



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta mechatroniky, informatiky  
a mezioborových studií ■

# Návrh a realizace prezentační tréninkové jednotky

## Bakalářská práce

*Studijní program:*

*Autor práce:*

*Vedoucí práce:*

B0714A270001 Mechatronika

**Lukáš Kroulík**

Ing. Martin Diblík, Ph.D.

Ústav mechatroniky a technické informatiky





## Zadání bakalářské práce

# Návrh a realizace prezentační tréninkové jednotky

*Jméno a příjmení:* **Lukáš Kroulík**  
*Osobní číslo:* M19000087  
*Studijní program:* B0714A270001 Mechatronika  
*Zadávací katedra:* Ústav mechatroniky a technické informatiky  
*Akademický rok:* **2021/2022**

### Zásady pro vypracování:

1. Na základě požadavků zadavatele navrhnete možné uspořádání funkčního modelu demonstrační výrobní linky.
2. Specifikujte nezbytné senzory a aktuátory, využijte v nejvyšší možné míře standardní průmyslové produkty renomovaných výrobců.
3. Dle požadavků zadavatele vytvořte nezbytnou technologickou a elektrotechnickou dokumentaci.
4. V součinnosti se zadavatelem pracoviště sestavte, zapojte a oživte.
5. Pro řídicí systém pracoviště navrhnete a vytvořte program, který bude demonstrovat typický pracovní cyklus.

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

dle potřeby dokumentace  
30–40 stran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

- [1] SIMATIC S7 S7-1200 Programmable controller, System manual. B.m.: Siemens A.G. 25. červenec 2018.
- [2] JOHN, Karl-Heinz a Michael TIEGELKAMP. IEC 61131-3: programming industrial automation systems: concepts and programming languages, requirements for programming systems, decision-making aids. Second edition. Berlin : New York: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-12014-5.
- [3] MARTINÁSKOVÁ, Marie, Ladislav ŠMEJKAL, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STROJNÍ FAKULTA. Řízení programovatelnými automaty. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 978-80-01-02925-1.

*Vedoucí práce:*

Ing. Martin Diblík, Ph.D.  
Ústav mechatroniky a technické informatiky

*Datum zadání práce:*

12. října 2021

*Předpokládaný termín odevzdání:*

16. května 2022

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Josef Černožorský, Ph.D.  
vedoucí ústavu

V Liberci dne 12. října 2021

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

8. května 2022

Lukáš Kroulík

## Poděkování

Chtěl bych na tomto místě poděkovat své rodině a především svému otci, Vladimíru Kroulíkovi, za jejich podporu během mého studia, finanční i psychickou a všechnu pomoc poskytnutou při mé práci.

Dále bych chtěl poděkovat Pavlu Švarcovi, mému nadřízenému ve společnosti AIRS s.r.o. a člověku díky kterému mohl celý tento projekt vzniknout.

Také zde děkuji vedoucímu mé práce, Ing. Martinu Diblíkovi Ph.D., za jeho pomoc, rady, trpělivost i velice přínosné poznámky díky kterým jsem byl schopen práci napsat a také upravit do podoby kterou má dnes.

# Návrh a realizace prezentační tréninkové jednotky

## Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na návrh a výrobu zmenšeného modelu výrobní linky a to jak po stránce mechanické tak po stránce elektrotechnické. V práci jsou stručně popsány teoretické znalosti použitých prvků. Je zde popsán celý postup od nakresleného návrhu přes zapojení elektronických prvků, až po samotnou montáž linky jako celku.

**Klíčová slova:** dopravník, gravírovací stroj, krokový motor, výrobní linka, EPLAN

# Design and implementation of a presentation training unit

## Abstract

This work focuses on the design and production of a scaled down model of a production line, both mechanically and electrically. The theoretical knowledge of the elements used is briefly described. The whole procedure is described here, from the drawn design through the connection of electronic elements to the assembly of the line as a whole.

**Keywords:** conveyor, engraving machine, stepper motor, production line, EPLAN

# Obsah

Seznam zkratk	9
<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>1 Teoretické poznatky dané problematiky</b>	<b>11</b>
1.1 Stručný popis použitých prvků	11
1.1.1 Dopravník	11
1.1.2 Krokový motor	11
1.1.3 Gravírovací stroj	12
1.1.4 Snímače	12
1.2 Krokové motory	13
1.2.1 Způsob pohybu	13
1.2.2 Počet fází	14
1.2.3 Vlastnosti rotoru	15
1.3 Gravírování	15
1.3.1 CNC Gravírovací stroje	16
1.4 Snímače	17
1.4.1 Optoelektronické snímače	18
1.5 Dopravníky	19
1.5.1 Pásové dopravníky	19
1.5.2 Řemenové dopravníky	20
<b>2 Návrh mechanických a elektronických prvků</b>	<b>22</b>
2.1 Koncepce výrobní linky	22
2.1.1 Koncept č.1	22
2.1.2 Koncept č.2	23
2.1.3 Koncept č.3	24
2.1.4 Koncept č.4	25
2.1.5 Konečný koncept	25
2.2 Zapojení elektrických prvků	27
2.2.1 Zdroj	27
2.2.2 Diagram zapojení elektronických zařízení	28

<b>3</b>	<b>Funkce softwaru</b>	<b>32</b>
3.1	Základní cyklus . . . . .	33
3.2	Senzorika . . . . .	33
3.3	Chybové stavy programu . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Montáž</b>	<b>35</b>
4.1	Výroba mechanických komponentů . . . . .	35
4.2	Skládání mechanických prvků jednotky . . . . .	36
4.3	Skládání elektrických prvků jednotky . . . . .	39
4.4	Konečné zasazení prvků . . . . .	39
	<b>Diskuze</b>	<b>40</b>
	<b>Závěr</b>	<b>42</b>
	<b>Seznam použité literatury</b>	<b>44</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>46</b>
	<b>Příloha</b>	<b>47</b>
	<b>A Výkres elektronického zapojení</b>	<b>47</b>



## Seznam zkratek

<b>PVC</b>	Polyvinylchlorid
<b>CNC</b>	Computer Numerical Control
<b>Laser</b>	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
<b>CCD</b>	Charge-coupled device
<b>DC</b>	Direct current
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller
<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>TIA</b>	Totally Integrated Automation

## Úvod

Hlavním cílem této práce je vytvoření tréninkové a prezentační jednotky pro společnost AIRS s.r.o., jako způsob rozšíření možností společnosti na trhu práce. Tato jednotka bude firmě sloužit jako možnost sebeprezentace pro průmyslové společnosti hledající možnosti zlepšit, či změnit svou výrobu a své výrobní linky. Společnost AIRS s.r.o. následně tuto jednotku využije také na praktické testování a prezentaci speciálního diagnostického softwaru, který společnost sama vyvíjí.

Zadavatel zakázky požaduje, aby linka splňovala několik požadavků. Těmito požadavky jsou přítomnost dopravníku, přítomnost stroje který bude opracovávat materiál, v tomto případě gravírovací stroj a řešení pohybu produktů na pás a z něho. Celý systém také musí být automatizovaný, po jeho zapnutí nebude vyžadován žádný další zásah do systému. To vše musí být navrženo s použitím hardwaru a zařízení běžných průmyslových dodavatelů. Toto je potřeba splnit, aby mohla společnost AIRS s.r.o. při své prezentaci ostatním společnostem dokázat svou schopnost při využívání běžných hardwarových prostředků.

Práce je rozdělena do tří hlavních částí, první část teoretická která popisuje funkci základních prvků použitých při konstrukci této jednotky. Část druhá se zabývá návrhem mechanických i elektronických prvků. Část třetí se věnuje montáži částí do jednoho celku a poté i takzvanému "oživení" celého stroje s pomocí PLC značky Siemens. Závěrem práce je zhodnocení funkčnosti vytvořené linky, reflexe nad použitým návrhem, designem, zapojením i použitými součástkami.

# 1 Teoretické poznatky dané problematiky

Tato část práce se zabývá teoretickými poznatky spojenými s mechanickými i elektrickými zařízeními, jenž jsou či byly zohledněny během vytváření konceptů i návrhů v rámci tohoto projektu.

## 1.1 Stručný popis použitých prvků

### 1.1.1 Dopravník

Dopravník je průmyslem hojně používané zařízení pro přepravu. Pomocí dopravníku lze spolehlivě přesouvat mnoho rozličných druhů materiálu či hotových produktů. Jedním ze základních dělení dopravníků je dělení na poháněné a nepoháněné [1].

Nepoháněným dopravníkem se dá rozumět dopravník jenž není připojen k žádnému vnějšímu zdroji výkonu který by způsoboval pohyb povrchu na který je nakládán přepravovaný objekt, tím je myšleno, že předměty či materiál se pohybují zapříčiněním vnější síly působící přímo na posouvanou věc. Například gravitace, lidská síly popřípadě i zvířetem [1].

Poháněný dopravník má vestavěný pohon který po připojení na vnější či vnitřní zdroj, samovolně pohybuje s nákladem umístěným na pracovní ploše dopravníku. Tyto dopravníky mohou mít mnoho zdrojů výkonu, z historie byly poháněné vodou, větrem, lidskou či zvířecí silou, přičemž byl tento výkon transformován na otáčivý pohyb za pomoci řemene či ozubených kol [1].

### 1.1.2 Krokový motor

Krokový motor, speciální druh synchronního motoru, se však od ostatních liší svou schopností rozdělit "otáčku" kolem své osy do libovolného množství "kroků", díky tomu název "krokový motor" [2].

Kvůli tomu že rotor zaujímá předem definovaný počet poloh během otáčení je jeho funkční pohyb nespojitý. Vyvolání přechodu mezi těmito polohami je

zapříčiněno působením přechodových magnetických jevů neboli magnetických pulzů [2].

Ovládání motoru tímto způsobem má řadu pozitiv avšak i negativ. Mezi pozitiva patří fakt že díky pevně daným krokům je jednoduché zjistit polohu motoru, díky tomu že lze spočítat počet kroků není potřeba otáčkoměr, dále je zde fakt že motor má velký rozsah otáčení, může se otáčet v obou směrech své osy. Mezi negativa krokových motorů poté patří například, že krokový motor má trvalý odběr proudu, i když se neotáčí, ale pouze "drží" svou polohu. Dále také jeho omezená rychlost otáčení, toto je způsobeno typem motoru a jeho pracovním zatížením, pokud by tuto rychlost překročil, tak se může stát, že motor začne některé kroky "přeskakovat" [3].

### 1.1.3 Gravírovací stroj

Gravírovací stroj je běžné zařízení používané na vytvoření grafických reliéfů na rozličných předmětech. Použití takového stroje není nic složitého, gravírovací stroje jsou vyráběny pro mnoho účelů, od rekreačního pro jednotlivce či domácnost, až po profesionálního gravírování pro společnosti specializující se v opracování materiálů. Gravírovací stroje můžeme rozdělit na pantografy a CNC řízené [4].

Pantografy jsou mechanické gravírovací stroje které fungují na bázi šablony s pomocí mechanických převodů. V současné době se tyto stroje používají zřídka. Nevýhodou pantografu je potřeba obsluhy, aktuálním trendem průmyslu je naopak automatizace maximálního možného počtu úkonů [5].

CNC (Computer Numerical Control) řízené stroje jsou velkým přínosem pro gravírování. Použití automatického systému pro monotónní práci s velkým množstvím opakování, také odpadá nutnost vyrábět šablony, jichž mohla společnost potřebovat koupit a skladovat velké množství vezmeme-li v potaz, že pro každý text i motiv písma byla vlastní šablona. Automatizace pomocí technologie CNC byla také značným faktorem díky kterému se gravírování dostalo i do rukou obyčejných lidí a jejich domácností, nikoli pouze velkých společností. Malý CNC gravírovací stroj je relativně levný přístroj a mnoho z nich může být v dnešní době ovládáno i mobilním telefonem [5].

### 1.1.4 Snímače

Snímače jsou zařízení kterými můžeme zjišťovat rozličné vlastnosti, nejčastěji fyzikální, či detekovat přítomnost určitých jevů. Snímače tedy mají mnohá využití, příkladem je snímání pohybu, polohy, teploty, průtoku, otáček, přítomnosti světla a mnoho dalšího [6].

Snímače mají i několik označení, jakými jsou například senzor popřípadě čidlo, avšak vždy je tím myšleno stejné zařízení. Vlastní snímání vlastností či jevů poté

může být mnohem odlišné než se na první pohled zdá, mnoho jevů či fyzikálních veličin nelze měřit přímo, ale je nutné hledat jiné jevy které jsou těmto vlastnostím přidružené. Příkladem je měření teploty, kdy snímač měří teplotu pomocí odporu vnitřního vodiče, nebo měření zvuku v okolí, snímač, podobně jako ušní bubínek, snímá chvění vzduchu na tenké membráně [6].

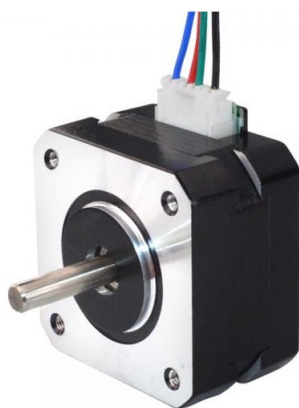
## 1.2 Krokové motory

Krokový motor je tvořen státorem a rotorem, stejně jako tomu je u jiných typů motorů. Stator se skládá z několika cívek, které vytváří magnetické pole při jeho aktivním napájení. Stator je tedy přirozeně tvořen magnetickým materiálem, konkrétně magneticky měkkým materiálem jakým je například magnetická ocel. Rotor tvoří hřídel vložená v kuličkovém ložisku. Konkrétní vzhled a složení rotoru i statoru dále závisí na typu krokového motoru, jelikož je několik možných variant jak tyto motory sestavit [7].

Krokové motory můžeme dělit několika způsoby, podle jejich pohybu, podle prvků mechanické konstrukce, podle počtu fází statoru, podle polarit napájení vynutí motoru, podle jeho napájecího napětí a podle vlastností materiálu rotoru [2].

