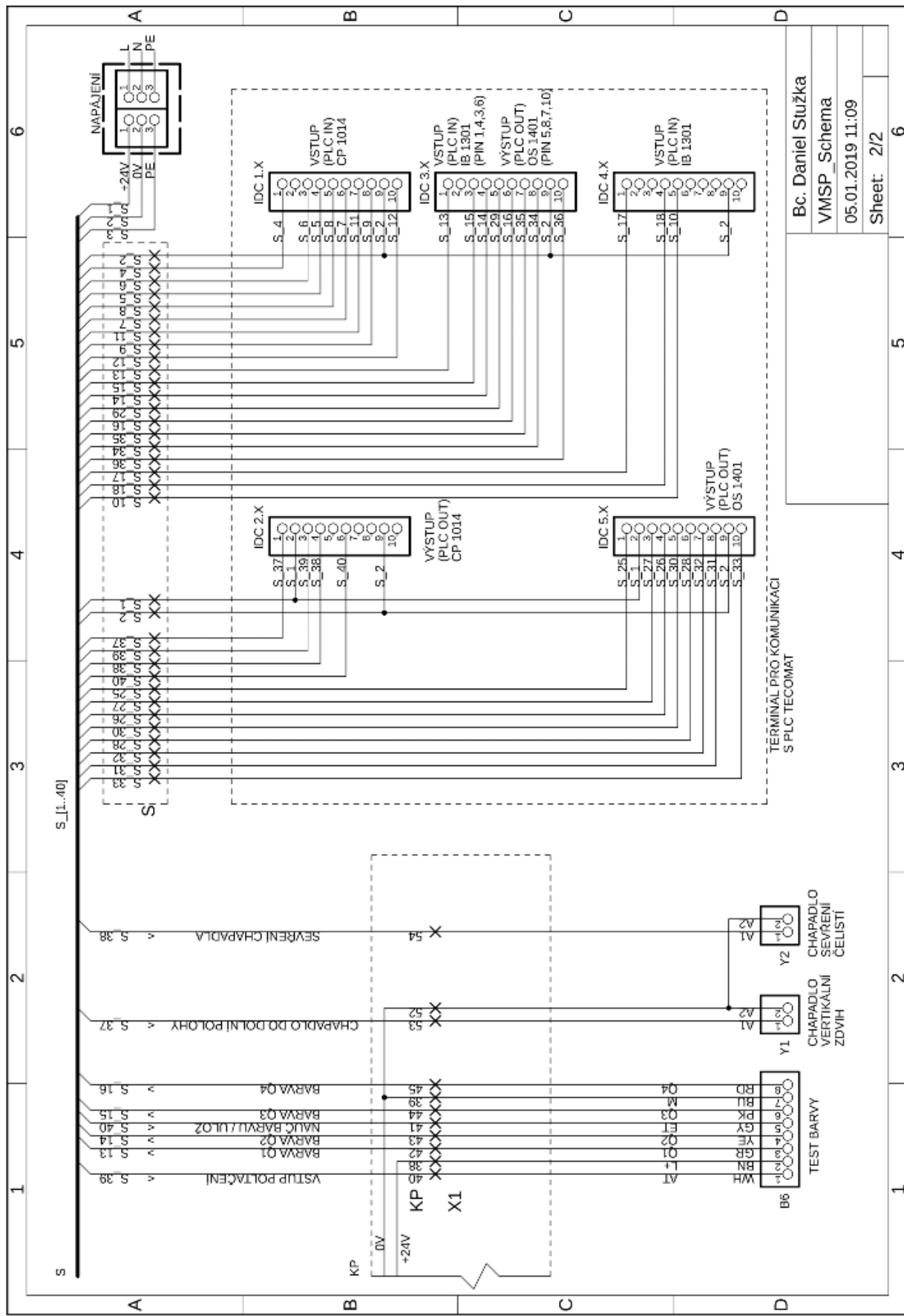
5

4

3

2

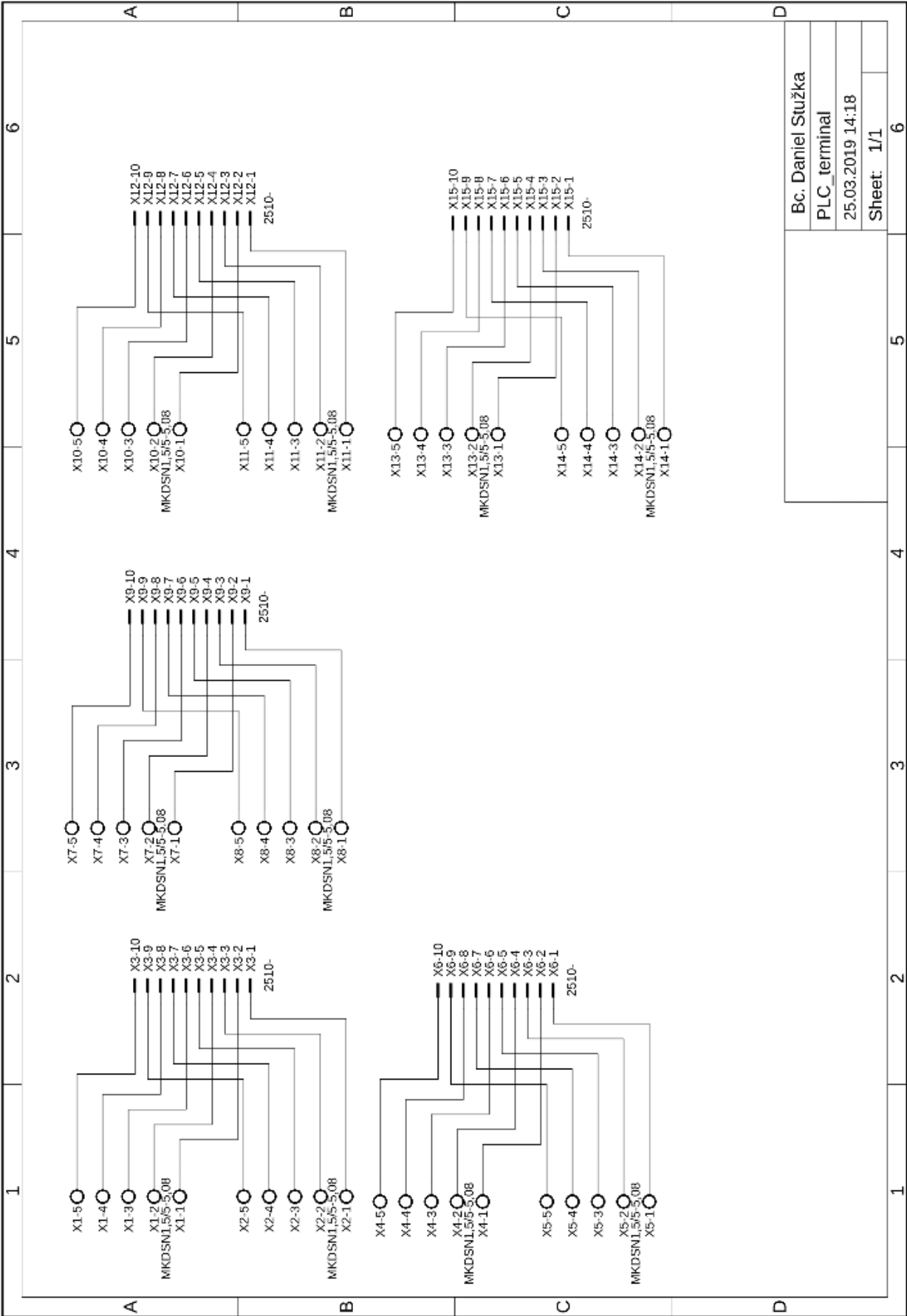
1



PŘÍLOHA P III: TABULKA ZAPOJENÍ

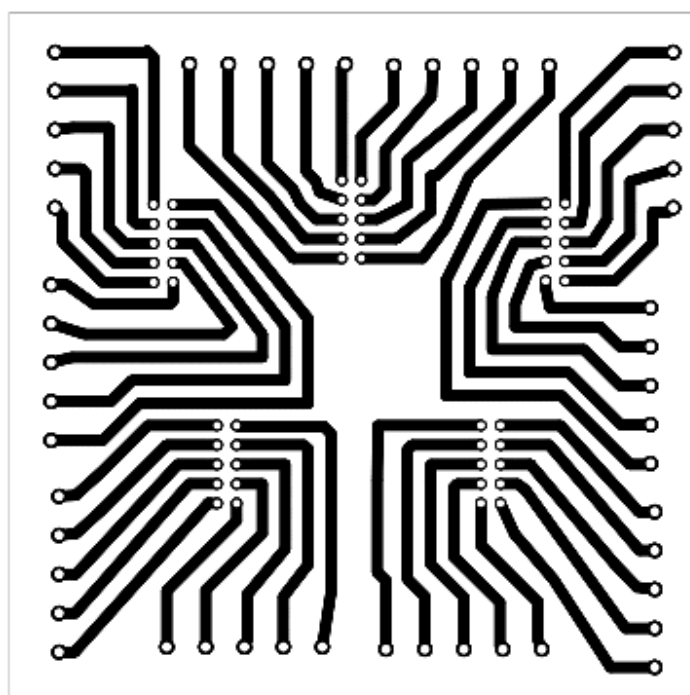
funkce		poznámka	poznámka 2.	pin Terminal	cp1014	IB301/OS1401
1	Vcc	+24V DC	∞	5,2; 2,2		
2	0V - CU1a2) pin 9	0V	∞	všechny X.9		
3	PE	GND - zem	∞			
4	CU1 pin 7 - ready	přípraven k pohybu	log. 1	1.1	INO	
5	CU1 pin 8 - MC (motion complete)	pohyb dokončen	log. 1	1.4	IN1	
6	CU2 pin 7 - ready	přípraven k pohybu	log. 1	1.3	IN2	
7	CU2 pin 8 - MC	pohyb dokončen	log. 1	1.6	IN3	
8	chapadlo přenáší poloha	horní poloha	log. 1	1.5	IN4	
9	chapadlo ukládá poloha	spodní poloha	log. 1	1.8	IN5	
10	vertikální manipulace povolena	rameno na hálu B3	log. 1	4.5	IN6	
11	chapadlo rozsvětlí	rozsvíceno - nicúčop	log. 1	1.7	IN6	
12	chapadlo seřadí	seřveno - účop	log. 1	1.10	IN7	
13	barva 1	pin 3 - GR - Q1	log. 1	3.1	INO	
14	barva 2	pin 4 - YE - Q2	log. 1	3.4	IN1	
15	barva 3	pin 6 - PK - Q3	log. 1	3.3	IN2	
