

# Návrh technologie pro osazení plošného spoje

Bc. Antonín Hradil

---

Diplomová práce  
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Antonín Hradil**  
Osobní číslo: **T15400**  
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh technologie pro osazení plošného spoje**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma.
2. Navrhněte řešení pro danou aplikaci.
3. Vypracujte výkresy sestav a podsestav navrženého řešení.
4. Ověřte funkčnost navrženého řešení.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **BENEŠ, Pavel. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-802-5137-475**
2. **SPÍRAL, Ludvík. Prvky řídicích systémů. Sešit č. 2, Logické řídicí systémy - verze 2.1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1998, 89 s. ISBN 8070823925.**
3. **Dle doporučení vedoucího práce**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Řezníček, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

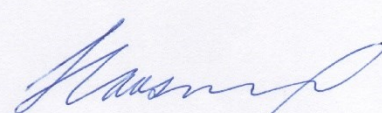
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2018**

Ve Zlíně dne 19. dubna 2018

  
doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
děkan



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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 <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské 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/bakalářské 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.

Ve Zlíně 30.4.2018

Hradil

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem jednoúčelového stroje pro osazení desky plošného spoje. Teoretická část popisuje jednotlivé strojní prvky použité pro výrobu stroje. V praktické části je pak uveden prvotní návrh stroje vycházející z parametrů zadavatele. V návrhu jsou zohledněny požadavky na čas a kontrolu montáže. Dále je zde uveden postup řešení jednotlivých stanic s principem jejich funkce. U jednotlivých stanic jsou uvedeny i závady, které vznikly při testovacím provozu a jejich následné odstranění.

Klíčová slova: Roboty, pneumatika, senzory, CAD

## ABSTRACT

This thesis describes with the design of a single purpose machine for laying the printed circuit board. The theoretical part describes the individual machine elements used for machine production. In the practical part, the primary design of the machine is based on the parameters of the client. The design requirements take account of the time and installation requirements. Here is how to solve individual stations with the principle of their function. The individual stations show the failures of the test operation and their subsequent removal.

Keywords: Robots, pneumatic elements, sensors, CAD

Poděkování patří panu Ing. Martinu Řezníčkovi, Ph. D. za vedení diplomové práce, připomínky a konzultace. Dále bych měl poděkovat panu Ing. Zdeňku Vaněčkovi za odborné vedení ve firmě TNS a poskytnutí tohoto tématu ke zpracování. Poděkování patří i mým bývalým kolegům z oddělení TPV a vývoje, kteří obohatili můj profesní růst.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 AUTOMATIZACE .....</b>	<b>12</b>
1.1 DŮVODY AUTOMATIZACE.....	12
1.1.1 Vynucená automatizace .....	12
1.1.2 Ekonomické důvody automatizace .....	13
1.1.3 Jiné důvody automatizace .....	14
1.2 AUTOMATIZACE A KYBERNETIKA.....	14
<b>2 ROBOTY.....</b>	<b>15</b>
2.1 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ .....	15
2.2 POČET STUPŇŮ VOLNOSTI.....	16
2.3 PODLE KINETICKÉ STRUKTURY .....	16
2.4 PODLE DRUHU POHONU .....	16
2.5 PODLE VYKONÁVANÝCH ČINNOSTÍ.....	16
<b>3 KAMEROVÉ SYSTÉMY.....</b>	<b>17</b>
3.1 CONTROLLER .....	17
3.2 INTELIGENTNÍ KAMERY .....	17
3.3 CHECKER – VISION SENZORY .....	18
3.4 ČTENÍ A VERIFIKACE 1D A 2D KÓDŮ.....	19
<b>4 AUTOMATIZAČNÍ PROSTŘEDKY.....</b>	<b>21</b>
4.1 SENZORY A ČIDLA .....	21
4.1.1 Indukční senzory .....	21
4.1.2 Kapacitní senzory.....	22
4.1.3 Magnetické senzory .....	23
4.1.4 Optoelektronické senzory binární .....	23
4.2 ZESILOVAČE, PŘEVODNÍKY, SBĚRNICE .....	25
4.2.1 Sběrnice.....	26
4.2.2 Průmyslové sběrnice .....	27
4.3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY .....	28
<b>5 AKČNÍ ČLENY.....</b>	<b>31</b>
5.1 PNEUMATICKÉ AKČNÍ ČLENY.....	31
5.1.1 Válce s pístnicí .....	32
5.1.2 Bez pístnicové pohony .....	32
5.1.3 Pohony rotační a kyvné.....	33
5.1.4 Úchopové čelisti.....	33
5.2 HYDRAULICKÉ AKČNÍ ČLENY .....	34
5.3 ELEKTRICKÉ AKČNÍ ČLENY.....	35
5.3.1 Rozdíly mezi asynchronním a synchronním motorem.....	35



5.3.2	Stejnoseměrné kartáčové motory DC .....	36
5.3.3	Bezkartáčové motory EC .....	36
5.3.4	Prstencové elektromotory .....	37
5.4	VIBRAČNÍ PODAVAČE .....	37
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>		<b>39</b>
<b>6</b>	<b>CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE.....</b>	<b>41</b>
7.1	VÝROBNÍ CYKLUS .....	43
7.2	CHAPADLA .....	45
7.3	ODDĚLOVACÍ A ODEBÍRACÍ ZAŘÍZENÍ PRO NÝTKY .....	47
7.4	ODDĚLOVACÍ MÍSTO PRO NÝTKY .....	47
7.5	ODDĚLOVACÍ MÍSTO PRO TUNÝLKY .....	48
7.6	ZÁSOBNÍKY A PODÁVACÍ ZAŘÍZENÍ .....	50
7.7	LISOVACÍ KARUSEL .....	53
7.8	STŮL STROJE .....	57
7.9	OCHRANNÝ RÁM .....	58
7.10	CELKOVÁ SESTAVA .....	59
<b>8</b>	<b>LOGICKÉ ZAPOJENÍ ČIDEL .....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>ŘÍZENÍ A PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ .....</b>	<b>65</b>
9.1	ŘÍZENÍ POMOCÍ ROBOTA .....	65
9.2	PROGRAM PRO ŘÍZENÍ KARUSELU .....	66
9.3	PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ .....	68
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>70</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>74</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>75</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>77</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>78</b>

## ÚVOD

Slovem stroj můžeme označit zařízení, které usnadňuje jakoukoliv lidskou činnost. Jednoduché stroje se skládají z jednoduchých prvků jako je páka, nakloněná rovina, kolo, klín nebo vačka. Tyto jednoduché prvky jsou lidstvem užívány již po tisíce let. S rozvojem lidské civilizace byly vymyšleny a vyvíjeny stále sofistikovanější pomůcky pro usnadnění lidské práce. Přes kolo, kladkostroje, až po různé dřevěné a následně ocelové stroje. Jako příklady strojů můžeme uvést mlýny jak vodní, tak větrné, různé dobývací stroje nebo od 15. století vznik mechanických hodin.

Významným mezníkem pro lidstvo byla technická revoluce a její symbol parní stroj. V tomto období zaznamenala rozkvět mnohá odvětví hlavně zemědělství, těžba, doprava a výroba. Díky mechanizaci práce, které umožnil parní stroj, lze toto období považovat za prvopočátky automatizace.