### 1.2.1 Způsob pohybu

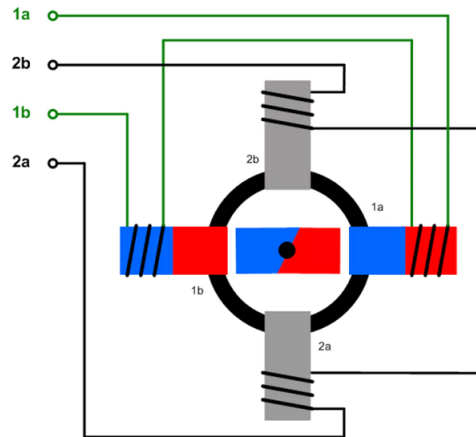
Podle pohybu se krokové motory dělí na rotační a lineární. Krokové motory rotační vypadají jak již dříve bylo popsáno v předchozích odstavcích. Motor lineární se však drasticky liší, jak jeho název napovídá, motor vykonává lineární pohyb v daném směru. Motor je zapojen bipolárně a má čtyři nastavce které můžeme nazývat "rotorem". Tyto nastavce jsou čtyři zuby o stejných rozměrech jejichž vzájemná vzdálenost se liší o polovinu šířky rozteče pro správnou funkčnost motoru. Fáze číslo jedno je zapojena do dvou zubů na jedné straně mezitím co fáze dva je zapojena do zbylých dvou zubů na opačné straně. Buzení probíhá v taktech kdy první je kladně buzena fáze jedna, poté je záporně buzena fáze dvě což způsobí pohyb "rotoru" o polovinu délky rozteče ve směru fáze dva. V následujícím taktu je pořadí buzení prohozeno a motor vykoná celý "krok" daným směrem [2].



Obrázek 1.1: Krokový motor vnější podoba [8]

### 1.2.2 Počet fází

Podle počtu fází statoru se krokové motory dělí na jednofázové, dvoufázové a vícefázové. Počet fází určuje kolik přívodních zapojení je vedeno do cívek které jsou navinuty na statoru. Nejběžnější jsou dvoufázové a vícefázové typy zapojení. Při dvoufázovém zapojení jsou cívky statoru označeny čísly přičemž jsou zapojeny do fáze číslo jedna všechny liché cívky a do fáze číslo dva všechny sudé cívky, kdy rozdílná buzení těchto dvou fází určuje jaký pólový charakter budou skupiny cívek mít. Při vícepólovém zapojení, pro příklad můžeme použít čtyřpólové, je ve statoru celkem osm cívek které jsou v páru s cívkou sousední, tudíž tato dvojice cívek tvoří jednu fázi. V tomto smyslu jsou zapojeny zbylé páry a postupným spínáním a vypínáním proudu do jednotlivých fází způsobíme magnetickou přitažlivost která rozpohybuje rotor [2].



Obrázek 1.2: Zapojení bipolárního krokového motoru [9]

### 1.2.3 Vlastnosti rotoru

Podle vlastností materiálu rotoru se krokové motory dělí na motory s pasivním rotorem a motory s aktivním rotorem. Aktivní rotor je tvořen z magneticky aktivní částí, například permanentní magnet. Pasivní rotor je tvořen pouze feromagnetickým kovem který sám nepůsobí jako magnet, ale s magnetickým polem interaguje [2].

## 1.3 Gravírování

Gravírování je postup opracování předmětů využívající princip odebírání materiálu. Gravírování je především využíváno pro zdobení. V dnešní době je gravírování použito pro výrobu známek, ražení mincí nebo výrobu štítků či jmenovek [5].

Nejstarší metodou gravírování je gravírování ruční, jinak také známo jako rytí. Jedná se o metodu kdy je nástroj, také nazýván jako rydlo, umístěn do rukojeti, nejčastěji dřevěné, a následně použit na rytí čar do opracovávaného předmětu. Rydel bývá velké množství, lze tak vytvářet různé typy čar a tímto docílit přesných detailů i u malých předmětů. Mezi typy rydel patří rydla florentinská, prstenová rydla, plochá rydla, rydla ve tvaru nože, nebo rydla kulatá či rydla plochá s poloměrem [5].

Ruční gravírování však nahradily gravírovací stroje, jak již bylo zmíněno, například pantografem, nebo CNC ovládané gravírovací stroje. [5].



Obrázek 1.3: Průmyslový laserový gravírovací stroj [10]

### 1.3.1 CNC Gravírovací stroje

Technologie CNC řízení vznikla v 70. letech 19. století. Zprvu byla zaměřena hlavně na obráběcí stroje velkých rozměrů, s postupem času se však začalo dařit tuto technologii zmenšovat a díky tomu také integrovat do gravírovacích strojů. CNC řízení je charakterizováno tím, že namísto běžných strojů které jsou ovládány ručně pomocí mechanických elementů, jsou CNC stroje ovládány počítačovými příkazy které jsou nahrané do jejich vnitřní paměti či přenosného média. Technologie CNC řízení se od té doby nejen podařilo zmenšit, ale také zdokonalit až do podoby dnešní kdy jsou tyto stroje nejen plně automatické, ale jsou rozměrově, cenově i náročností obsluhy plně dostupné běžným lidem. Gravírovací stroje mohou používat několik metod opracování, od fyzických nástrojů, kdy gravírovací stroj funguje v podstatě stejně jako zmenšená fréza, až po gravírování laserem [5].

Frézování pomocí gravírovacího stroje je typické pro společnosti specializující se na obrábění. Při frézování je obrobek fixován na stole který musí být dobře zajištěn a musí mít vysokou statickou i dynamickou tuhost, jelikož při opracovávání může i mírné zachvění způsobit nepřesnost a tím také poškození obrobku nebo nástroje. Dalším důležitým faktorem je odvod kovových třísek které při obrábění materiálu vznikají. Jelikož mají tyto třísky vysokou teplotu způsobují tepelnou dilataci a tím



negativně ovlivňují postup obrábění [5].

Gravírování laserem je naopak relativně rychlý úkon, v závislosti na náročnosti a velikosti požadovaného tvaru či obrázku. Laser v podstatě vypálí daný reliéf na povrch gravírovaného předmětu, s tím je také spojena limitace které všechny předměty je možné tímto způsobem opracovávat. Z tohoto hlediska závisí hlavně na výkonu laseru, tím je taky ovlivněna jeho schopnost docílit dostatečné teploty na povrchu předmětu k vytvoření požadovaného tvaru. Tato metoda opracovávání je nejčastěji používána pro výrobu dárkových či reklamních předmětů, například peněženky, propisky či jiné drobné předměty které během dne používáme [5].

## 1.4 Snímače

Snímače se rozdělují do dvou hlavních kategorií a to podle toho, musí-li měřené těleso přijít do kontaktu se snímačem, nebo zda snímač měří bezkontaktně. Toto rozdělení je na snímače mechanické a snímače bezkontaktní. Tyto typy se dále dělí podle principu jejich funkce v dané kategorii. Snímače mechanické mají podkategorie mechanické nebo číselníkové, indukčnostní, inkrementální optoelektronické, inkrementální magnetické, potenciometrické, magnetostrikční. Snímače bezkontaktní se dělí na snímače kapacitní, magneto-indukční, laserové, indukční, ultrazvukové [6].

Snímače jsou vzájemně porovnávány na základě jejich parametrů, těmito parametry jsou citlivost, nejistota měření, preciznost měření, podmínka opakovatelnosti měření, opakovatelnost, reprodukovatelnost, přesnost měření, pravá hodnota, rozlišení, linearita, měřící rozsah a hystereze [6].

Citlivostí se rozumí reakce při určených pracovních či jiných okolních podmínkách na změny sledovaného jevu či veličiny [6].

Nejistota měření je údaj který vyjadřuje rozptýlení hodnot veličiny ku veličině měřené. Standardní nejistota měření se nazývá směrodatná odchylka [6].

Precizností měření se rozumí hodnota znázorňující míru shody mezi jednotlivými měřeními provedenými za stejných podmínek a na stejných objektech [6].

Podmínky opakovatelnosti měření zahrnují všechny okolnosti během kterých bylo měření provedeno. Těmito jsou například postup použitý při měření, obsluha která měření prováděla, vybavení které bylo k měření použito i místo kde se měření konalo [6].

Opakovatelnost určuje jak precizně lze měření provést znovu při maximálním možném splnění všech podmínek opakovatelnosti [6].

Reprodukovatelnost vyjadřuje jak přesně lze dosáhnout výsledků měření v podmínkách odlišných od původního měření, například jiný personál, jiný měřící přístroj, jiné měřící místo [6].

Přesnost měření se určuje při porovnání hodnot naměřených s hodnotami

pravými, popřípadě teoretickými, příkladem je měření proudu či napětí, kdy můžeme přímo zdrojem určit jaké napětí obvodem prochází a následně ho změřit abychom věděli jak přesné je měřící zařízení [6].

Pravá hodnota je hodnota která je ve shodě s teoretickou definicí daného jevu. Při praktickém měření se jedná o hodnotu které nelze nikdy dosáhnout, měření nikdy není dokonalé [6].

Rozlišení je vlastnost měřidla která určuje jak velká musí být změna měřené hodnoty, aby se projevila na hodnotách vypsaných na měřícím zařízení [6].

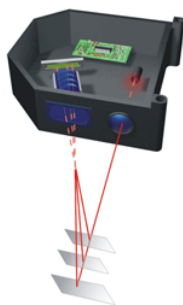
Linearitu můžeme vnímat jako odchylku od myšlené přímky která prochází dvěma body, nulovým a bodem na konci rozsahu, linearita je následně maximum této odchylky [6].

Měřicí rozsah je hodnota informující o rozpětí naměřených hodnot u kterých byly splněny parametry spojené s měřením, jako například podmínky opakovatelnosti [6].

Hystereze je definována jako nejvyšší hodnota rozdílu naměřených hodnot. Toto je způsobeno při určitých měřeních kdy měřená hodnota závisí nejen na podmínkách vnějších, ale i na postupu při měření, například při měření úbytku či přírůstku. Jsou-li při těchto postupech naměřeny jiné hodnoty, určujeme jejich hysterezi [6].

### 1.4.1 Optoelektronické snímače

Použití laseru pro určení polohy spadá pod optické metody. Podobných metod je více, avšak laser je nevhodnější metodou určování vzdálenosti či polohy. Důležitým faktorem při použití laseru pro měření je výběr správného měřidla, snímače jsou specializovány na různé materiály a jejich vlastnosti jako je třeba odrazivost či hrubost povrchu. Laserové měření má velice široký rozsah, jedno zařízení může měřit vzdálenosti v řádu milimetrů až do řádu metrů. Principem laserového měření je triangulace. Snímač vyšle viditelný paprsek který se při dopadu na snímáný předmět odrazí zpět do přijímače který pomocí filtru odstraní všechno záření které nebylo vyzářeno vysílačem. Paprsek následně projde soustavou čoček díky kterým je koncentrován na fotosensitivní CCD čip. Po promítnutí paprsku na čip se vytvoří bod díky kterému je možné určit úhel mezi vyslaným a přijímaným paprskem. Jako poslední ze z tohoto úhlu vypočte vzdálenost předmětu [6].



Obrázek 1.4: Znáznornění funkce optoelektronického snímače [11]

## 1.5 Dopravníky

Dopravníky se kromě dělení na poháněné a nepoháněné dále dělí na pásové, válečkové, řetězové, řemenové, destičkové, s modulárním pásem, kuličkové, kladičkové a vibrační. Přičemž nejčastěji využívané jsou dopravníky pásové, válečkové, řetězové a destičkové [1].

### 1.5.1 Pásové dopravníky

Pásový dopravník je tvořen pasem, který se dělí podle materiálu použitého pro jeho výrobu na pryžové, PVC, ocelové, textilní nebo gumotextilní, a válečky mezi kterými je daný pas napnutý. Tento typ dopravníku je vhodný pro přepravu sypkých i kusových materiálů, jednotlivě či ve velkém systému několika dopravníků popřípadě montážní linky. Konstrukce dopravníku se vždy volí podle jeho použití a musí vždy splňovat pravidla a směrnice daného pracovního prostředí, například hygienické normy pro dopravníky v potravinářském průmyslu [12].

Pásové dopravníky se také rozdělují podle tvaru dráhy. Dopravník může mít plochý tvar a tvar lomený, nebo také kloubový [13].

Plochý dopravník má pas ve vodorovném směru, zajišťuje tímto stálou výšku přenášeného materiálu či výrobku mezi zpracováním. Tento tvar je také optimální pro zástavbu prostoru, dopravníky s různou výškou se mohou křížit pokud to jejich podpora umožňuje [14].

Dopravník lomený je používán zejména pro změnu výšky materiálu či výrobku při přepravě. Příkladem je vynášení do zásobníku, či pohyb mezi patry budovy [14].



Obrázek 1.5: Příklad pásového dopravníku [15]

### 1.5.2 Řemenové dopravníky

Řemenové dopravníky jsou podobné dopravníkům pásovým, místo pasu je však pro přepravu použit ozubený "nekonečný řemen", který je poháněn hnací a hnanou řemenicí, hnaná řemenice může mít podobně jako u pásového dopravníku i napínací účel. Podoba řemene je vždy závislá na plánovaném využití dopravníku, mohou se použít dva souběžné řemeny po kterých se budou přepravovat předměty velkých rozměrů, například palety, nebo může být použit jeden souvislý řemen pro přepravu sypkého materiálu [16].

Podle použití se rozlišuje i profil pasu, těchto profilů je několik typů, například již zmíněný ozubený profil, dále také profil klínový či kruhový. Tyto různé typy řemenů mají i rozličná složení. Klínový řemen je nejčastěji vyroben ze směsi kaučuku a speciálního tažného vlákna. Díky tomu má řemen vynikající vlastnosti které zahrnují životnost, účinnost a teplotní a chemickou odolnost. Řemeny klínové mohou být dále vyrobeny z polyuretanu či polyesteru, stejně tak jako řemeny kruhové. Jejich složení dovoluje tyto řemeny volně svařovat do potřebných délek přímo na dopravníku. Je to značná výhoda oproti jiným typům řemenů u kterých je potřeba část dopravníku demontovat pro jeho úpravu či výměnu. V poslední řadě řemen ozubený jenž se kvůli svému složení do vrstev rozděluje na řemeny polyuretanové a řemeny neoprenové. Bází těchto řemenů jsou tažné kordy, ty řemenu udávají vlastnosti kterými jsou pevnost, ohebnost, délka a stabilita. Kordy mohou být vyrobeny z oceli, aramidu či ze skelných vláken. Vrstvy které přímo sousedí s tažnými kordy jsou zuby a hřbet řemene a bývají vyrobeny ze stejného materiálu

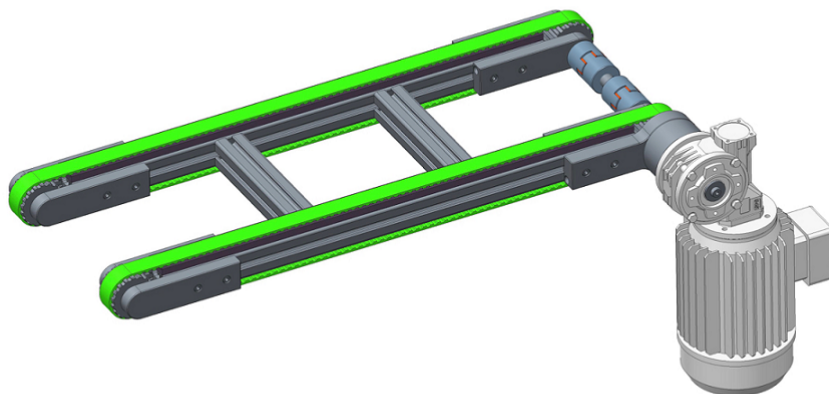
[16].