16	barva 4	pin 8 - RD - Q4	log. 1	3.6	IN3	
17	mg. přítomnost	hall	log. 1	4.1	IN4	
18	přítomnost materiálu	PIR	log. 1	4.4	IN5	
25	CU1 pin 1	poloha 0.bit	horizontální	5.1	OUT4	
26	CU1 pin 2	poloha 1.bit	horizontální	5.4	OUT5	
27	CU1 pin 3	poloha 2.bit	horizontální	5.3	OUT6	
28	CU1 pin 4	poloha 3.bit	horizontální	5.6	OUT7	
29	CU1 pin 5	enable	prog. Zapnutí motor.	3.5	OUT8	
30	CU2 pin 1	poloha 0.bit	vertikální	5.5	OUT8	
31	CU2 pin 2	poloha 1.bit	vertikální	5.8	OUT9	
32	CU2 pin 3	poloha 2.bit	vertikální	5.7	OUT10	
33	CU2 pin 4	poloha 3.bit	vertikální	5.10	OUT11	
34	CU2 pin 5	enable	prog. Zapnutí motor.	3.8	OUT1	
35	adresa motoru pro start	výběr motoru	log. 0, CU1 / 1, CU2	3.7	OUT2	
36	start motoru	SIART vybraného motoru	log. 1	3.10	OUT3	
37	chapadlo vertikálního posuvu	log. 1 - dolní poloha	log. 1	2.1	OUT0	
38	chapadlo želesti	log. 1 - seřvené	log. 1	2.4	OUT1	
39	barva1	pin 1 - WH - AT	potlačení v log. 1	2.3	OUT2	