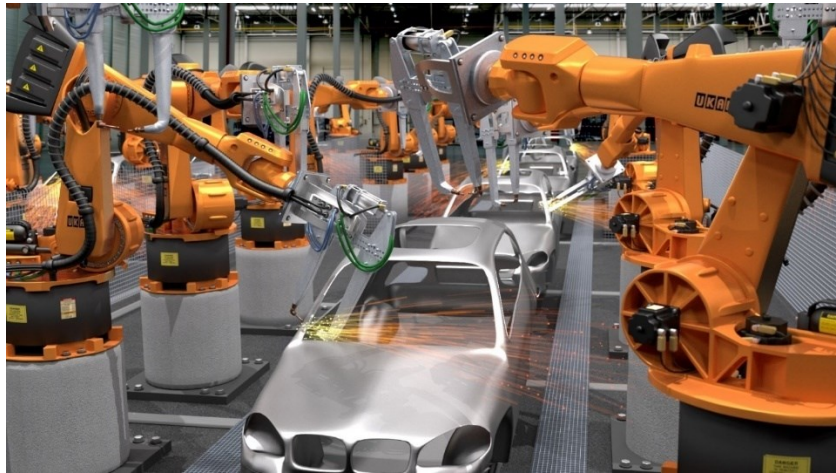
Ve 20. století nadále pokračoval technický a vědecký rozkvět. Ten byl v první polovině poháněn dvěma světovými válkami a následným finančním vyčerpáním. V druhé polovině pak byla hnací silou studená válka a závody ve zbrojení. Díky těmto událostem byli vyvíjeny stále modernější stroje a principy řízení. Do tohoto období můžeme zařadit i známou větu: „Lidem myšlení, strojům dřinu“. Spolu s rozvojem elektřiny šla ruku v ruce i automatizace, jak ji můžeme znát dnes. V současné době díky moderním technologiím a snaze zlevnit a zefektivnit výrobu je snaha nahradit lidskou práci pomocí automatizace a robotizace. Neboť lidská práce je nejdražší. Tato diplomová práce se bude zabývat návrhem a realizací jednoúčelového stroje.

Jednoúčelový stroj se může definovat jako zařízení sloužící k vykonávání jednotvárné, neustále se opakující činnosti. Tyto stroje jsou nasazovány do výroby tam, kde je předpoklad vysoké sériovosti. Případně pokud to technologie umožní tak tam, kde se jedná o namáhavou nebo životu nebezpečnou práci. Jednoúčelové stroje mohou vykonávat jednoduché funkce. Od základního pohybu z jednoho bodu do druhého, kde je třeba jen jeden manipulační a řídicí prvek až po složité výrobní linky s mnoha jednotlivými prvky, které na sebe navazují a skýtají množství výrobních řešení. Stroj pro osazování plošných spojů představuje vyspělou automatizaci. Díky vysoké modulárnosti, přesnosti, rychlosti a schopnosti řešit naprogramované problémy samostatně představuje nejmodernější technologii 21. století. Stroj je schopen montovat přednastavené výrobky bez nároku na mzdu, stravu či odpočinek. Díky tomu je v hodný pro velkosériovou výrobu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 AUTOMATIZACE

Automatizace je soubor činností spočívajících v návrhu a realizaci opatření, které umožňují samočinně vykonávat takové činnosti člověka, které jsou spojené s chodem strojů. Stroj jako mechanické zařízení vyrobené člověkem usnadňuje, nahrazuje, zrychluje a zpřesňuje lidskou práci. Pokud stroje nahrazují namáhavé a opakující se práce hovoříme o mechanizaci. [1]



*Obr. 1 Automatizovaná výrobní linka [2]*

### 1.1 Důvody automatizace

Automatizace je racionální činnost založená na rozumových důvodech, které sledují určené cíle. Účelem automatizace je částečné nebo úplné nahrazení fyzické a duševní práce člověka strojem. Důvody podle kritérií můžeme rozdělit do následných skupin:

#### 1.1.1 Vynucená automatizace

- Práce nebo pracovní prostředí bezprostředně ohrožující lidský život. Např. manipulace s vysoce radioaktivním materiálem, práce ve velkých hloubkách, práce s materiálem, kde hrozí nebezpečí výbuchu, práce ve vysokých teplotách.
- Při činnostech vyžadujících vysokou přesnost a člověk by mohl být příčinou chyb, případně by mohlo dojít k velkým ztrátám jak materiálních, tak na životech. Jedná se především o automatická navigace letadel nebo různá bezpečnostní opatření.

- V případech, kde přímá lidská účast způsobuje nadměrnou fyzickou únavu s možnými zdravotními následky. Příkladem je práce v dolech, chemické provozy, práce u vysokých pecí.
- Pro člověka není možné vykonávat požadovanou činnost dostatečně rychle a přesně. Příkladem je řízení řetězové reakce v jaderném reaktoru.
- V případech, kde není možné z různých příčin přítomnost člověka. Jedná se o signalizační bóje na moři, kosmické sondy, stimulátory srdce.
- Automatické řízení vykonává práci s vyšší jakostí než člověk. Lakování, svařování, je dosahováno lepší kvality nástřiku barvy nebo lepší ho sváru.
- Není možné využít tolik lidské síly. Automatické počítání osob v metru, spojování telefonních hovorů, automaty na vydávání nápojů. [2]

### 1.1.2 Ekonomické důvody automatizace

Ekonomické důvody vychází z ekonomických hledisek tržní ekonomiky, tedy vydělávat více s menšími náklady na provoz, zlevnit výrobu zvýšit zisky. Zefektivnění výroby, úspora času.

- Náhrada lidské práce. Snížení přímých nákladů na výrobu, práce člověka je drahá a vyžaduje přestávky. Automatizované pracoviště může při splnění určitých podmínek vyrábět 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Dochází i ke značným úsporám vstupního materiálu vyplývající z přesnější výroby.
- Použití automatizačního zařízení snižuje náklady na skladování, výrobní prostory, opotřebení strojů, spotřebu energií, úspora nákladů na administrativu.
- Zvýšení produktivity a objemu práce, za určenou časovou jednotkou je možno vyrobit větší množství výrobků oproti neautomatizované výroby.
- Automatizace umožňuje zkrácení doby vývoje a výroby produktu a tím předběhnou konkurenci.
- Automatizace umožňuje pružně reagovat na individuální přání zákazníka.
- Automatizací je realizována nadstandartní jakost, která se může promítnou do ceny výrobku. [6]

### 1.1.3 Jiné důvody automatizace

Jiné důvody automatizace se mohou značně odlišovat, zasahovat do různých odvětví výroby a sledovat různé cíle.

- Automatizace může být použita k reklamním účelům, jedná se o případy, kdy firma chce prezentovat svoje konstrukční, technické a finanční schopnosti.
- Pro zvýšení pohodlí uživatele, jedná se o zařízení, která mohou používat i neodborníci a usnadňují každodenní činnosti. Jako příklad je automatické stahování oken v automobilu, dálkové ovládání garážových vrat a podobné aplikace.
- Automatizace je dnes stále více používána pro monitorovací účely. Nejčastější využití je monitoring ovzduší a životního prostředí. Případně pro monitorování zplodin při spalování a následnému řízení spalovacího procesu.
- Automatizace může sloužit jako zdroj zábavy, největší zastoupení zde mají různé výherní automaty a automatická losovací zařízení.