*”Řemenice dopravníku je určena pro přenášení krouticího momentu z hřídele motoru na řemen dopravníku [16].”*

Řemenice má různé tvary podle použitého řemene. Pro řemen ozubený má řemenice čelní zuby, připomíná ozubené kolo, pro řemen kruhový má tvar kruhové drážky a pro řemen klínový má speciální drážky ve tvaru klínu. Tímto způsobem je zajištěno, že řemen na řemenici vždy přesně pasuje a nemůže se při správném napnutí uvolnit či vychýlit [16].

Poslední důležitou součástí řemenového dopravníku je pohon. Jako pohon se nejběžněji používá asynchronní třífázový elektromotor, záleží však primárně na velikosti a účelu dopravníku. Pohon je vždy umístěn na kostře dopravníku. Podle možností prostředí může být libovolně na levé či pravé straně, popřípadě libovolně natočen, je-li toto natočení v ose hnací řemenice [16] [17].

Řemenové dopravníky mohou být podle svého účelu konstruovány několika způsoby, mohou být jednodráhové, dvoudráhové či vícedráhové, toto konstrukční rozhodnutí závisí na využití i na prostředí, při návrhu velké dopravníkové linky je možno tímto způsobem dopravník přizpůsobit dané situaci [17].



Obrázek 1.6: Příklad řemenového dopravníku [18]

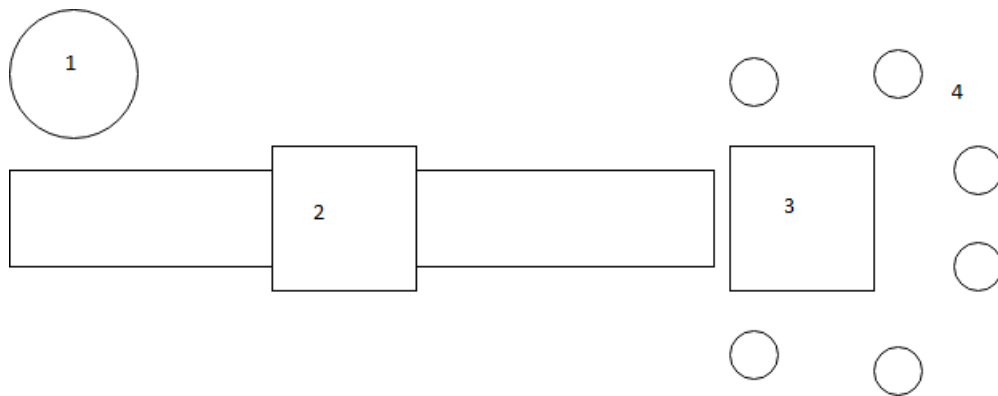
## 2 Návrh mechanických a elektronických prvků

Tato část práce se věnuje vytvoření konceptu pro celou jednotku. Následně je z konceptu vytvořen návrh a podle tohoto návrhu se dál postupuje při výrobě.

### 2.1 Koncepce výrobní linky

Koncepty jednotky byly vytvořeny ve spolupráci s elektrotechnickým oddělením společnosti AIRS s.r.o. a s pomocí společnosti SUTOR Global s.r.o. a jejich strojního oddělení. Konceptů bylo vytvořeno několik, nejvíce byly však probírány čtyři ze kterého se vybral jeden finální. Tyto koncepty jsou zde vyobrazeny ve zjednodušeném diagramu půdorysu a následně popsány. Všechny koncepty obsahují shodně dopravník a zachovávají pozici gravírovacího stroje a senzorů na dopravníku.

#### 2.1.1 Koncept č.1

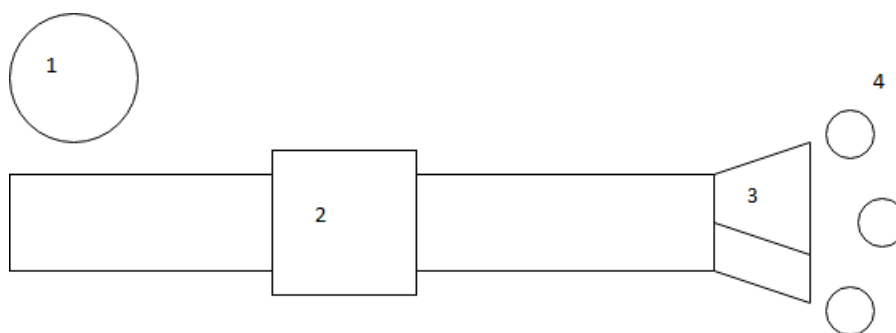


Obrázek 2.1: Diagram konceptu č.1

První zvažovaný koncept obsahoval jeden zásobník na začátku výrobního procesu (pozice 1) a robotickou ruku na jejím konci (pozice 2). Zásobník měl tvar tu-

busu ve kterém byl produkt vyskládán na sobě, v základně tubusu by se nacházel motor který by produkt vytlačoval nahoru kde by se následně pístem přesunul na dopravník. Po opracování gravírovacím strojem (pozice 3) by byl hotový produkt odejmut z pasu robotickou rukou a následně položen na tácek na předem určeném místě okolo robotické ruky (pozice 4), tácky by měli zabudované senzory pro kontrolu dostupnosti pozice.

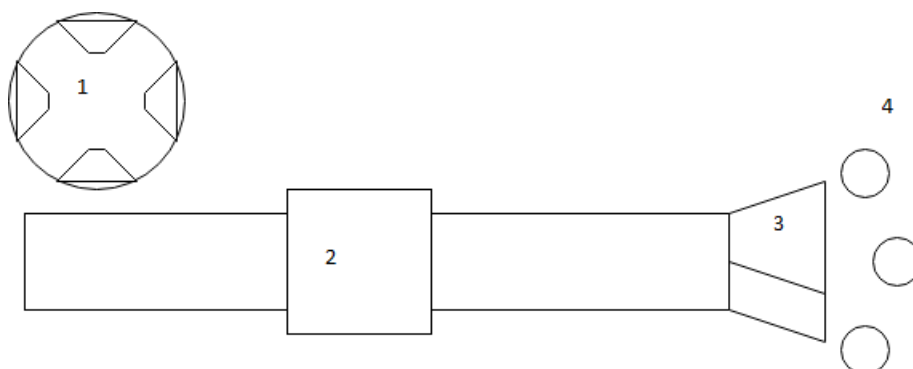
### 2.1.2 Koncept č.2



Obrázek 2.2: Diagram konceptu č.2

Koncept číslo dvě změnil podobu zásobníku (pozice 1) a nahradil robotickou ruku odlišným systémem. V tomto konceptu měl být zásobník stejného tvaru, pouze jeho funkce byly změněny, produkt vně tubusu byl stále poskládán jeden na druhém. Narozdíl od konceptu číslo jedna však místo vytlačování měli být nainstalovány dvířka na spodek tubusu, která by se otevírala a umožňovala produktu spadnout na plošinu vedle dopravníku, ze které by byl na dopravník dotlačen pístem. Místo robotické ruky by byl dopravník na konci rozšířen o zkosenou plochu s pohyblivým separátorem (pozice 3), díky kterému by produkt jednoduše zklouznul z dopravníku na plánovanou pozici. Pozice 2 je v tomto konceptu nezměněná. Pozice 4 zmenšila počet tácek a také je přiblížila k dopravníku.

### 2.1.3 Koncept č.3

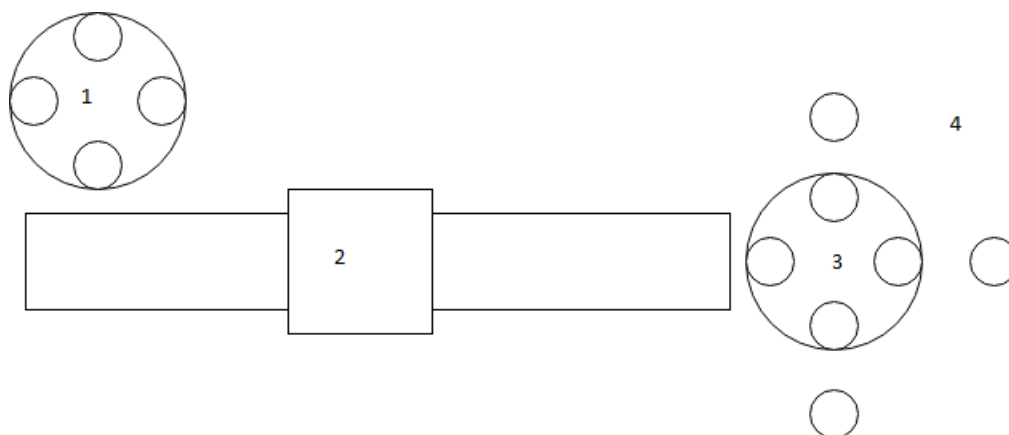


Obrázek 2.3: Diagram konceptu č.3

V konceptu číslo tři bylo zachováno řešení pro pohyb produktu z dopravníku na táč (pozice 3), byl však kompletně změněn zásobník (pozice 1) který produkt na dopravník dodával. Zásobník byl nyní navržen jako pohyblivý táč se speciálními ploténkami ve tvaru rovnoramenného lichoběžníku. Pro tento návrh bylo zamýšleno, že zásobník se bude otáčet kolem své osy, ploténka která směřuje na dopravník se otevře směrem dolů a produkt po ní bude moci samovolně zklouznout na pás dopravníku. Pozice 2 neprošla změnou. Pozice 4 je také souhlasná s konceptem číslo dvě.



## 2.1.4 Koncept č.4



Obrázek 2.4: Diagram konceptu č.4

Pro koncept číslo čtyři byl změněn počátek (pozice 1) i konec výrobního procesu (pozice 3) kdy se na tyto pozice umístilo podobné zařízení. Na obou koncích dopravníku se nacházejí takzvané "revolverové zásobníky", označení kvůli jejich vzhledu. Tyto zásobníky se otáčejí kolem své osy a mají speciální kruhové výřezy do nichž jsou vloženy jednotlivé produkty. Zásobník počátku má ve svém středu píst který vytlačí produkt na dopravník. Po opracování je produkt dopravníkem vsunut do výřezu druhého zásobníku na konci výrobního procesu který se podobně jako zásobník první otočí kolem své osy, aby pomocí senzoru zasazeného pod úroveň produktu zkontroloval dostupnost jednotlivých pozic umístěných kolem něj (pozice 4), je-li pozice volná, píst uvnitř zásobníku produkt vysune na táč, je-li pozice obsazená, zásobník se otočí a zkontroluje další pozici. Pozice 2 zůstává beze změny.

## 2.1.5 Konečný koncept

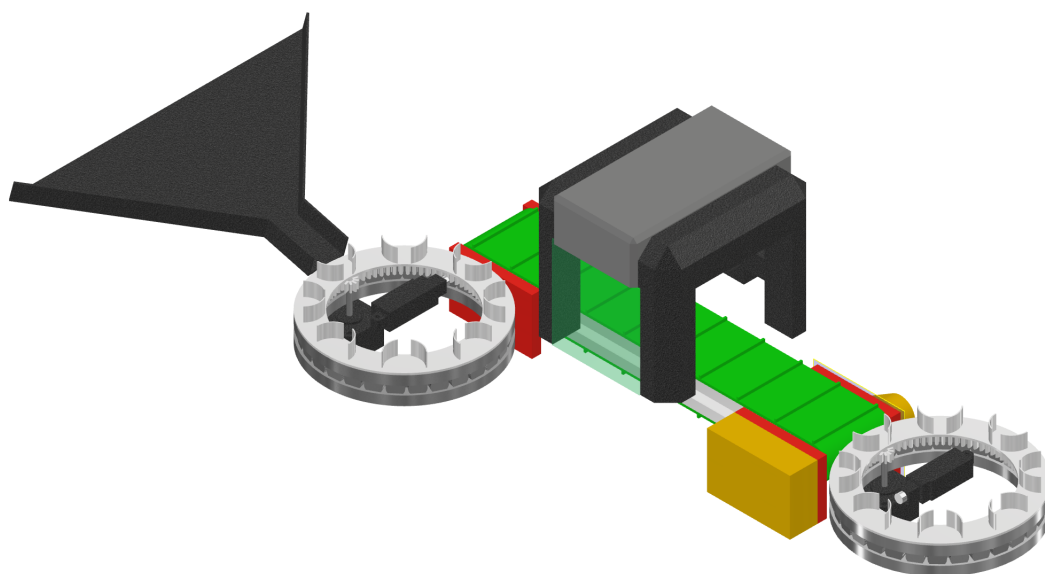
Konečným konceptem se stal koncept číslo 4 který byl následně navržen. Zde je vysvětlení.

Systém dvou revolverových zásobníků je efektivní na použití i výrobu. Tyto revolverové zásobníky budou vytvořeny pomocí 3D tisku a díky tomu jsou levné na výrobu, mají nízkou hmotnost a při případné závadě je velice snadné je nahradit. Robotická ruka by však nebyla vhodná z důvodu cenové relace těchto strojů o velikosti úměrné k celé jednotce, následně také není ideální napájení robotické ruky, jelikož má být jednotka snadno přenosná a použitelná i v místech kde není

možnost jiného než běžného napájení zásuvkou. Dále má takový stroj značnou váhu která by komplikovala přenos jednotky.