40	barva2	pin 5 - GY - RT	nauč barvu / uložit	2.6	OUT3	

PŘÍLOHA P IV: SCHÉMA ZAPOJENÍ ROZHRANÍ TERMINAL



Bc. Daniel Stučka	
PLC_terminal	
25.03.2019 14:18	
Sheet: 1/1	6

PŘÍLOHA P V: OSVITOVÝ NEGATIV 1:1



PŘÍLOHA P VI: ALIASY VSTUPŮ A VÝSTUPŮ VSMP (KONFIGURACE PRO ÚLOHY)

Výukový model skladovacího pracoviště - Vs/Vý aliasy a jejich funkce

Vstupy - PLC Alias	PLC CP1014	modul IB1301	modul OS1401	vysvětlivka
CU1_Ready	IN0			připraven
CU1_MC (motion complete)	IN1			pohyb dokončen
CU2_Ready	IN2			připraven
CU2_MC	IN3			pohyb dokončen
Chap_hor_pol	IN4			chapadlo nahoře
Chap_dol_pol	IN5			chapadlo dole
mg_ver_man		IN6		povolena vertikální manipulace
Chap_open	IN6			chapadlo rozevřeno
Chap_close	IN7			chapadlo sevřeno
barva_in_1		IN0		GR - naučená 1.
barva_in_2		IN1		YE - naučená 2.
barva_in_3		IN2		PK - naučená 3.
barva_in_4		IN3		RD - naučená 4.
mg_material		IN4		magnetický materiál
PIR_material		IN5		material u chapadla