Automatizace představuje nejvyšší úroveň ve zdokonalování výrobních procesů, kterými společnost vytváří hmotné zisky, potřebné pro další rozvoj, obživu, existenci a zábavu. [3]

## 1.2 Automatizace a kybernetika

Automatizaci řadíme do vědního oboru zvaného kybernetika. Slovo kybernetika pochází z řeckého slova „kybernétés“, což je značení pro kormidelníka. Stejně jako kormidelník na lodi udržuje směr plavby je tento děj přirovnatelný k řízení v uzavřené smyčce. Kybernetika se zabývá obecnými zásadami a zkoumá, jak řídit a navrhovat složité soustavy, které mají dosahovat požadovaného cílového chování.

## 2 ROBOTY

Slovo robot pochází z díla českého spisovatele Karla Čapka, který jej uvedl ve své divadelní hře R.U.R. (Rossumovi Univerzální Roboti) tyto vynalezené stroje nahradí lidskou práci. [4]

Robot je technickým systémem, který je schopen nahrazovat mobilní, lokační a intelektuální funkce člověka. Průmyslovým robotem pak rozumíme programovatelné více-funkční stroje se schopností zpětné vazby, se schopností manipulace, prostorovou orientací a vysokou univerzálností. Mezinárodní definice robota je: automaticky řízený, opakovaně programovatelný, víceúčelový manipulátor pro činnost ve třech a více osách, který je upevněn na místě, nebo může mít mobilní využití v průmyslových automatických aplikacích. [5]



*Obr. 2 Šestiosý robot firmy EPSON [8]*

### 2.1 Rozdělení robotů

Roboty a manipulátory lze dělit podle různých kritérií. Nejčastěji se rozlišují podle počtu stupňů volnosti, použitých pohonů, kinematické struktury, geometrie pracovního prostoru, pohybových charakteristik, způsobu řízení. [5]

Historicky původní rozdělení bylo z hlediska řízení a programování robotů. Tato definice je rozdělila na:

- Manipulátory – jednoúčelové manipulátory s pevným programem
- Synchronní manipulátory – neustále se opakující smyčka

- Robot – manipulátor s pružným programem
- Adaptivní robot – robot reaguje na změny pracovní scény
- Kognitivní robot – robot schopný malé míry umělé inteligence

## 2.2 Počet stupňů volnosti

- Universální robot se 6 stupni volnosti. Pracovní prostor je jednoznačně vymezen kartézským souřadným systémem.
- Redundantní robot se vyznačuje větší volností v obcházení překážek a lehčí manipulací ve stísněném prostoru.
- Deficitní roboty mají méně než 6 stupňů volnosti. Tyto roboty se označují Scara. Mají 3–4 stupně volnosti a nejčastěji provádějí montáž prvků v rovině.

## 2.3 Podle kinetické struktury

- Sériové roboty – s otevřeným kinetickým řetězcem manipulátoru
- Paralelní roboty – s uzavřeným kinetickým řetězcem manipulátoru
- Hybridní roboty – kombinace sériových a paralelních robotů

## 2.4 Podle druhu pohonu

- Elektrickými (nejčastěji používané)
- Hydraulickými (pro vysoké nosnosti a zatížení)
- Pneumatickými (pro dosažení nejvyšší rychlosti)

## 2.5 Podle vykonávaných činností

- Průmyslové roboty pro výrobu s velkých sérií
- Servisní roboty pro použití v domácnostech a průmyslu. Zdravotnictví domácí práce, stavebnictví.



### 3 KAMEROVÉ SYSTÉMY

Kamerové systémy jsou nedílnou součástí moderní výroby, která klade stále větší požadavky na přesnost, rychlost a především kvalitu. Ve výrobě mohou být použity kamery samostatně nebo mohou být součástí složitějších výrobních celků. Kamery a kamerové systémy slouží k vyhodnocování kvality, detekce přítomnosti, kontrolu čistoty, polohy, počtu, detekci vad a další. [7]

Hospodářská krize a zdražování lidské práce ve vyspělých zemích vede řadu firem k přehodnocení výrobních procesů na kontrolu pomocí PC systému kamerového vidění. Díky těmto důvodům dochází k rychlému rozvoji tohoto odvětví automatizace. Díky moderním technologiím a zvyšující se výkonosti samotného softwaru pro strojové vidění dokáží moderní kamerové systémy zvládnout i velmi náročné aplikace ve velmi krátkém čase. jako například použití několika barevných kamer s vysokým rozlišením při inspekci dílů podle mnoha charakteristik. Díky novým technologiím a vývoji v oblasti elektroniky se kamerové systémy stávají čím dál více dostupné i pro menší firmy. I tak se stále jedná o jeden z nejdražších prvků v automatizaci, ale i zde záleží na schopnostech kamery a kontroléru.

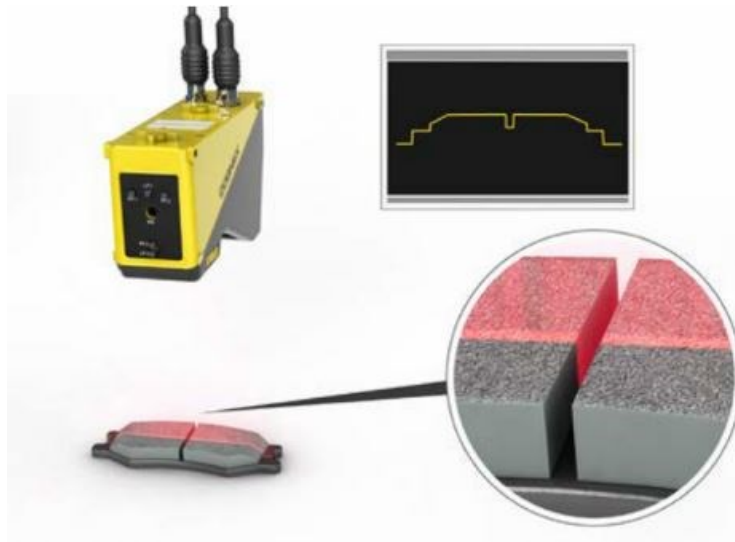
#### 3.1 Controller

Controller je zařízení nebo operační systém zabezpečující komunikaci a tok dat mezi dvěma nebo více entitami. V zjednodušeném pojetí se jedná o výkonné počítače, které mohou být podle potřeby dále rozšiřovány o různé řadiče, přídavné karty, mikročipy nebo samostatné hardwarové zařízení pro ovládání dalších periferních zařízení. V případě kamerových systémů jsou controllery speciální počítače, na kterých běží celý proces kontroly. Ty jsou pak v závislosti na počtu a typu karet specifické pro danou kamerovou oblast a mohou být dále rozšiřovány nebo modifikovány.