Tubusové zásobníky se jeví jako vhodné řešení, avšak i ty mají příliš mnoho nedostatků. Pro vynášení materiálu tubusem směrem nahoru by potřeboval tubus mít podstatnou výšku která by směřovala pod úroveň dopravníku, z tohoto důvodu byl vytvořen návrh tubusu který by nepotřeboval materiál tlačit, ale jednotlivé produkty by se samovolně pohybovaly gravitací. Ani tato metoda dávkování však nebyla viděna jako ideální, především kvůli možnosti přičení materiálu v tubusu při jeho pádu, takovéto uvolnění produktů by vyžadovalo manuální zásah který není vítán.

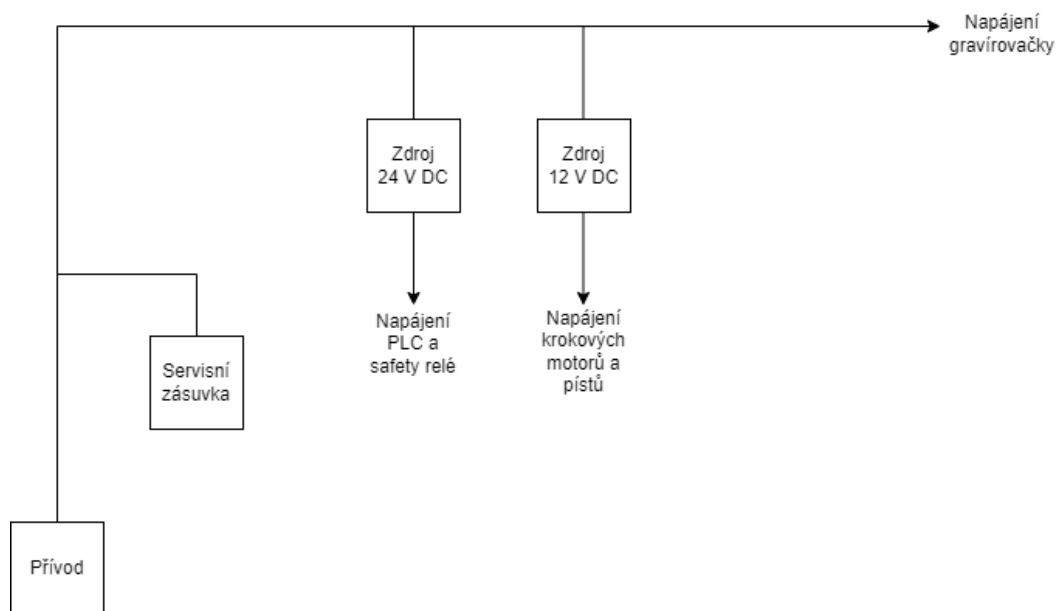
Zásobník s "padajícími ploténkami" a nakloněná rovina na konci zásobníku byly také zavrženy jako návrhy. Částečně z důvodu komplexnosti výroby zásobníku, nutnost vyrobit panty pro jednotlivé ploténky a mít pro každou ploténku speciální pohony které by zajišťovali jejich otevření a zavření. Dalším důležitým faktorem byl taky fakt, že při pohybu produktů tímto způsobem je složité jejich rychlost regulovat a mohlo by se stát, že produkt dorazí na dopravník či táč pod dopravníkem vyšší než požadovanou rychlostí a to by mohlo zapříčinit jeho vychýlení z plánované pozice či kompletní opuštění systému, vypadnutí z dopravníku či dopadnutí mimo táč.



Obrázek 2.5: 3D model vytvořeného návrhu

## 2.2 Zapojení elektrických prvků

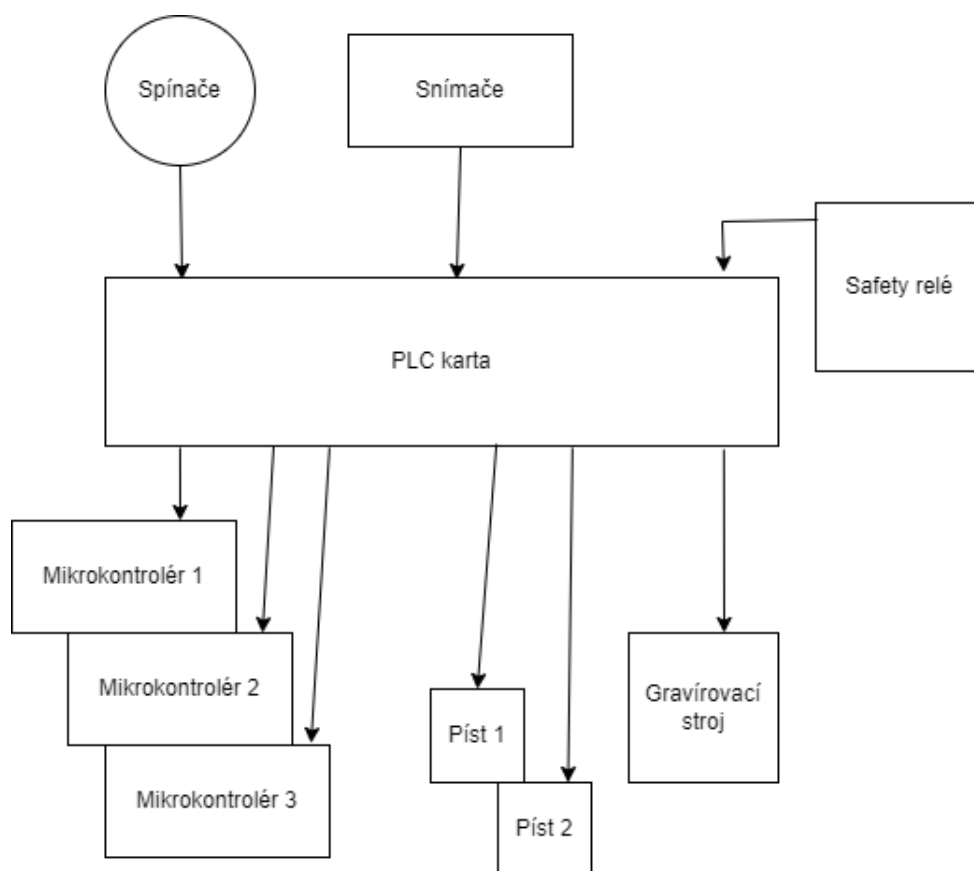
### 2.2.1 Zdroj



Obrázek 2.6: Přívod proudu

Hlavní přívod energie je zprostředkován jednofázově, stanice se bude připojovat do běžné zásuvky na 230 V. Dále je nainstalovaná servisní zásuvka pro případ, že se bude jednotka používat pro prezentaci v prostorách kde bude omezené množství zásuvek, dále také protože má jednotka simulovat běžnou linku u kterých jsou servisní zásuvky běžné. Jako posledními jsou zde vyobrazeny dva zdroje napětí, jeden zdroj na 24 V DC a druhý na 12 V DC. Zdroj napětí 24 V DC napájí kartu PLC a safety relé. Druhý zdroj napětí napájí krokové motory a písty zásobníků. Použití dvou různých zdrojů napětí není ideální stav, je to však zapříčiněné písty které jsou v zásobnících. Pro hledanou velikost pístů bylo ekonomicky nevýhodné koupit písty které by mohli být napájené zdrojem 24 V DC a to z důvodu, že rozdíl ceny pístů převyšoval cenu dodatečného zdroje. Krokové motory bylo možno objednat ve verzi 24 V DC napájení, ale z důvodu vedení kabelů ze dvou zdrojů k zásobníkům, oproti vedení kabelů pouze z jednoho zdroje byla druhá možnost zvolena jako vhodnější.

## 2.2.2 Diagram zapojení elektronických zařízení



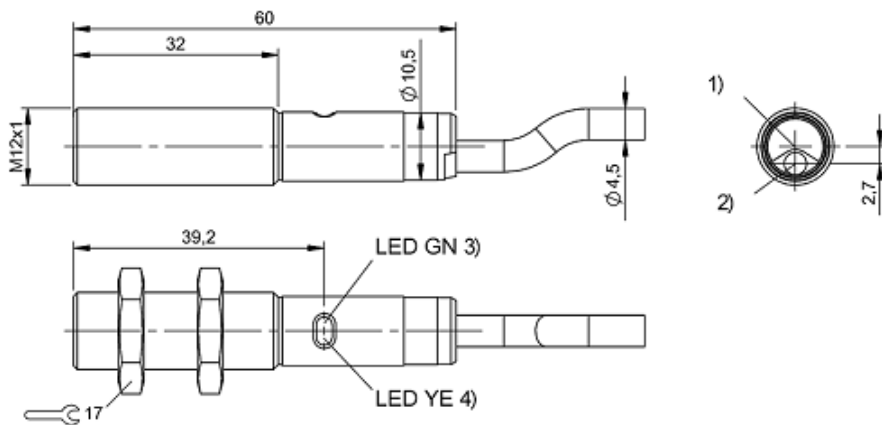
Obrázek 2.7: Zjednodušený diagram zapojení

Na diagramu zapojení je možno vidět jednoduchou podobu systému a jeho prvky. Hlavním prvkem je jednotka PLC která slouží jako ovládání celé linky. V tomto projektu bylo použito PLC značky Siemens s označením Simatic S7-1200. Toto PLC má tři různé typy vstupních signálů. Prvním typem jsou mechanická tlačítka, druhým jsou snímače a třetí je signál ze safety relé. Tlačítek je v systému celkem pět, dvě tlačítka jsou spojená. Tyto tlačítka jsou Start, Stop, Kvitace poruch a Safety reset. Tlačítko Stop je rozpínací kontakt, ostatní jsou spínací kontakty. Dalším signálem vstupujícím do PLC je signál snímačů. Těch je do systému zapojeno celkem sedm, pět snímačů na dopravníku a dva zásobníky které mají každý jeden snímač.



Obrázek 2.8: Vzhled použité PLC jednotky [19]

V zapojení byly použity snímače společnosti Balluf. Jedná se o tři vodičové optoelektronické snímače s PNP rozpínacím kontaktem. Snímač využívá červeného světla pro detekci objektů do vzdálenosti až 100 milimetrů.

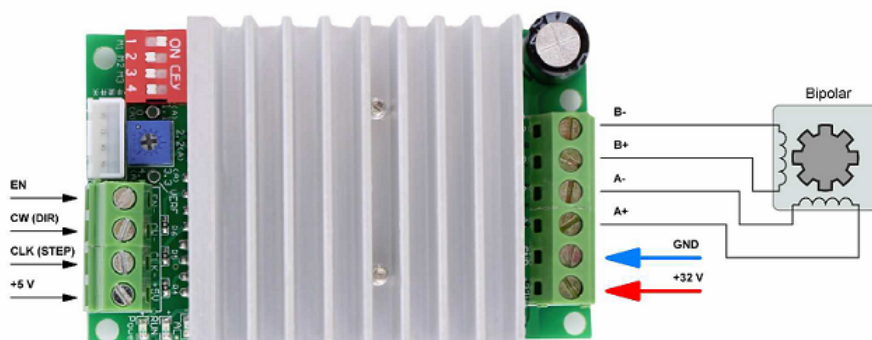


Obrázek 2.9: Snímač balluf [20]

Posledním vstupním signálem do karty PLC je safety relé. Toto relé je prvek zajišťující funkční bezpečnost systému. Funkční bezpečností se rozumí typ

bezpečnosti který je nezávislý na funkcích programu v PLC. Tato bezpečnost funguje vždy a hlavně při výskytu chyby v programu zaručuje, že nedojde ke zranění, ani poškození okolí chodem systému.

Z PLC karty vedou výstupní signály ke třem typům zařízení. Jeden typ výstupního signálu je signál mikrokontrolerů krokových motorů. Další typ signálu ovládá písky v zásobnících. Poslední typ signálu kontroluje ochranné relé zapojené ke gravírovacímu stroji a povoluje jeho spuštění.



Obrázek 2.10: Mikrokontroler krokového motoru [21]

Na obrázku 2.10 je možné vidět zapojení mikrokontroleru ke krokovému motoru i jeho vstup z karty PLC. Mikrokontroler dostává z PLC jednotky tři různé signály. Prvním signálem je vstup EN, tento vstup můžeme chápat jako povolení chodu pro motor. Dalším signálem je vstup CW, ten podle posílaného signálu ovlivňuje směr otáčení motoru. Posledním vstupem mikrokontroleru je CLK, ten slouží pro mikrokontroler jako ovládání vykonávání kroků, jelikož jednotlivé kroky jsou provedeny po sestupné hraně impulzu.

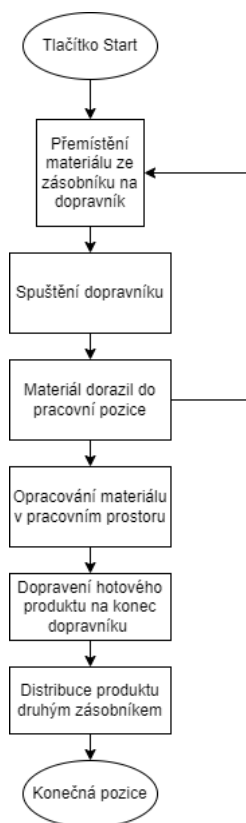


Obrázek 2.11: Elektronický píst [22]

Obrázek 2.11 vyobrazuje vzhled pístu použitého v zásobnících. Jedná se o píst s třívodičovým zapojením. Dva vodiče jsou pro napájení a vodič třetí vysílá signál do pístu pro jeho vysunutí či zasunutí. Tento úkon je v pístu rozlišován podle délky signálu který obdrží.

### 3 Funkce softwaru

Podoba softwaru zde nemůže být zobrazena, z důvodu použití šablon a předem určených částí kódu které společnost využívá pro zjednodušení čitelnosti programu i kvůli osvědčení takto zavedeného systému, místo toho zde však bude popsáno celé chování linky a jednotlivé kroky jejích funkcí.



Obrázek 3.1: Vývojový diagram programu



## 3.1 Základní cyklus

Základním cyklem jsou myšleny všechny nezbytně nutné kroky které povedou k přemístění produktu z počátku do pracovní zóny pro opracování a následnému přesunu na určené místo odkladu.