Výstupy - PLC Alias	PLC CP1014		
CU1_adr_0bit		OUT4	0. bit pozice CU1
CU1_adr_1bit		OUT5	1. bit pozice CU1
CU1_adr_2bit		OUT6	2. bit pozice CU1
CU1_adr_3bit		OUT7	3. bit pozice CU1
CU1_enable		OUT0	CU1 on/off
CU2_adr_0bit		OUT8	0. bit pozice CU2
CU2_adr_1bit		OUT9	1. bit pozice CU2
CU2_adr_2bit		OUT10	2. bit pozice CU2
CU2_adr_3bit		OUT11	3. bit pozice CU2
CU2_enable		OUT1	CU2 on/off
adres_CU1_CU2		OUT2	výběr pohonu CU pro pohyb
start_CU1_CU2		OUT3	start vybraného CU (MC=1)
Chap_vertik	OUT0		(0)nahoru/dolu (1)
Chap_celisti	OUT1		(1)sevřít/rozevřít(0)
barva1	OUT2		potlačení čtené barvy
barva2	OUT3		nauč barvu / ulož

PŘÍLOHA P VII: LABORATORNÍ ÚLOHA 1

VÝUKOVÝ MODEL SKLADOVACÍHO PRACOVIŠTĚ

ÚLOHA Č. 1

SEZNÁMENÍ SE S PRACOVIŠTĚM A VYKONÁNÍ ZÁKLADNÍCH POHYBŮ S CHAPADLEM

POPIS ÚLOHY:

V této úloze se seznámíte s pracovištěm výukového modelu skladovacího pracoviště a naprogramujete si jednoduchý program strukturovaného textu, který přesune materiál na skladovací polici.

ZADÁNÍ:

Přečtete si dokumentaci a návod k obsluze přiložené na pracovišti.

Vytvořte program v jazyce strukturovaného textu (ST), který posune chapadlo na polici z horizontální pozice 0 na pozici 4. (Nezáleží na vertikální pozici).

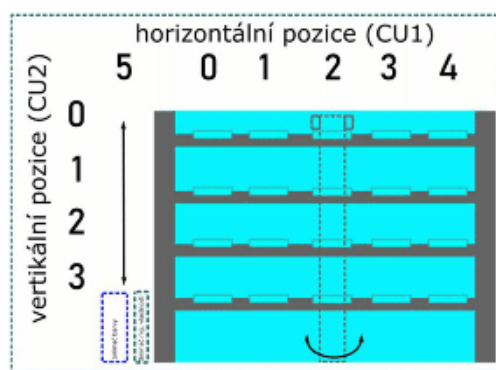
Vylepšete program o úchop v pozici 0 a upuštění v pozici 4.

Přesuňte pomocí chapadla materiál z pozice 0 na pozici 4 a zpět. Tento program se bude cyklicky opakovat.

POZNÁMKA:

Využijte podmínku CASE ... OF a navrhnete program jako konečný automat.

Pro orientaci na pozicích, využijte náskres (obrázek 1).



Obrázek 1 Rozložení pozic na skladovacích policích

Je možné využít přiložených vzorových programů pro zjednodušení pochopení práce s modelem (archiv VMSP_Uloha_c1).

ÚKAZKA Z PROGRAMU

PŘESUNUTÍ CHAPADLA NA HORIZONTÁLNÍ POZICI 5 BEZ VYUŽÍTÍ FUNKCE NEBO PODPROGRAMU

```
case miniStav of
0:
    adres_CU1_CU2:=false;           pohyb CU1 servopohonem
    start_CU1_CU2:=false;          nestartovat

    CU1_adr_0bit:=false;
    CU1_adr_1bit:=false;
    CU1_adr_2bit:=false;
    CU1_adr_3bit:=false;           adresa 0 binárně 0000 pro CU1

    citac_1 := citac + 10;          nutnost 10ms čekání
    miniStav:=1;

1:
    if(citac_1 = citac) then
        miniStav:=2;
    end_if;                         nutnost 10ms čekání

2:
    if(CU2_MC=true AND CU1_MC=true) then
        start_CU1_CU2:=true;       Start pouze pokud se ani jeden motor nehýbe
        miniStav:=3;
    else
        miniStav:=0;               pokud se některý motor hýbe -> zpět na začátek
    end_if;

3:
    miniStav:=0;
    hlavniStav:=14;
    „Přejdi do dalšího nadřazeného stavu automatu (13->14)“
    Následovat může například úchop
end_case;
```