#### 3.2 Inteligentní kamery

Inteligentní kamery disponují jednoduchým a snadno použitelným měřicím systémem pro ověřování rozměrů jednotlivých dílů. Inteligentní kamery díky novému profileru jsou vysoce spolehlivé pro měření výšky, mezer, kontroly kompletnost výrobku nebo povrchových vad. Ověřování profilových částí je jedna z nejčastěji používaných aplikací v průmyslu. Hlavně proto, aby se zjistilo, zda je výrobek ve stanovených rozměrech a tolerancích. Mezi

hlavní předností systému inteligentních kamer je technologie optimalizace profilu, která zobrazuje nejpřesněji obrys dílu. Dále umožňuje technologii pokročilého dekování předmětu a tím provádět měření na požadovaném místě a zajistí tak konzistentní výsledky měření. Díky velmi příjemnému uživatelskému prostředí a sadě nástrojů pro nastavení umožňují inteligentní kamery vytváření jednoduchých referenčních bodů i nezkušeným uživatelům. Na Obr. 3 je znázorněna funkce inteligentní kamery při snímání profilu výrobku.



*Obr.3 Inteligentní kamera [9]*

### **3.3 Checker – Vision senzory**

Jedná se o snadno dostupné obrazové snímače nahrazujících foto elektronické snímače zajišťující spolehlivější kontrolu a detekci součástí. Obrazové snímače typu Checker se používají tam, kde tradiční snímače selhávají. Dále tyto snímače nahrazují vícenásobnou kontrolu pomocí jediného zařízení. Mezi jejich hlavní přednost patří rychlé a jednoduché nastavení, výborná detekce tvaru součástí. Jsou uzpůsobeny pro zjišťování přítomnosti, umístění orientaci a měření výrobku. Senzory typu checker podporují komunikaci přes PROFINET, neomezené ukládání obrazu na FTP server, vzdálené nastavení i zobrazení. Checkry umožňují sledování součástek založené na kodéru linky s proměnlivou rychlostí. Checkry umožňují použití barevných osvětlení a filtrů pro optimalizaci kontrastu obrazu. Na Obr. 4 je uveden příklad checkru firmy Cognex pro měření tvaru a rozměru kontrolovaného dílu. [9]



Obr. 4 Checkery firmy Cognex [9]

### 3.4 Čtení a verifikace 1D a 2D kódů

Verifikace je proces ověřování symbolu podle specifikace příslušné normy. K verifikaci jsou využívány speciální přístroje tzv. verifikátory. Proces verifikace je často zaměřován s procesem *validace*. U procesu *validace* je ověřována pouze čitelnost, zda je daný symbol čitelný snímačem či nikoli. Validaci lze provést běžným snímačem, např. checkrem. Verifikátory jsou používány na straně výrobců, kteří si tak ověřují kvalitu svého značení, ale taky na straně odběratelů, kteří kontrolují kvalitu od svých dodavatelů.

V posledních letech se začíná prosazovat metoda značení DPM. DPM metoda značení je prováděna laserem nebo mikro úderníkem přímo na díl a provádí se tam, kde pouhá etiketa nebo inkjet není vhodný nebo na dílci nedrží. Velkou výhodou značení DPM je možnost stálého sledování dílů nebo série během celého výrobního procesu. Další výhodou značky DPM je čitelnost po celou dobu životnosti výrobku nebo zařízení a může obsahovat velké množství informací o dílci. [14]



*Obr. 5 příklady označení 1D a 2D kódů [9]*

V současné době se verifikují 1D symboly. Zde se jedná o čárové kódy jako Code 128, EAN 13. Dále pak 2D symboly Data Matric, QR code a v neposlední řadě DPM symboly.

Kamerové senzory pro verifikaci jsou samostatným systémem strojového vidění, které se vyznačují jednoduchou obsluhou a snadnou manipulací. Verifikátory mohou podle výrobce být vybaveny širokou škálou knihoven a výkonných nástrojů pro rozpoznání barev, rozpoznání skvrn, kalibrace, rozpoznání hran, měření, zjišťování přítomnosti nebo absence, čtení kódů 1D nebo 2D. [14]



*Obr. 6 Verifikátor při kontrole označení bloku motorů [9]*

## 4 AUTOMATIZAČNÍ PROSTŘEDKY

Automatizační prostředky je souhrnný název pro konstrukční prvky a vybavení, které je použito pro účely automatizace. Celkový důraz kladený na automatizaci si vyžádal vývoj nesčetného množství celého sortimentu automatizačních prostředků. Moderní konstruktér tak má nepřeborné množství možností pro správné řešení dané problematiky, záleží tak na jeho zkušenostech a znalostech problematiky daného procesu. Základní rozdělení prostředků potřebných k získání, přenosu a zpracování informací: [5]

- Zdroje informací
- Přenos informací
- Prostředky pro zpracování informací
- Výkonné akční členy a pohony

### 4.1 Senzory a čidla

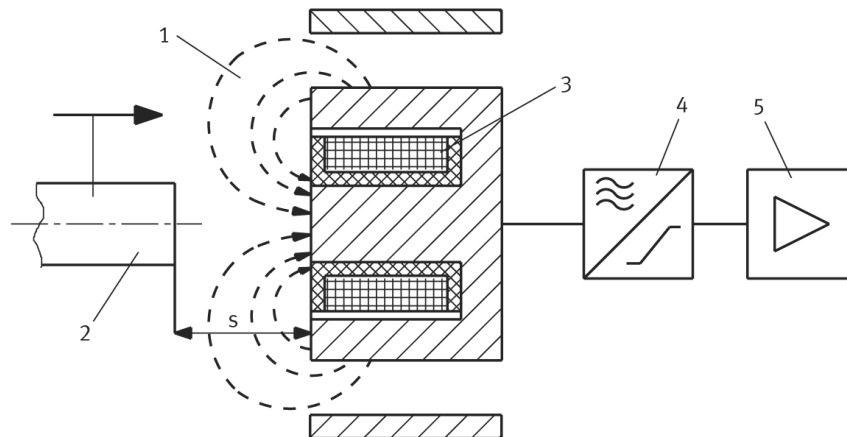
Senzory jsou nedílnou součástí moderních automatizačních sestav. Jejich hlavním úkolem je zjišťovat přítomnost různých fyzikálních veličin. Převážně se jedná o neelektrické veličiny umožňující další následné zpracování. Rychlý rozvoj tohoto odvětví napomohl systémové schopnosti senzorů. Ty se postupně mění na inteligentní a kompaktní měřicí systémy s vestavěnými funkcemi pro zpracování signálu a možností komunikace.

Senzor je obvykle složen z několika funkčních částí vytvářejících tzv. měřicí řetězec. Vstupní část je nejčastěji nazývána jako čidlo. Tato část je nejvíce citlivá na snímanou fyzikální veličinu. V praxi se můžeme setkat s různým označením pro čidlo, např. snímač převodník, detektor. Čidlo snímá sledovanou veličinu a tu podle určitého principu převede na měřenou veličinu, většinou elektrickou. Vzniklý analogový signál je pak možné následně převést na digitální signál a ten dále upravit pomocí mikropočítače. To je výhodné, pokud chceme provést korekci naměřených hodnot. [6]

#### 4.1.1 Indukční senzory

Indukční senzory fungují na principu změny indukčnosti. Její pokles je zaznamenán a vyhodnocen jako změna. Indukční snímač obsahuje oscilátor, vyhodnocovací obvody a koncový stupeň. Ve snímači je umístěn oscilátor pracující na principu změny činitele jakosti jádra při přiblížení kovového předmětu. Tato změna se projevuje poklesem kmitů oscilátoru.