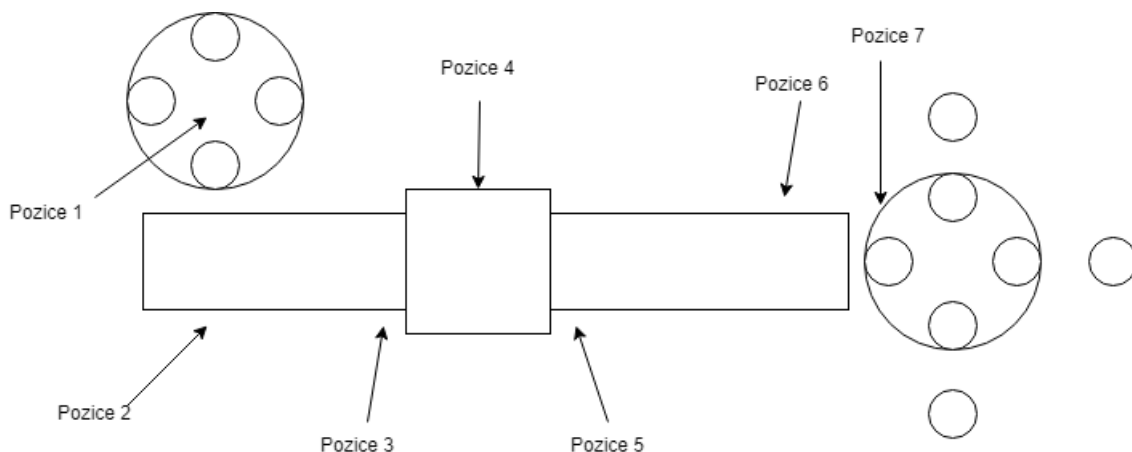
Cyklus začíná prvním zásobníkem. Tento zásobník má tvar otočného tácu v jehož okrajích jsou prohlubně do kterých se umísťuje materiál. Zásobník se otáčí kolem své osy v pravidelných intervalech a staví v pozici kdy vždy jedna pozice s připraveným materiálem směřuje na pás dopravníku. Uvnitř zásobníku je umístěn píst ,jenž skrze otvory vytvořené ve stěnách zásobníku vytlačí materiál na dopravník při vysunutí.

Po dosažení dopravníku se po něm materiál začne přemísťovat ke gravírovacímu stroji. Materiál následně zastaví v prostředku gravírovacího stroje v pracovním prostoru laserového nástroje kde je na povrch materiálu laserem nanesen předem zadaný obrázek. Během tohoto procesu se na gravírovacím stroji uzavřou dvířka sloužící jako ochrana zraku před laserovým zářením které se následně opět otevřou po uplynutí času nezbytně nutného na vykonání celého gravírovacího procesu.

Po opracování se dopravník znovu spustí a hotový produkt je dopraven na jeho konec. Zde produkt volně vjede do připravené pozice na druhém zásobníku. Druhý zásobník se následně začne otáčet kolem své osy a za pomoci senzoru kontrolovat dostupnost pozice táček umístěných po jeho obvodu. Je-li pozice volná, píst uvnitř zásobníku vysune produkt ze zásobníku na tácek, není-li tato pozice volná, zásobník pokračuje v kontrolování následujících pozic.

## 3.2 Senzorika

V celém systému je umístěno několik senzorů kontrolující stav či pozice materiálu i hotových produktů. Jeden senzor je v prvním zásobníku (Pozice 1), tento senzor snímá kdy je zásobník natočen ve správné pozici, aby mohl píst bezpečně přemístit materiál na dopravník. Další snímač je na druhém zásobníku (pozice 7) jehož funkce zde již byla popsána. Na dopravníku je zbylých pět senzorů které fungují jako informace o pozicích pro kontrolu bezpečnosti chodu. První snímač (pozice 2) je na počátku dopravníku kam je materiál vsunut ze zásobníku. Druhý snímač (pozice 3) se nachází před gravírovacím strojem. Třetí snímač (pozice 4) kontroluje polohu materiálu v pracovní ploše gravírovacího laseru. Čtvrtý snímač (pozice 5) je umístěn vedle dvířek kterými vyjíždějí opracované produkty. Snímač pátý (pozice 6) a také poslední je umístěn na konci dopravníku kde se hotové produkty přemísťují z dopravníku do druhého zásobníku.



Obrázek 3.2: Pozice snímačů na stroji

### 3.3 Chybové stavy programu

Chybové stavy jsou řešeny několika způsoby. Zásobníky neumožní provoz pístů je-li zásobník ve špatné pozici či pokud je pozice obsazená.

Snímače na dopravníku jsou v řadě a stane-li se, že je některý snímač spuštěn dříve než snímač předchozí, vyjma snímače prvního, tak systém zaznamená chybu v souslednosti výrobního postupu, kterou vyhodnotí jako vniknutí cizího objektu do oblasti pasu a výrobní proces zastaví. Snímač kontrolující pozici materiálu v pracovní ploše zastaví chod dopravníku a poté následně vydá signál pro spuštění ochranných dvířek. Dvířka mají dodatečný spínač vedoucí do karty PLC který se sepne pouze jsou-li dvířka uzavřená, pokud uzavřená nejsou, systém nespustí gravírování. Po uplynutí omezené doby kdy dvířka nejsou správně zavřena vyhodnotí systém danou událost jako poruchu dvířek. Důvodem může být zásah cizího objektu do prostoru dvířek. To způsobí jejich nemožnost odstínění pracovní plochy a proto je celý cyklus přerušen. Porucha se následně musí manuálně odstranit.

Všechny tyto scénáře způsobí vyvolání poruchy v systému. Systém reaguje rozpojením obvodu v safety relé a tím vyvolá zastavení výrobního procesu. Na rozvodné skříni zhasne kontrolka safety relé a porucha se musí odstranit a následně tlačítkem kvitovat. Kvitací dojde k obnovení možnosti chodu systému.

## 4 Montáž

Uvedení linky do funkčního stavu předchází několik posledních důležitých kroků. Prvním je návrh, nákres a vyrobení dodatečných mechanických prvků, dalším je příprava základní desky na kterou bude jednotka umístěna, posledním krokem je následně složení a zapojení elektroniky v jednotce.

### 4.1 Výroba mechanických komponentů

Pro žádanou funkčnost jednotky bylo nutné vyrobit několik dodatečných součástí, všechny tyto komponenty byly nakresleny v softwaru Autodesk Inventor a následně vytisknuty na 3D tiskárně. Jedná se tedy o komponenty které jsou velice lehké, relativně levné na výrobu a v případě poškození i jednoduše nahraditelné.

Jedním z těchto dílů je zásobník, jak již dříve zmíněno, jedná se o díl jehož vrchní část se podobá tácu s půlkruhovými výřezy v jehož středu je dutina ve tvaru válce. Zásobník je otočný kolem své osy díky krokovému motoru umístěnému v jeho základně a uvnitř dutiny zásobníku je umístěn píst sloužící k vykládání materiálu ze zásobníku na pás či na koncovou pozici.

Další důležitou součástí kterou bylo potřeba vyrobit je speciální držák pro snímače na dopravníku. Rám dopravníku je tvořen profilem jenž má dutinu ve tvaru T. Držák je tedy navržen, aby jeho spoj byl ve tvaru T a tím ho bylo možné jednoduše "vsunout" do profilu a také jím libovolně posouvat po délce rámu pro umístění na kteroukoliv pozici na dopravníku. Těchto držáků je na dopravníku celkem pět, dva jsou umístěny před gravírovacím strojem, dva za gravírovacím strojem a jeden snímající pracovní plochu gravírovacího stroje.

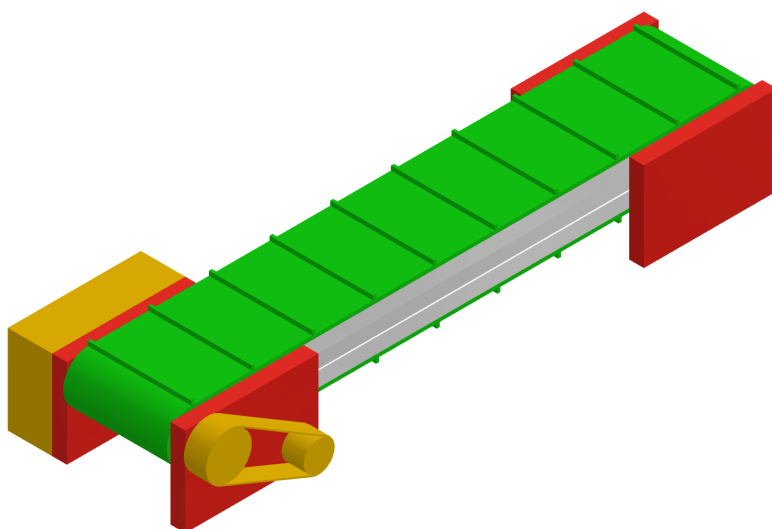
Jednou z poslední vyrobené části jednotky jsou ochranná dvířka na gravírovacím stroji. Dvířka jsou vyrobená z neprůhledného materiálu, aby nemohlo dojít k poškození zraku operátorů linky při nevhodné manipulaci se zařízením. Dvířka jsou následně poháněna servo motory které jsou připojeny ke gravírovacímu stroji a pohybují se ve vertikálním směru.

Posledním prvkem celé jednotky je základní deska na které je celá jednotka umístěna. Jedná se o běžnou dřevotřískovou desku ke které je šrouby připevněn dopravník, zásobníky i gravírovací stroj. Tím je zaručeno upevnění, stabilita při

přemísťování linky a zachování pevných vzdáleností mezi prvky.

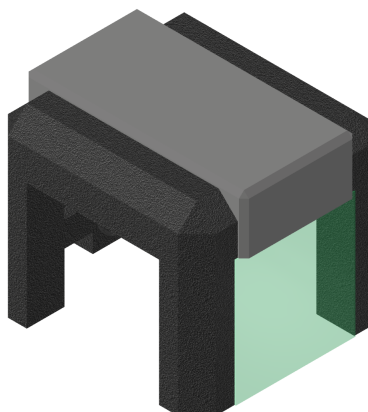
## 4.2 Skládání mechanických prvků jednotky

Prvním hotovým prvkem byl dopravník, od dodavatele přišel z většiny poskládaný, jen bylo potřeba udělat pár prvotních úprav. Nejprve se dopravník zkontroloval a přeměřil, pro ověření zda je vše vyrobeno podle objednávky. Podle konkrétní velikosti dopravníku se odvíjí velikost ostatních částí. Rozměry dopravníku jsou 400 milimetrů na délku, 62 milimetrů na výšku a 85 milimetrů na šířku z čehož šířka pasu činí 58 milimetrů. Nejdůležitější informací byla především výška dopravníku. Na základě tohoto rozměru se vyrobí adekvátně vysoké zásobníky. Gravírovací stroj který má pevně danou velikost se vypodloží či zapustí do desky, aby byl laser v ideální vzdálenosti od pasu pro opracovávání.



Obrázek 4.1: Model použitého dopravníku

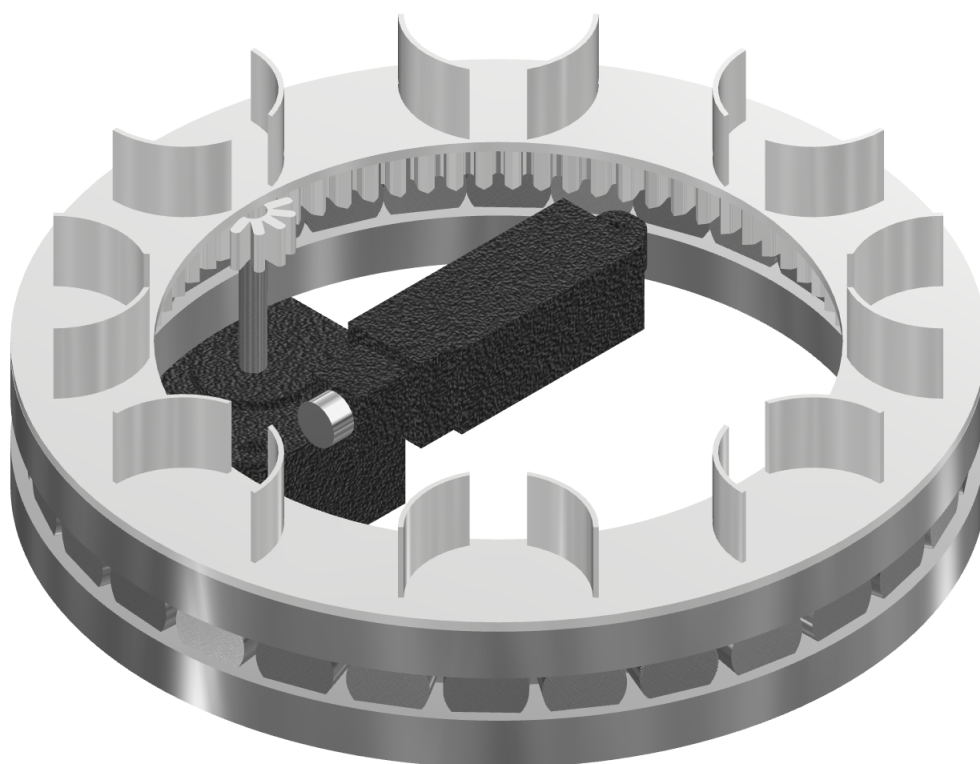
Druhou částí jednotky jenž nepředstavovala mnoho práce po stránce zprovoznění byl gravírovací stroj, který byl objednán jako hotový celek. Pro použití při této práci je gravírovacímu stroji nahrán obrazec z přenosného média, nikoliv mobilním telefonem či jiným způsobem.



Obrázek 4.2: Model gravírovačky

Na gravírovacím stroji jsou přímo závislá ochranná dvířka. Tyto jsou instalovány ze dvou směrů nad pasem dopravníku. Dvířka jsou na stranách uchyceny jednoduchým bezkloubým ramenem které je poháněné servomotorem. Každé rameno má jeden servomotor který je umístěn na vršku gravírovacího stroje.

Další částí celku která vyžadovala nejvíce konstrukční práce jsou zásobníky. Ty byly po návržení a hotovém tisku několikrát testovány, během procesu skládání linky i přišly okamžiky kdy mohlo dojít k další změně návrhu a jiné pozici zásobníků či použití naprosto odlišného konstrukčního řešení. Do základny zásobníku byl vložen ozubený věnec který fungoval jako koncový příjemce převodu točivého momentu. Pod základnou zásobníku byl umístěn jeho příslušný krokový motor pro který byl vytvořen pastorek jenž zapadal do ozubeného věnce v zásobníku a zajišťoval jeho otáčení kolem svislé osy.



Obrázek 4.3: Model zásobníku

Ve válcové dutině zásobníku byl následně umístěn stojan s pístem který vysouval materiál ze zásobníku na pás. Pro tento píst byl dodatečně vytvořen speciální nástavec pro bezpečné vysunutí materiálu, větší povrch při kontaktu zajistí, že píst nezpůsobí deformaci či kompletní penetraci povrchu materiálu.

Poslední částí zásobníku je jeho vnitřní snímač. Tento snímač je umístěn pod úrovní pístu ve shodném směru a indikuje správnou pozici zásobníku. Jedná se o optoelektrický snímač který snímá objekty v blízké vzdálenosti před senzorem. Natočení je následně kontrolováno díky konstrukci zásobníku. Ve výšce snímače je prohlubeň která svou hloubkou přesahuje snímanou vzdálenost snímače a klíny přítomné na pozicích pod místem s materiálem spustí snímač a dají signál, že zásobník je natočen správným směrem.

Druhý zásobník se od prvního moc neliší, je umístěn na koncové pozici do-

pravníku a jeho funkcí je hotový produkt přemístit z dopravníku na tác. Senzor má na tomto zásobníku odlišnou pozici, nachází se pod úrovní produktu. Tento snímač kontroluje pozici tácu umístěného pod zásobníkem.

Dalším konstrukčním prvkem byly držáky snímačů. Ty byly po návrhu vytisknuty a umístěny na rámu dopravníku. Část dopravníku bylo potřeba rozmontovat, aby bylo možné vsunout držáky do plechového profilu dopravníku. Dopravník byl znovu složen. Tímto způsobem byly umístěny tři z pěti snímačů. Zbylé dva snímače byly uchyceny ve stojanu dopravníku pomocí šroubů.

### 4.3 Skládání elektrických prvků jednotky

Posledním velkým prvkem je rozvodná skříň. Ta je umístěna na straně dopravníku opačné k prvnímu zásobníku a sousedí s gravírovacím strojem. Rozvodná skříň obsahuje většinu elektronických prvků. Obsahuje pojistky, kartu PLC, rozšíření vstupů pro kartu PLC, safety relé, mikrokontrolery ke krokovým motorům a většinu kabeláže. Mikrokontrolery ke krokovým motorům mají označení TB6600 a jedná se o řadič do kterého jsou zapojená obě vinutí krokového motoru, vstupní napětí mezi 8 až 42 V, pro tuto jednotku je využito napětí 12 V, a signálové vstupy z PLC karty kterými jsou povolení chodu a různé stavy určující zda se bude motor pohybovat celým krokem či pouze částí základního kroku.

### 4.4 Konečné zasazení prvků

Všechny prvky jsou následně usazeny na desce. Některé prvky bylo potřeba vy-  
podložit a tím uměle zvýšit jejich velikost pro jejich správnou funkčnost, například gravírovací stroj musel být vyvýšen, aby bylo dosaženo ideální vzdálenosti laseru vůči opracovanému materiálu.

## Diskuze

V rámci diskuze je nutné hned na začátku říci, že práce narazila během svého průběhu na značné množství problémů.

Prvním problémem byl nedostatek součástí a zařízení. K doručení dopravníku s krokovými motory došlo teprve poslední den března. Většina dokumentace byla do té doby připravená, avšak výroba jednotlivých dodatečných dílů závisela na přítomnosti dopravníku kvůli rozměrům a možnosti díly otestovat s dopravníkem a vyhodnotit jejich užitečnost popřípadě podle jejich nedostatků navrhnout změnu.

Návrh i plán na sestavení byl také vytvořen s předstihem, podle poznatků ostatních členů společnosti AIRS s.r.o. by tento konstrukční plán měl být funkční a měl by dojít k funkčnímu produktu, avšak z důvodu zpoždění dodávek je možné, že jednotka nebude hotova při prezentaci této bakalářské práce.

Dalším problémem byla komunikace mezi ostatními pracovníky společnosti, každý měl jiné představy a návrhy jak by se mělo při konstrukci postupovat. Všechny možné návrhy byly několikrát promyšleny a po několika pokusech byly vybrány možnosti které se jevíly jako ty nejlepší. Některé z těchto návrhů zde budou zmíněny jakožto zajímavé možnosti řešení daného problému.

Jedním z těchto návrhů bylo vyřazení druhého zásobníku na konci dopravníku a použití robotického ramena. Mělo se jednat o jednoduché zařízení které by hotový produkt po dosažení finální pozice obejmulo a stáhlo na ták pod dopravník. Tento návrh však měl pár vad a těmi bylo řešení výšky tácu a jeho následné výměně. Bylo by totiž nutné finální produkt z tácu nějakým dalším způsobem odejmout či by bylo potřeba ták vyměnit. Kvůli tomuto faktu se rozhodlo, že druhý zásobník nebude nahrazen tímto ramenem.

Další dodatečný návrh, který při konstrukci bude použit, je nainstalování speciální vodící lišty. Bylo tak rozhodnuto při pokusech simulovat chování jednotky a přítomnost tohoto prvku zajistí spolehlivý chod procesu. Jedná se o rovnou plastovou lištu usazenou nad pás dopravníku která slouží jako bariéra která svým tvarem zajistí, že se materiál bude pohybovat po středu pasu a bude ve správné pozici pro gravírování.

Pro zvětšení výrobní kapacity byl navržen dodatečný zásobník, jednalo by se o svislou násypku do které by se vložili všechny jednotky určené k opracování a následně by pomocí skluzné plochy a pevné stěny na zásobníku byly dopra-



veny na rotující táč zásobníku pro uvedení do cyklu. Tento přídavek se možná do jednotky zabuduje bude-li majitel chtít zvětšit počet cyklů při prezentaci či zajistit dlouhodobý chod při testování změn programu či jiného softwaru. Není však pravděpodobné, že by k tomuto došlo v blízké době.

Jedním z dodatečných návrhů také bylo změnit pohon zásobníků. Namísto ozubeného věnce a pastorku použít řemenici s řemenem. Tento převod pohonu je použit již u dopravníku, avšak pro zásobník to není ideální volba. Kdyby byl zásobník poháněn tímto způsobem bylo by potřeba převádět otáčivý pohyb z řemenice motoru na řemenici zásobníku která by musela být umístěna ve středu jeho svislé osy, avšak potom by nastali komplikace s umístěním pístu a senzoru uvnitř zásobníku. Při převodu pastorkem je možné mít ve středu svislé osy prázdný prostor, ve kterém bude umístěn staticky stojan s pístem a senzorem. Pastorek bude umístěn na vnitřním průměru vnitřní kružnice a jeho velikost bude ovlivňovat velikost převodu otáčení na věnci.

Posledním návrhem který stojí za zmínku je použití jiného typu gravírovacího stroje. V aktuálním návrhu je použit gravírovací stroj značky Wainlux A4. Nezáleží tolik na modelu jako na typu provedení stroje. Gravírovací stroj Wainlux je postaven ve tvaru kvádrů, dal by se nazvat "krabici", která je postavená na čtyřech nohách a jeho nástroj se nachází uprostřed stroje a pracovní prostor je jednoznačně vymezen hranami stroje. Tento gravírovací stroj také obsahuje ochranou průhlednou stěnu které dovoluje při gravírování i za použití ochranných dvířek nahlédnout na gravírovací proces. Avšak jedním z návrhů bylo použití gravírovacího stroje značky Laserpecker. Jedná se o malý zdroj laseru na trojnožce, jeho podoba by se dala přirovnat k fotoaparátu. Problémy tohoto stroje jsou však v tom, že není jasně definována pracovní plocha. Zdroj laseru se dá libovolně polohovat a při přesunu by mohlo dojít ke změně vzdálenosti mezi zdrojem a dopravníkem. To by způsobilo špatné ostření laseru a tím by se snížila kvalita gravírování. Také by bylo potřeba pro tento gravírovací stroj vytvořit celý ochranný box namísto pouze ochranných dvířek.

## Závěr

První kapitola této práce popisuje funkčnost, historii a principy základních elektromechanických prvků použitých pro výrobu zadané tréninkové a prezentační jednotky.

Kapitola druhá se následně zaměřuje na koncepci a návrh linky jako celku. Obsahuje diagramy i 3D vytvořený návrh linky.

Kapitola třetí obsahuje funkci softwaru který linku ovládá. Popisuje jeho funkci společně s bezpečností spojenou s výrobním procesem.

Kapitola čtvrtá následně popisuje výrobu a montáž jednotlivých prvků linky. Pro některé prvky jsou vyobrazeny jejich modely a popsána jejich základní funkce.

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo vytvoření tréninkové a prezentační jednotky, toho však nebylo plně dosaženo. Kvůli komplikacím a zdržení dodávek nebylo možné zprovoznit vyráběnou linku do zadaného data. Byly však vytvořeny všechny potřebné dokumenty, plány i návrhy pro její kompletaci, jako například elektrovýkres z prostředí Eplan. Byl vytvořen nákres a diagram podoby linky, který byl dodán společnosti. Jediné co chybí pro kompletaci jednotky je stále několik komponent a čas pro složení jednotlivých dílů. Testování jejich společné interakce, aby nenastala kolize při jejich funkci a následné testování a ladění programu, jenž rozpojuje linku jako celek.

## Seznam použité literatury

1. VOJÁČEK, Antonín. Dopravníkové Systémy v průmyslu - 1. díl. *Automatizace.HW.cz*. 2016. Dostupné také z: <https://automatizace.hw.cz/dopravnikove-systemy-v-prumyslu-1-dil.html>.
2. FRIEDL, František. *Řízení otáček krokového motoru*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008.
3. ČELOVSKÝ, Filip. *Využití krokových motorů*. Západočeská univerzita v Plzni, 2016.
4. BOSÁK, D. *3D gravírovací frézka*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014.
5. JANALÍK, Lukáš. *Technologie gravírování*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014.
6. WEIGL, Martin; PERNIKÁŘ, DOC ING JIŘÍ. *Návrh nestandardních indukčnostních a inkrementálních měřicích snímačů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013.
7. NEKVASIL, Vladimír. *Ovládání krokových motorů-didaktická pomůcka*. Praha, 2008.
8. S.R.O., JeDe Robot. *Krokový motor NEMA 17*. [B.r.]. Dostupné také z: [https://shop.hobbyrobot.cz/714-large\\_default/krokovy-motor-17hs10.jpg](https://shop.hobbyrobot.cz/714-large_default/krokovy-motor-17hs10.jpg).
9. ELECTRONIC COMPONENTS, TME. *Obrázek 3. Bipolární motor a způsob propojení jeho vinutí*. 2020. Dostupné také z: [https://avsuwzdjuo.cloudimg.io/v7/\\_cs\\_/2020/08/5f33ec57d35b0/silnik\\_bipolarny.png?w=400&org\\_if\\_sml=1](https://avsuwzdjuo.cloudimg.io/v7/_cs_/2020/08/5f33ec57d35b0/silnik_bipolarny.png?w=400&org_if_sml=1).
10. PAJTECH. [B.r.]. Dostupné také z: [https://pajtech.cz/images/00046145\\_1.jpg](https://pajtech.cz/images/00046145_1.jpg).
11. VOJÁČEK, Antonín. 2015. Dostupné také z: <http://automatizace.hw.cz/files/uploads/storyautomat/6701/laser-triangulation.gif>.

12. KRAJČA, Miroslav. *Konstrukční návrh mezioperačního dopravníku pro dopravu válcových předmětů*. Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 2013.
13. KVITA, Josef. *Pásový dopravník*. Brno, 2013.
14. ČERNOCH, Josef. *Pásový dopravník*. 2008.
15. S.R.O., Strand. [B.r.]. Dostupné také z: <https://strand.cz/wp-content/uploads/2014/02/products-ilu-109-1-e1407240722997.jpg>.
16. OLGA, Gorinova. *Konstrukční návrh adaptéru pohonu dopravníku BS2*. 2021. B.S. thesis. České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.
17. PĚNIČKA, Radek. *Pásový dopravník pro paletovou přepravu s ozubeným řemenem*. 2018. České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum.
18. PROFILE SYSTEMS S.R.O., Alvaris. [B.r.]. Dostupné také z: [https://www.alvaris.eu/sites/default/files/styles/product\\_detail\\_breakpoints\\_theme\\_alvaris\\_xlarge\\_1x/public/remenovy\\_da40\\_1.jpg?itok=0wraoymn%C3%97&tamp=1462461556](https://www.alvaris.eu/sites/default/files/styles/product_detail_breakpoints_theme_alvaris_xlarge_1x/public/remenovy_da40_1.jpg?itok=0wraoymn%C3%97&tamp=1462461556).
19. *Simatic S7-1200*. 2022. Č. 6ES7212-1AE40-0XB0. Datasheet.
20. *BOS 12M-PO-RD11-02*. 2022. Č. BOS01ZM. Datasheet.
21. *Ovladač krokového motoru*. 2022. Č. BL-TB6600-V1.2. Datasheet.
22. *Miniature Linear Motion Series*. 2018. Č. L16. Datasheet.