Pokles kmitů zaznamenají vyhodnocovací obvody, které následně řídí koncový stupeň. Po odstranění kovového předmětu dojde opět k obnovení kmitů. Hlavním aktivním prvkem čidla je cívka, která je doplněna kondenzátorem na paralelní rezonanční obvod tvořící již zmíněný oscilátor. Cívka je umístěná na jádru poloviny feritového hrníčku. Vysokofrekvenční střídavý proud, generovaný oscilátorem, protéká cívkou a vytváří elektromagnetické pole, které vystupuje z otevřené strany hrníčku, což je aktivní plocha senzoru.



1 – magnetické pole, 2 – clona, 3 – cívka, 4 – oscilátor, 5 – zesilovač.

*Obr. 7 Konstrukce aktivní cívky [8]*

Indukční snímače nachází své využití převážně při detekci elektricky vodivých materiálů v nepříznivých podmínkách. Snímače jsou konstruovány tak, aby jim nevadilo prašné prostředí, vlhkost, kapaliny, emulze, teplota. Proto je lze bez přídavné ochrany implementovat na požadovanou pozici do zařízení. Názorné schéma je na Obr.7. [7]

#### 4.1.2 Kapacitní senzory

Kapacitní senzory se používají na elektricky nevodivé předměty. Základem kapacitního senzoru je dvou a více elektrodový deskový kondenzátor, jehož kapacita se mění prostřednictvím měřené neelektrické veličiny. Kapacitní senzory reagují na změnu kapacity, které se změní při přiblížení snímaného objektu do elektrického pole kondenzátoru. Základním prvkem je vysokofrekvenční RC oscilátor. Není-li přítomen žádný objekt, je kapacitní reaktance senzoru nízká. V případě přiblížení objektu způsobuje objekt vzrůst vazební kapacity mezi elektrodami a obvod začíná oscilovat. Výsledná amplituda je sledována komparátorem, který zajišťuje spínací signál. Kapacitní senzory reagují na kovové i nekovové materiály, ale pro kovové jsou vhodnější indukční senzory. [7]

### 4.1.3 Magnetické senzory

Magnetické senzory jsou nejčastěji používané senzory pro určení nastavené polohy, jejich nejčastější využití je na pneumatických válcích. Magnetické senzory pracují na principu magnetostričního principu, měření je bezdotykové a absolutní. Měření je iniciováno krátkým proudovým impulsem. Tento proud vytváří kruhové magnetické pole, které se otáčí kolem vlnovodu. Permanentní magnet je v bodě měření použit jako ukazatel polohy, jehož magnetické siločáry jsou kolmé k elektromagnetickému poli. V místě, kde se obě pole protínají, vytvoří se malá elastická deformace, která se šíří vlnovodem v obou směrech ve formě mechanické vlny. Doba běhu vlny od místa vzniku k signálovému konvertoru je přímo úměrná vzdálenosti permanentního magnetu elektroniky senzoru. Naměřený čas umožňuje určit vzdálenost s velkou přesností. [7]

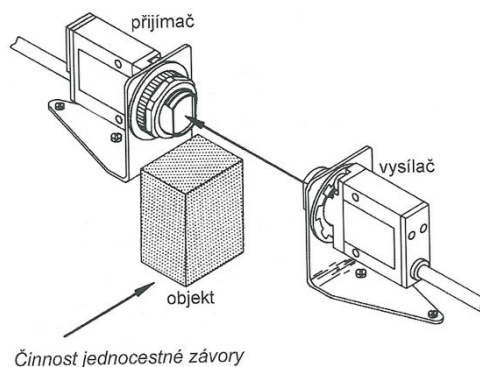


*Obr. 8 Magnetický senzor Festo [14]*

### 4.1.4 Optoelektronické senzory binární

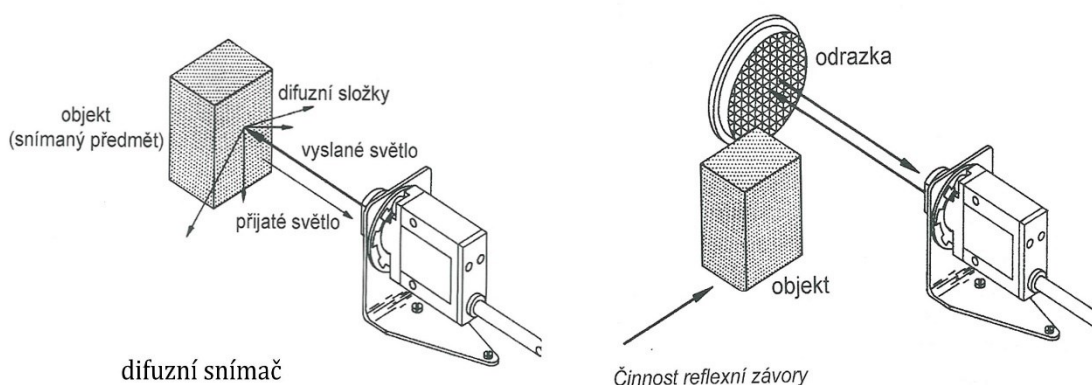
Výhodou optoelektronických senzorů je necitlivost vůči rušení elektromagnetickými poli a hlukem. Jako zdroj světelného toku je nejčastěji použito infračervené světlo o vlnové délce  $\lambda = 880$  nm, případně 950 nm a ve viditelném spektru 660 nm. Optoelektronické senzory může rozdělit podle typu světelné závory. [8]

Jednocestné světelné závory Obr.9 mají přijímač i vysílač namontovaný proti sobě v jedné ose. Pokud je světelný tok narušen předmětem, změní se elektrické vlastnosti fotodetektoru. Tato změna je zachycena elektronickou jednotkou a vyhodnocena jako změna stavu na vstupu. [9]



Obr. 9 Princip činnosti jednocestné světelné závory [13]

Reflexní světelné závory Obr. 10 pracují na podobném principu jako závory jednocestné. Rozdíl oproti předešlému typu je v tom, že vysílač i přijímač jsou umístěny do jednoho těla. Aby vyslaný světelný paprsek dopadl zpět na přijímač musí být paprsek odražen pomocí zrcadla, které se nachází v určité vzdálenosti od čidla. Pokud dojde k přerušení světelného toku, jednotka vyhodnotí pokles a vyšle signál. Aby zpět dopadlo co nejvíce světla je využíváno speciálních zrcadel, které jsou složeny z průhledných trojhranů. To způsobuje, že je paprsek odražen vždy do směru, ze kterého přišel. [10]



Obr. 10 Princip difuzního snímače a světelné závory [13]

Difuzní senzory mají podobnou konstrukci jako světelná závora. I zde se nachází vysílač i přijímač v jednom těle, ale vysílač i přijímač jsou realizovány jinou optikou. Oproti



světelné závoře je zde vyhodnocováno odražené světlo od detekovaného předmětu. V tomto případě může být paprsek ovlivněn barvou předmětu. [11]