## Seznam obrázků

1.1	Krokový motor vnější podoba [8]	14
1.2	Zapojení bipolárního krokového motoru [9]	15
1.3	Průmyslový laserový gravírovací stroj [10]	16
1.4	Znázornění funkce optoelektronického snímače [11]	19
1.5	Příklad pásového dopravníku [15]	20
1.6	Příklad řemenového dopravníku [18]	21
2.1	Diagram konceptu č.1	22
2.2	Diagram konceptu č.2	23
2.3	Diagram konceptu č.3	24
2.4	Diagram konceptu č.4	25
2.5	3D model vytvořeného návrhu	26
2.6	Přívod proudu	27
2.7	Zjednodušený diagram zapojení	28
2.8	Vzhled použité PLC jednotky [19]	29
2.9	Snímač balluf [20]	29
2.10	Mikrokontroler krokového motoru [21]	30
2.11	Elektronický píst [22]	31
3.1	Vývojový diagram programu	32
3.2	Pozice snímačů na stroji	34
4.1	Model použitého dopravníku	36
4.2	Model gravírovačky	37
4.3	Model zásobníku	38
A.1	Přívod proudu celé schéma	48
A.2	Krokové motory a písty celé schéma	49
A.3	Gravírovačka celé schéma	50
A.4	Napájení PLC celé schéma	51
A.5	Vstupy PLC karty celé schéma	52
A.6	Vstupy rozšíření PLC karty celé schéma	53

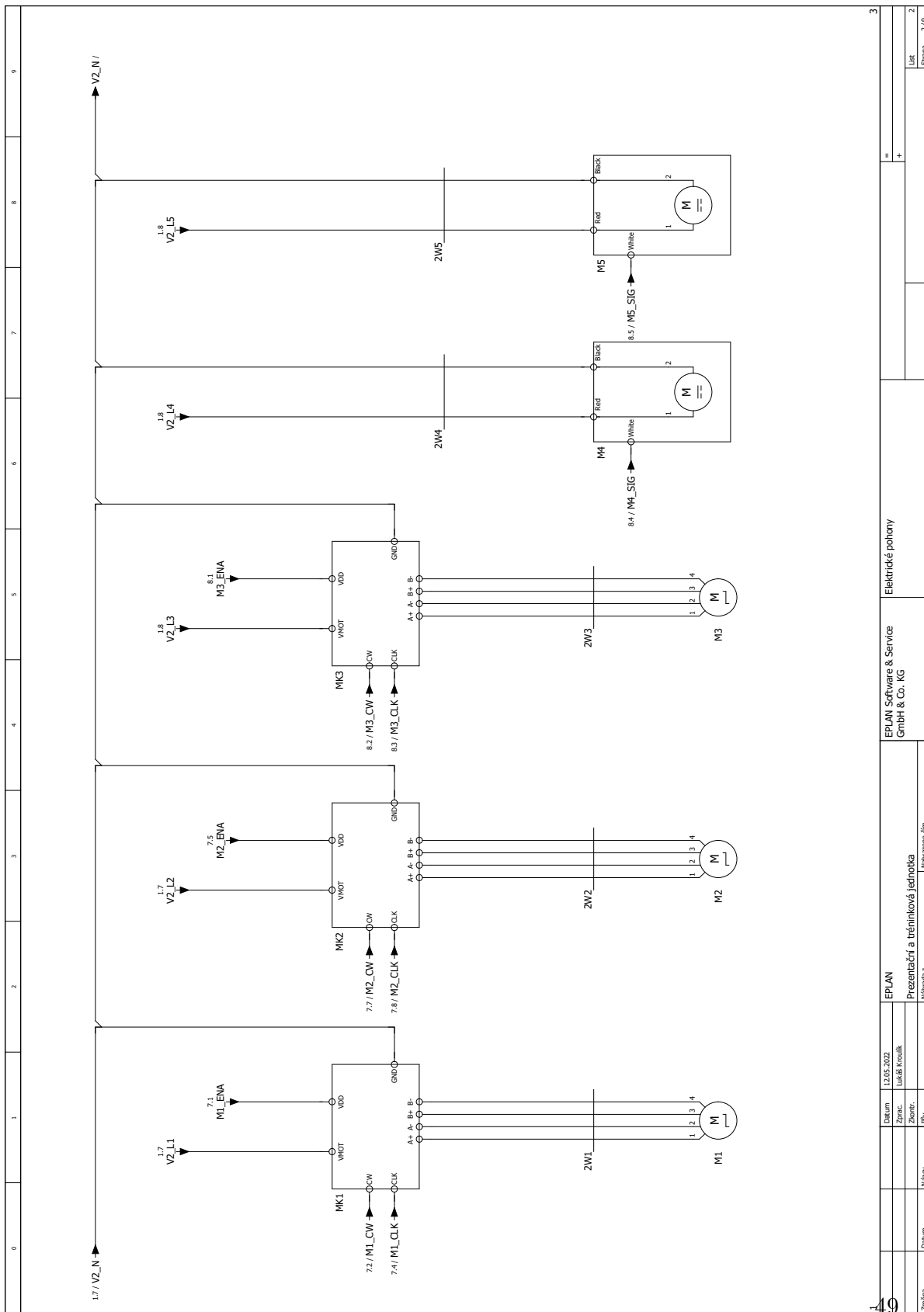
A.7	Výstupy PLC celé schéma . . . . .	54
A.8	Výstupy rozšíření PLC karty celé schéma . . . . .	55
A.9	Safety relé celé schéma . . . . .	56

## **Příloha**

### **A Výkres elektronického zapojení**

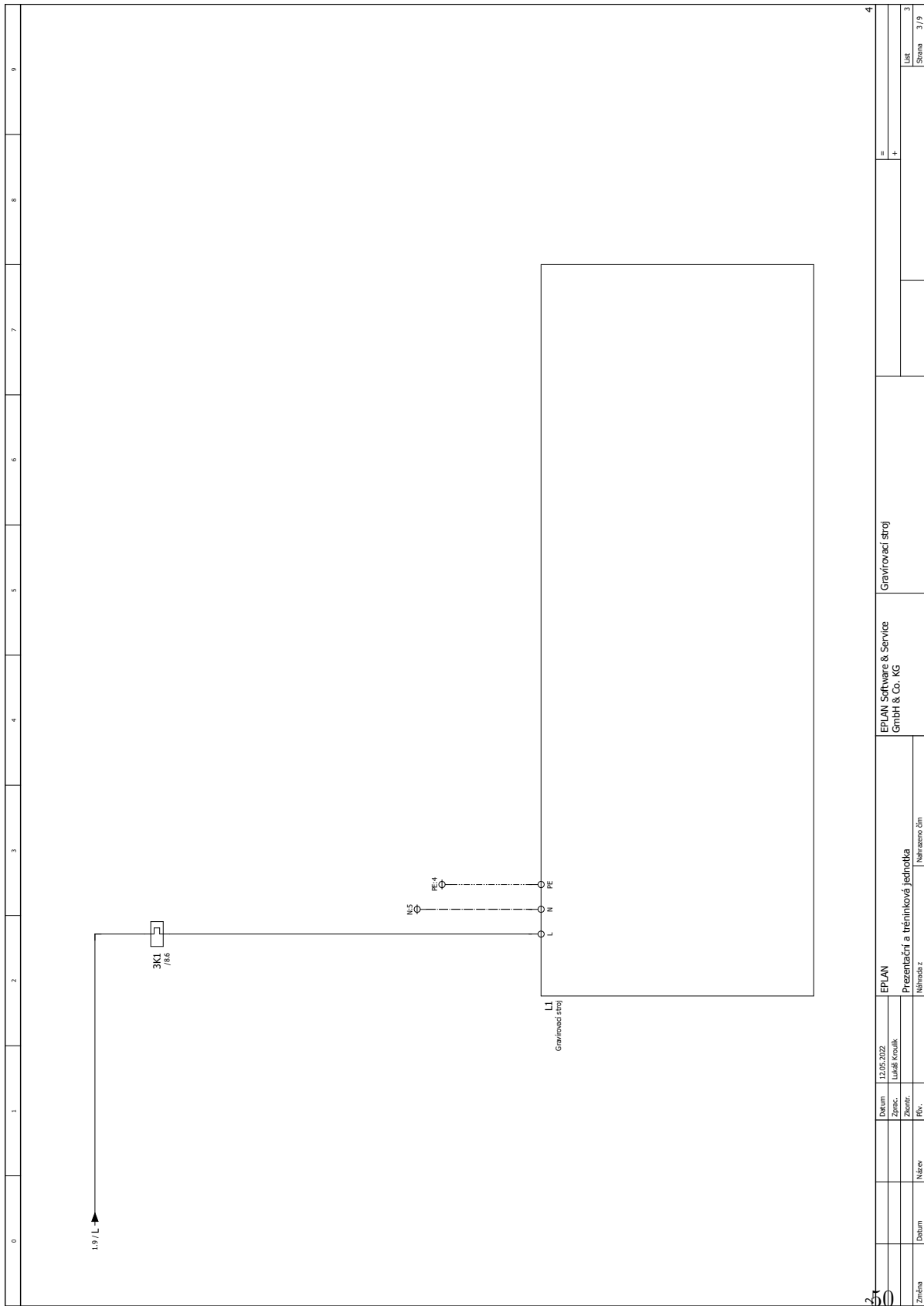




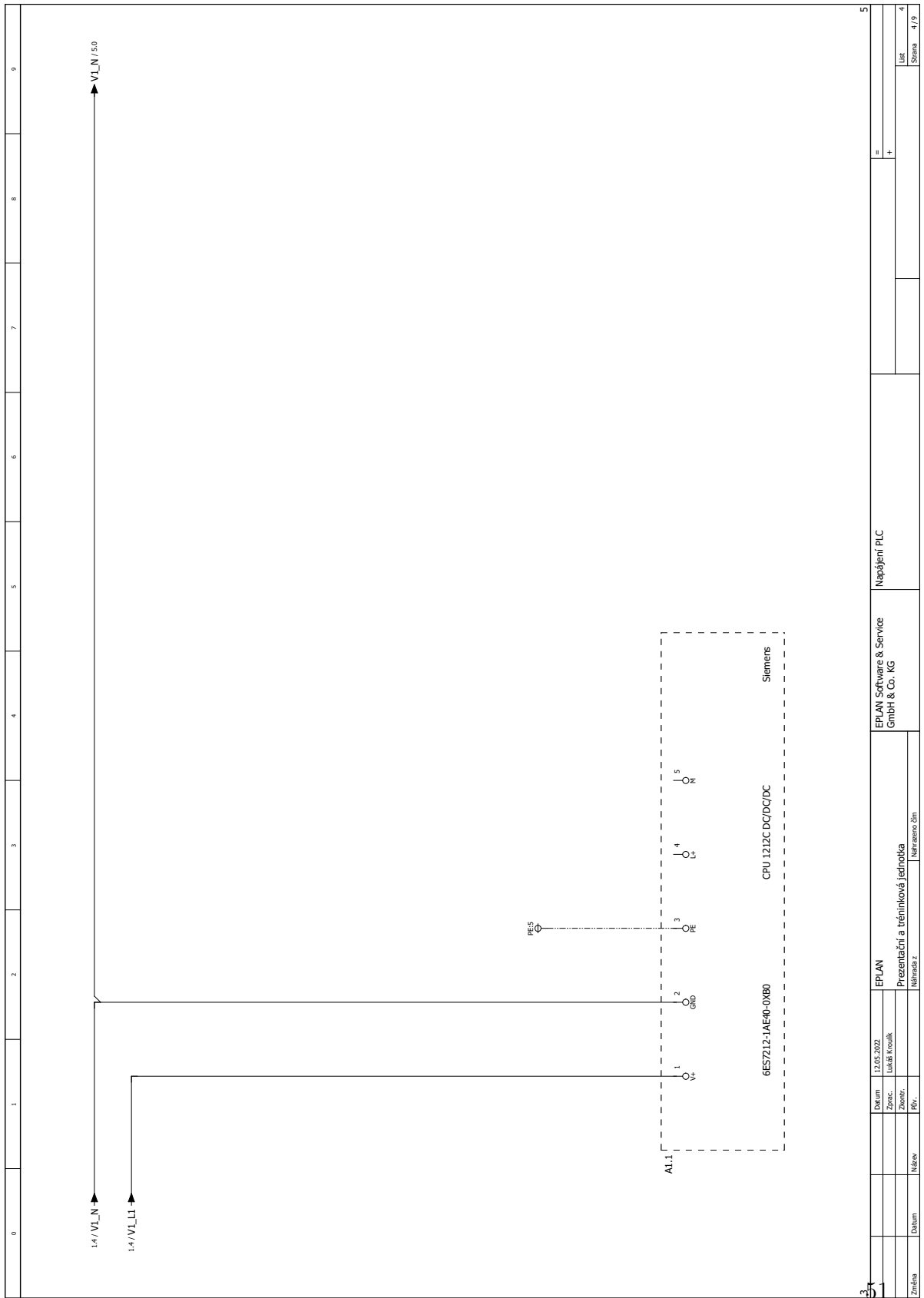


Obrázek A.2: Krokové motory a písty celé schéma

Změna	Datum	Název	Proj.	Verzi.	Strana	2 / 9
EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG			Elektrické pohony			
EPLAN Presentador a treniniková jednotka			Název			
11.05.2022			Lukáš Kozák			
Zprac.			Proj.			