*Obr. 11 Světlovod se zesilovačem [15]*

Optoelektronické vláknové závoře Obr. 11 jsou speciální senzory pro práci ve špatně přístupných místech, v místech s vyšší teplotou nebo prostředích kde stříká voda. Čidlo využívá fotoelektrické senzory s optickými vlákny, které se nazývají světlovody. Světlovody jsou tvořeny transparentními dielektrickými vlákny, která mohou být plastová nebo skleněná. Světlovody díky své konstrukci umožňují přístup do velmi malých prostor. Jejich průměr se pohybuje od pár desítek milimetru až po celé milimetry. Konce jsou zapojeny do zesilovače s vyhodnocovací jednotkou. Na vstupu jsou vlákna opatřena hlavicí s čočkou, která slouží pro lepší soustředění paprsku. [12]

## **4.2 Zesilovače, převodníky, sběrnice**

Zesilovače byly původně určeny k výpočtu matematických funkcí. Jsou základním obvodovým prvkem a běžně se objevují v zapojení různých typů regulátorů v automatizační technice. Operační zesilovače se objevují v různých typech regulátorů a fungují jako diferenciální napěťový zesilovač s vysokým ziskem a stejnosměrnou vnitřní vazbou. Mají diferenciální operační vstupy, invertující a neinvertující vstupy a obvykle nesymetrické výstupy. Některé speciální operační zesilovače mohou být vybaveny diferenciálním výstupem. Vzhledem k vysokému zisku, jsou obvody konstruované s operačními zesilovači většinou vybaveny

zápornou zpětnou vazbou, která výhradně určuje jejich chování. Operační zesilovač je obvykle napájen ze dvou zdrojů. [1]

Zesilovač je většinou uvnitř tvořen třemi zesilovacími stupni. První zesilovací stupeň je tvořen diferenčním zesilovačem s velkým zesílením rozdílu vstupních signálů a nízkým zesílením souhlasných signálů, přivedených současně na oba vstupy. Diferenční vstupní zesilovač má velký vstupní odpor. Za vstupním zesilovacím stupněm následuje mezilehlý napěťový zesilovač. Postupné napěťové zesílení je nutné pro zabezpečení velkého zesílení operačního zesilovače, proudové zesílení je potřebné pro činnost jeho koncového stupně, který má malý výstupní odpor. Ideální operační zesilovač může být definován:

- Nekonečně velkým napěťovým zesílením
- Nekonečně velkým vstupním odporem
- Nulovým výstupním odporem
- Nekonečnou šířkou pásma
- Nulovým offsetovým napětím

Ideální napěťový zesilovač neexistuje. Oproti tomu reálné operační zesilovače mají charakteristiku:

- Zisk napěťový zisk není nekonečný
- Vstupní odpor není nekonečný
- Nenulový výstupní odpor
- Nenulový vstupní odpor
- Nenulové offsetové napětí

#### 4.2.1 Sběrnice

Datové sběrnice zajišťují přenos dat a řídicích povelů mezi dvěma a více elektronickými zařízeními. Přenos dat na sběrnici se řídí stanoveným protokolem, což je soubor pravidel pro předávání informací. V případě modulární architektury elektronických zařízení nebo počítače je sběrnice vybavena konektory pro připojení modulů. Jednotlivé sběrnice se liší hodnotami elektrického napětí a podle řazení na sériové a paralelní.

V paralelním uspořádání přenášejí některé vodiče současně řídicí povely a další vodiče přenášejí adresu a data. Příkladem jsou rozhraní Centronics pro připojení tiskáren nebo sběrnice IEE 488 pro připojení měřicích přístrojů. [1]

U sériového rozhraní jsou data posílány postupně. Jako příklad jsou sběrnice RS 232C, RS 422.

V případě počítačů dominuje rozhraní USB. Jedná se o sériovou polyfunkční sběrnici se dvěma rozdílovými datovými vodiči a dvěma napájecími vodiči. Verze 2.0 je starší a umožňuje připojení 127 zařízení s rychlostí přenosu dat 480 Mb/s. Novější verze je USB 3.0. Používá osm vodičů a pracuje s rychlostí 5 Gbit/s. Pro komunikaci mezi PLC a počítači nebo několika PLC se pořádnostně používá sériový přenos dat. [1]

#### 4.2.2 Průmyslové sběrnice

Pro přenos dat v průmyslových aplikacích, kde je velmi malé množství dat postačují jednoduší komunikační systémy. Proto je vhodné využívat sběrnice, které jsou navrženy zvláště pro tuto oblast. Pro bližší přiblížení budou blíže popsány sběrnice SSI, AS – Interface, IO – Link a Profibus – DP.



Obr. 12 Profinet IO – link Master [25]

IO – Link je speciální digitální komunikace pro snadné připojení a komunikaci senzorů, případně akčních členů po sériové sběrnici. Příklad IO – linkové sběrnice na Obr. 12. Hlavní výhodou je snadné připojení senzorů na průmyslovou sběrnici, rychlý automatický přenos

dat, dálkové nastavení a přístup pro změnu nastavení. Velkou výhodou je kompatibilita s klasickým binárním výstupem senzorů. Jedná se o digitální komunikaci typu point to point, které jsou převážně určené pro inteligentní senzory a akční členy. IO – Link je určen jako digitální náhrada pro dosud převažující analogové výstupy Komunikace přes IO – link umožňuje připojovat senzory s binárními výstupy a ty se připojují do průmyslových sběrnic řídicích systémů prostřednictvím vzdálených zařízení. V případě komunikace IO – link tuto funkci přebírá Master, který mapuje připojená Slave zařízení a fungujete jako komunikační brána k nadřazené průmyslové sběrnici. [1]

### 4.3 Programovatelné automaty

Program Logistic Controllers, neboli programovatelné automaty jsou nejrozšířenější prostředky pro řízení automatizovaných procesů. PLC systémy vznikly v první polovině 70. let 20. století, a to jako požadavek americké automobilní společnosti General Motors, která pro svou výrobu potřebovala rychle a levně obměňovat vyráběný sortiment vyráběných automobilů. S tím byly spojené i operativní změny ve výbavě a řízení výrobních linek. Do té doby se používaly pevné řídicí systémy s pevnou logikou programu. Proto jakékoliv změny znamenaly změny ve výrobní lince a tím i změny v řízení. Proto bylo vždy nutné vytvořit nový program a nové zapojení řídicích systému, které do té doby byly realizovány pomocí relé prvků. Tyto možnosti byly velice zdlouhavé a nákladné. Proto byl koncem 70. let podán požadavek na vytvoření nového řídicího systému, jehož elektronika by byla univerzální a funkce by se řešily programem jako u počítače. Tím by odpadla nákladná přestavba řídicích skříní a stačilo by jen přehrát ovládací program. Současně bylo požadováno, aby programování řídicí funkce bylo blízké způsobu myšlení konstruktérů. Řešení prvních PLC systémů bylo robustní se zdůrazněním na odolnost vůči průmyslovému prostředí, jeho klimatu a rušením během výroby a provozu. Původní označení bylo *Programmable Controller*, ale pro zkratku PC, které by byly zaměňována za *Personal Computer*, byl název změněn na *Program Logistic Controller, PLC*. Moderní PLC od firmy Siemens je znázorněno na Obr. 13. [1]

Programovací jazyk byl řešen tak, aby připomínal elektrické kontaktní reléové schéma. Díky tomuto způsobu programování je programování intuitivní a velmi blízké způsobu myšlení technologů a provozních elektrikářů. PLC automaty se v automobilovém průmyslu velmi osvědčily a následně začaly být používány i v jiných strojírenských provozech. V současné době jsou PLC automaty hojně využívány k řízení nejrůznějších výrobních

strojů a pomocných mechanismů. Od jednoduchého řízení oken a žaluzií ve sklenicích až po složité řízení výrobních linek. Každý výrobce nabízí svou variantu PLC s různými možnostmi modifikací a rozšíření, ale základní koncept a způsob programování je však zachován.