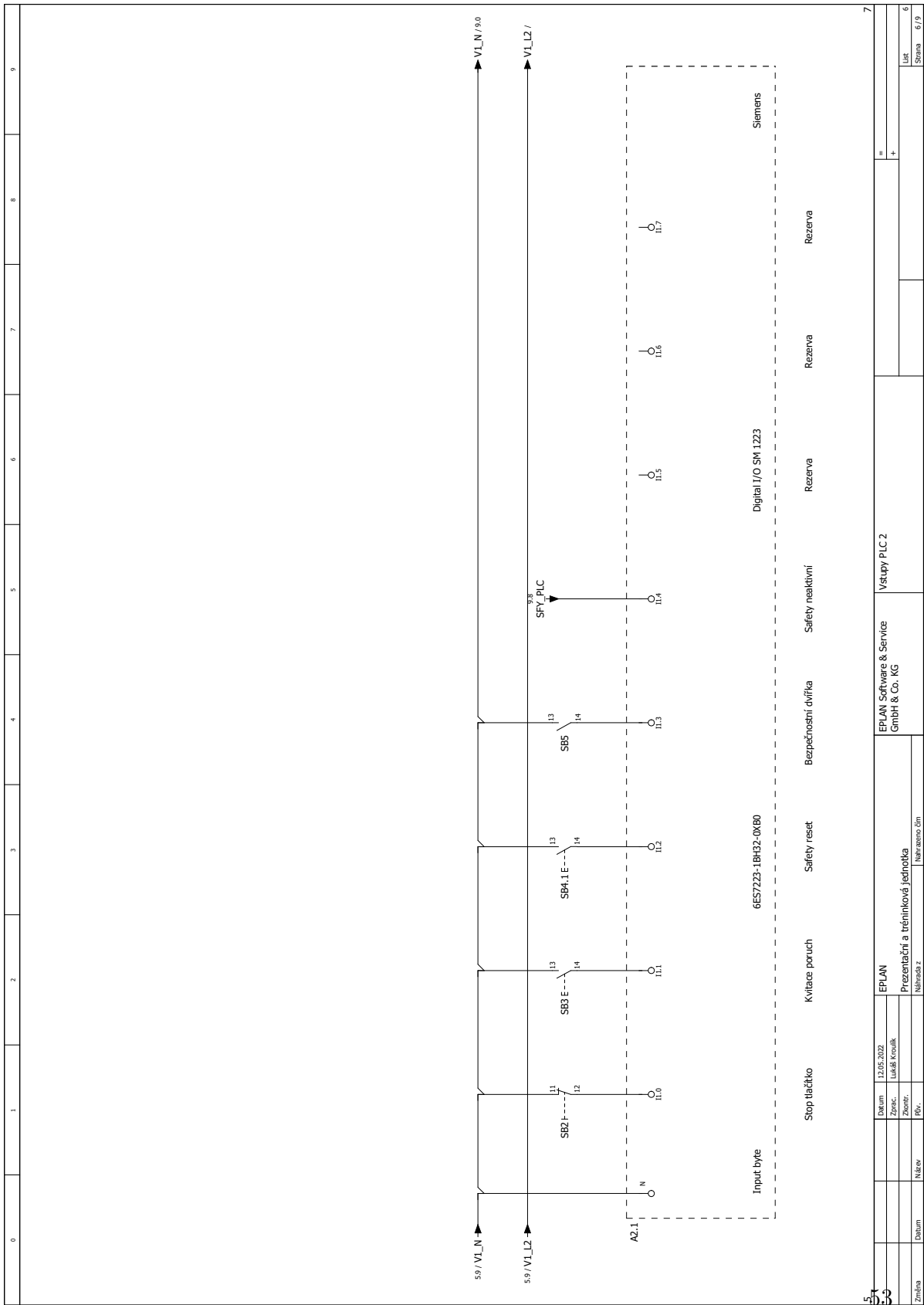
Obrázek A.3: Gravírovačka celé schéma



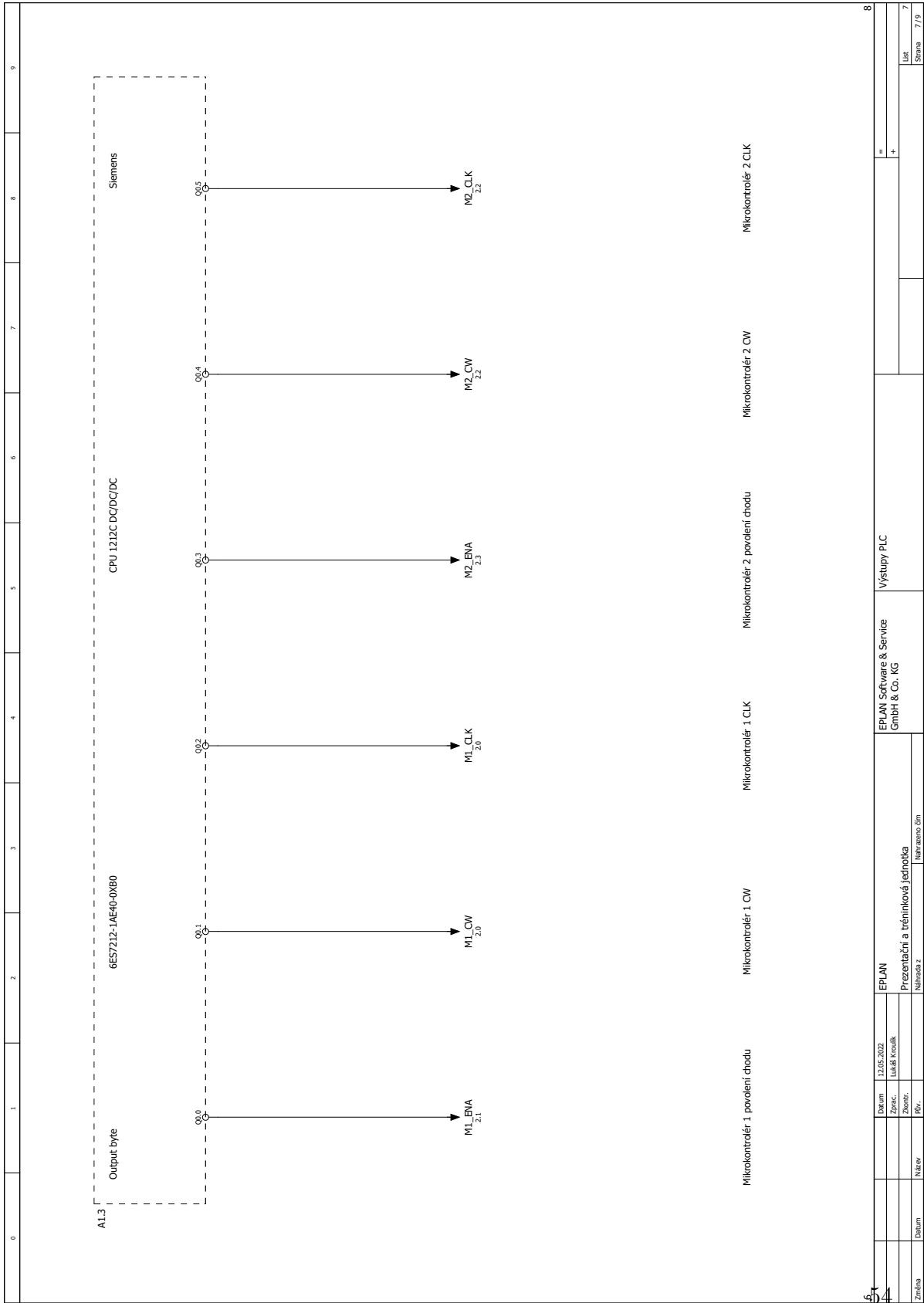
Obrázek A.4: Napájení PLC celé schéma

Datum	12.05.2022	EPLAN	EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG	Napájení PLC		5
Zprac.	Lukáš Kováček	Presentační a tréninková jednotka				4
Zkont.		Ministr 7				4
Rev.		Navazeno Em				4
Změna						4
Datum						4
Název						4
Let.						4
Strana						4/9

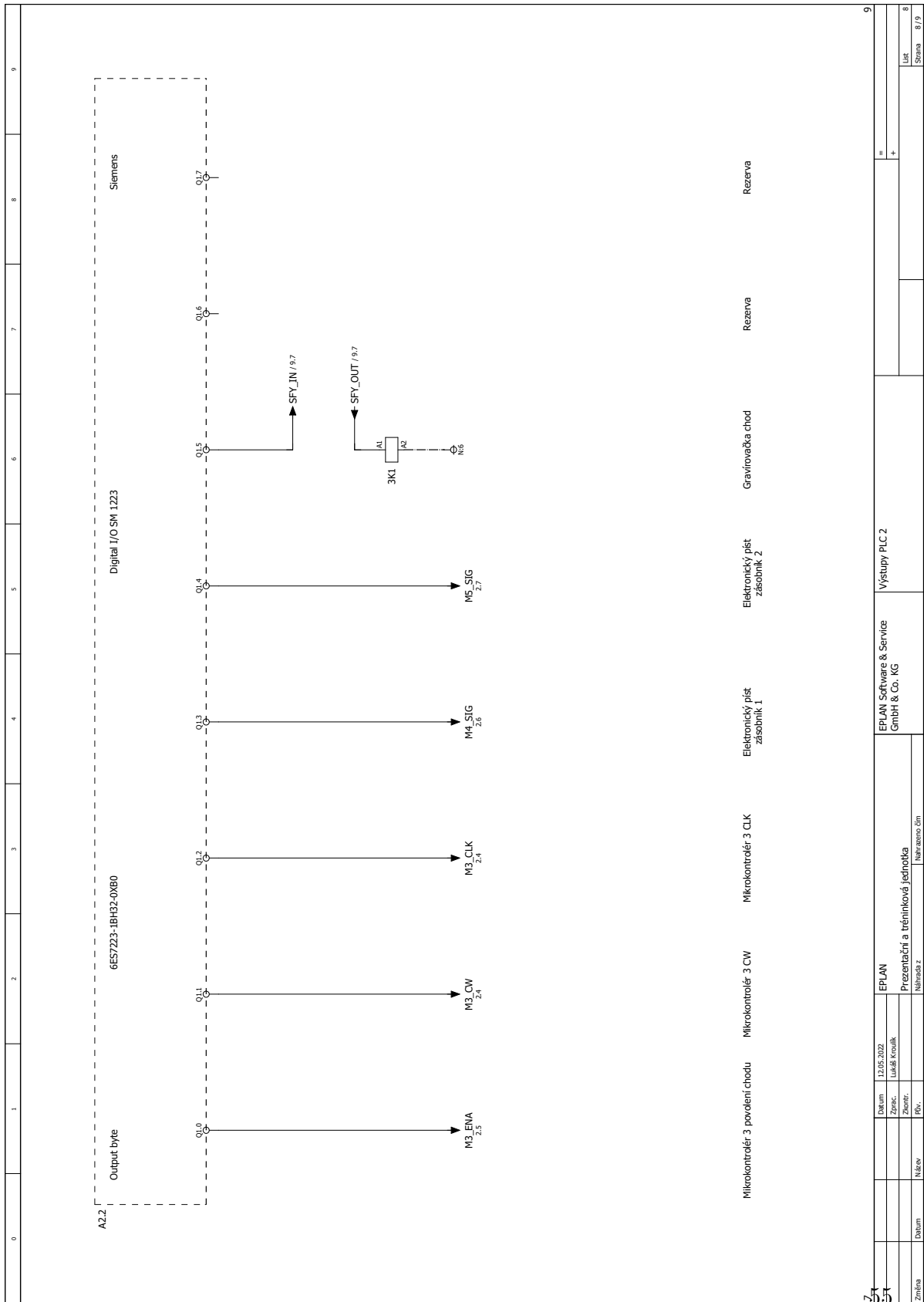




Obrázek A.6: Vstupy rozšíření PLC karty celé schéma

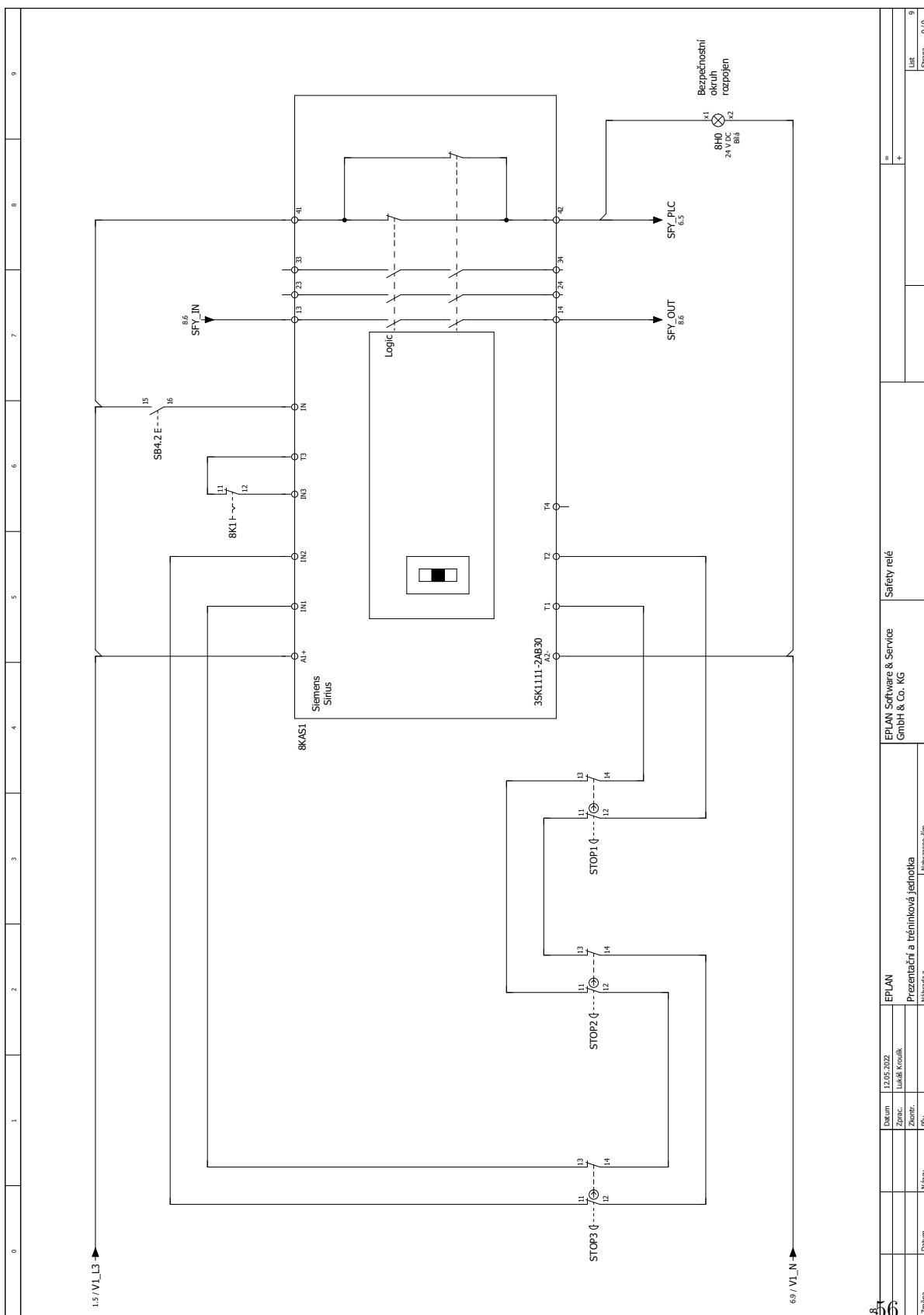


Obrázek A.7: Výstupy PLC celé schéma



Obrázek A.8: Výstupy rozšíření PLC karty celé schéma

Změna		Datum	1.10.2022	EPLAN		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG		Výstupy PLC 2		=		8
Změna		Zprac.	Luděk Koválek	Prezentace a tréninková jednotka						+		8
Změna		Zkont.		Návrhář								8/9
Změna		Rev.		Návrhová jednotka								8/9



856

Změna	Datum	Název

EPLAN		EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG		Safety relé	
Datum: 11.05.2022		Zprac: Lukáš Kováčik		Název: 8K11	
Změna: 1		Verze: 1		Strana: 9/9	
Název: Přesměřování a tréninková jednotka		Název: Přesměřování a tréninková jednotka		Strana: 9/9	

Obrázek A.9: Safety relé celé schéma