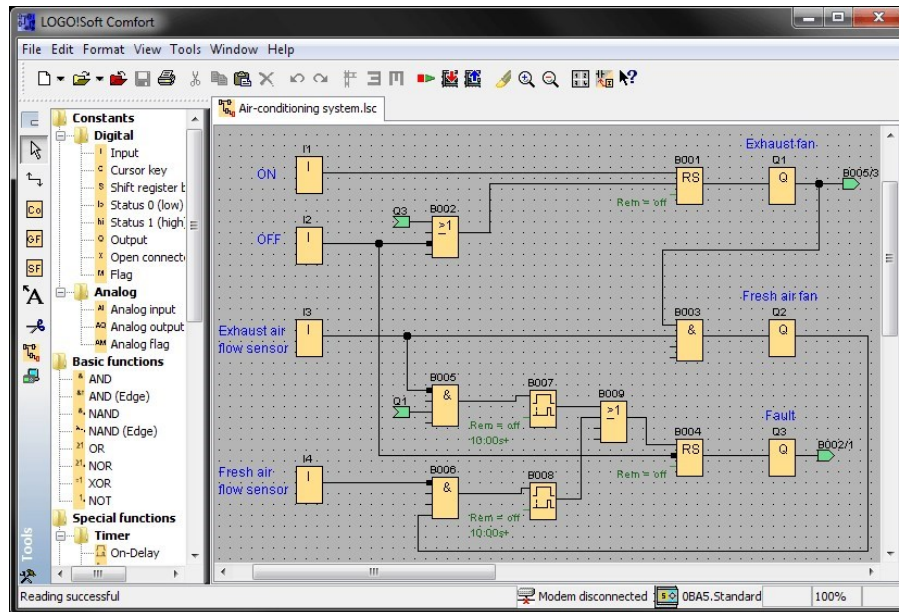
*Obr. 13 PLC modul firmy SIEMENS [18]*

Hlavním přínosem programovatelných automatů je skutečnost, že je lze velmi snadno použít a rychle tak realizovat hardware řídicích systémů. Stačí vhodně zvolená sestava PLC systému ze zvolených dílů stavebnice. Všechna rozšíření a nastavby pro PLC komponenty jsou otestovány a s jejich zapojením nejsou žádné problémy. Stejně tak není zapotřebí se starat ani o oživování systému. Vše je před chystáno z výroby. Jediné, co musí uživatel udělat, je napsat vhodný program ve správném programovacím jazyce. [1]

V programu lze realizovat velmi složité řídicí funkce mnohem lépe než v logických systémech s pevnou logikou. Pevnou logikou se rozumí program s pevnou strukturou zapojení logických prvků. Tyto logické prvky připomínají původní generaci řízení pomocí stykačů a relé. I přes veškerou snahu o zjednodušení není tvorba programů příliš jednoduchá a vyžaduje dostatečné znalosti teorie, metodiky a ovládat systematický přístup k tvorbě programu. Nesystematickým přístupem lze vytvořit program, který bude obsahovat mnoho chyb. Bude jen těžce odladitelný a opravitelný.

K programovatelnému PLC modulu je nezbytný i programovací software. Na Obr 14 je znázorněno programovací prostředí softwaru Logo! Soft comfort od firmy Siemens. Toto pracovní prostředí je velmi intuitivní a uživatelsky příjemné a uživatel poskytuje dostatečné

množství logických operačních členů pro programování. Díky těmto možnostem mohou vznikat i velmi složité programy.



Obr. 14 Ukázka programovací prostředí [19]

V počátcích fungovali PLC automaty, jako obvody pro logické řízení. Jejich konfiguraci tvořily především moduly dvouhodnotových vstupů a výstupů různých typů. Binární výstupy jsou řešeny se spínacími tranzistory, tyristory, triaky nebo s relé. Ke vstupům se připojují signály různých typů senzorů dvouhodnotového charakteru. Jako např. tlačítka, koncové spínače, snímače přítomnosti, kontaktů relé a stykačů. Výstupy pak ovládají dvouhodnotové akční členy: relé, stykače, elektromagnetické spojky, motory, elektropneumatické převody, ale také signály a jiné zobrazovače. [1]

## 5 AKČNÍ ČLENY

Akčními členy označujeme všechny, které jsou určeny k využití zpracovaných informací. Jsou to prvky na konci řetězce, které provádí danou operaci na základě předešlých informací. Nejčastějším představitelem této skupiny jsou pohony. Pohonem označujeme mechanismus, který vykonává pohyb a je vybaven dalšími prvky, které umožňují zpětnou vazbu, výkonovým zesilovačem, indikátorem polohy případně ručním ovládním. Jeho součástí může být i motorická jednotka. Motorická jednotka je převážně elektromotor, ale může být nahrazena i pneumatikou případně hydromotorem. V tomto kontextu můžeme chápat motor a pohon jako slova podobného významu. Jedná se o zařízení, která převádějí signál získaný z členů regulačního obvodu nebo programovatelných automatů či řídicích počítačů a následně provedou požadovanou operaci. Pohony lze rozdělit na pohony určené k řízení celých strojů, standardních regulačních prvků a na pohony speciální, které jsou řešeny pro danou aplikaci zvlášť. [1]

### 5.1 Pneumatické akční členy

Pneumatické pohony dělíme podle výstupního signálu na spojitě a nespojitě a dále podle typu trajektorie jejich výstupní části na posuvné, kyvné a rotační. Některé konstrukce umožňují kombinaci posuvného a kyvného pohybu. Pneumatické pohony se vyznačují jednoduchým a robustním provedením, čistotou provozu, velkou silou, vysokou provozní spolehlivostí. Jsou vhodné i do nebezpečného prostředí a jsou levné. Pneumatické pohony jsou oproti elektrickým při stejném výkonu rychlejší, lehčí a mají menší zástavbu. Velkou výhodou je možnost realizace velkých zdvihů a dosažení značné síly, velká životnost. Naopak nevýhodou je značné tření a možnost netěsností. [1]

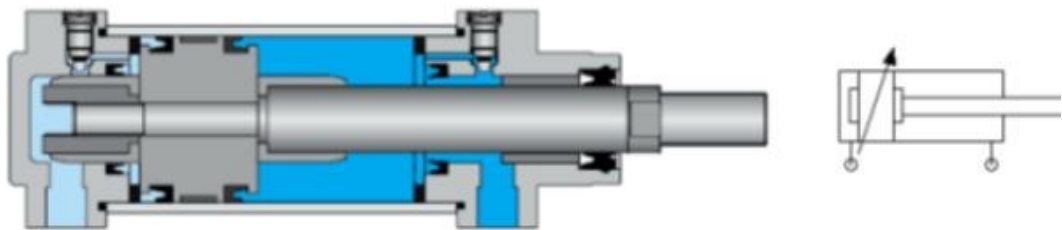
Pohony můžeme dělit podle pohybu na pohyb posuvný – přímočarý vratný a rotační – kyvný vratný s úhlem kyvu do 270°, nebo na rotační. Posuvný pohyb je realizován pomocí pístových pohonů, pneumatických válců nebo pomocí membránových pohonů. Kyvný pohyb se realizuje pomocí křídlových pohonů nebo pohonů s kombinací ozubeného pastorku a hřebene. Rotační pohyb je pak realizován pneumatickými pístovými motory, rotorem s výsuvnými motory, rotorem s výsuvnými lopatkami a turbínami. [1]

### 5.1.1 Válce s pístnicí

Válce s pístnicí jsou základním představitelem pneumatických pohonů. Síla, kterou je válec schopný vyvinout je určena plochou pístu a tlakem vzduchu na tuto plochu. Písty mohou být kruhového průřezu, ale není to podmínkou. Vyskytují se i další tvary pístnice. Např. elipsa, obdélník. Tyto tvary umožňují změnu zástavbové plochy válce a znemožňují otočení pístnice.

Dvoupolohové pneumatické pohony mohou být dvojitě nebo jednočinné. U jednočinných dochází k návratu do výchozí polohy pomocí vratné pružiny. Z tohoto důvodu je u jednočinných válců zdvih omezen stabilitou vratné pružiny a síla jež je určena k návratu do výchozí polohy nesmí být zatěžována více než je přípustné, jinak nedojde k návratu do výchozí polohy. Vratná síla jednočinného válce může být realizována i vnější silou, nebo tíhou případně malým konstantním tlakem. U jednočinného válce je přívod vzduchu jen na jedné straně válce. [1]

Dvojitě válce Obr. 15 se používají tam, kde je zapotřebí vykonávat práci při pohybu dopředu i zpět. Při použití tohoto typu válců je zapotřebí vzít v úvahu, že při zpětném chodu je síla menší, než při chodu dopředu. U některých typů válců jsou koncové polohy možné regulovat pomocí nastavitelných tlumičů. Standardním vybavením pneumatických válců je vestavěný magnet pro bezdotykové snímání polohy vnějším senzorem. [1]



Obr. 15 Řez dvojitě pneumatickým válcem [17]

### 5.1.2 Bez pístnicové pohony

Bez pístnicové pohony Obr. 16 jsou speciální případ pneumatického pohonu. Jedná se o pohon s ohebnou pístnicí, kde se používá buď speciální ohebné lano s přesným průřezem, nebo ozubený řemen. Ozubený řemen je z hlediska použití vhodnější, protože umožňuje účinné brždění na ozubených kladkách a zároveň přesné měření polohy. Výhodou



Bez pístnicových pohonů je jejich krátká délka zástavby. U tohoto typu odpadá vysunutá pístnice. Z tohoto důvodu jsou nejčastěji používány pro konstrukci křížových stolů. Ve spojení s měřením a regulací polohy lze snadno dosáhnout vysokých přesností a to až 0,1 mm, a to i při rychlostech do 3 m/s.



*Obr. 16 Bez pístnicový pohon Festo DGC [14]*

### 5.1.3 Pohony rotační a kyvné

Pro rotační pohony s pneumatickým pohonem se využívají křídlové motory. Tyto motory dávají vysoký krouticí moment a vysoké otáčky.

Kyvné pohony jsou využívány v ovládací technice. A to na bázi převodu přímočarého pohybu na kyvný pomocí kloubu, nebo na principu křídlového motoru s omezeným rozsahem.

### 5.1.4 Úchopové čelisti

Úchopové hlavice neboli chapadla jsou druhem pneumatického pohonu, který slouží k uchopení a manipulaci s polotovary při montáži. Chapadla jsou buď mechanické nebo podtlakové. Úchopové čelisti můžeme podle konstrukce rozdělit na chapadla paralelní a chapadla s kyvným pohybem čelisti

Čelisti u paralelních chapadel se posouvají kolmo k ose hlavice. Upínací síla čelistí se s délkou ramene příliš nemění. Čelisti mají převážně valivé uložení s posuvným pohybem čelisti a nejčastěji se vyrábí v provedení se 2, 3 nebo 4 čelistmi.

Úchopové čelisti s kruhovým pohybem čelistí. Čelisti těchto hlavice se otáčejí kolem čepů v hlavici. Úhel pro otočení je většinou v rozsahu do 40° a čelisti jsou pouze dvě.



Obr. 17 Třibodové čerpadlo Festo DHDS [14]

## 5.2 Hydraulické akční členy

Nejvýznamnějším zástupcem hydraulických akčních členů je lineární hydromotor s řídicími ventily. Pro svou konstrukční jednoduchost, výrobní nenáročnost, nízkou pořizovací cenu a vysokou spolehlivost je lineární hydromotor nejoblíbenější hydraulický pohon. Při realizaci přímočarých pohonů je prostorově velice úsporný a v porovnání hmotnosti k síle a výkonu je dosaženo nejlepších výsledků. Hydraulické akční členy používáme tam, kde chceme dosahovat větších sil. Hydraulické systémy vyžadují dokonale uzavřený a odvzdušněný okruh. Díky těmto vlastnostem jsou náročnější na údržbu i provoz. [1]

Hydrostatické obvody obsahují zdroje energie (čerpadla, akumulátory), filtry, nádrže, ventily, přepouštěcí ventily, hydromotory, rozvaděče. Čerpadlo je označováno také jako hydrogenerátor. Podle Pascalova zákona se tlak v kapalině šíří všemi směry stejně a síla na plochu je tedy dána součinem  $F_1 = S_1 \cdot p$  a  $F_2 = S_2 \cdot p$ , kde  $S_1$  a  $S_2$  je ploch pístu, na kterou působí kapalina o tlaku  $p$ . Jejich součinem získáme výslednou dílu  $F_1$  a  $F_2$ .

Hydraulické schémata obvodů obsahují značky pro uvedené prvky a pro spoje. Spoje jsou vedeny potrubím nebo hydraulickými hadicemi, které mají na koncích šroubení, aby bylo zabráněno úniku provozních kapalin. Mezi nejčastější provozní kapaliny patří ropný olej, pro hydraulické kovací a jiné lisy jsou pak využívány kapaliny na bázi vody. Hydrostatické mechanismy pracují s tlaky od 5 do 15 MPa. [1]

Hydrogenerátory neboli čerpadla jsou dvojího typu. S regulací průtočného množství nebo bez regulace. Obvykle jsou součástí zdroje tlakové kapaliny spolu s nádrží, filtry a další prvky. Jako zdroje tlakové kapaliny jsou používána objemová čerpadla:

- Zubová
- Lamelová
- Pístová axiální
- Pístová radiální
- Šroubová

Pro vyšší tlaky pak jsou čerpadla zapojena do série tzv. více stupňová.

### 5.3 Elektrické akční členy

Základním akčním členem na elektrické bázi je rotační elektromotor s permanentními magnety a elektromotory lineární. Zvláštní skupinu pak tvoří elektromotory rotační prstenkové, používané ve specifických pomaloběžných aplikacích. Nedílnou součástí motorů jsou i říditelné zdroje proudu takzvané tranzistorové měniče.

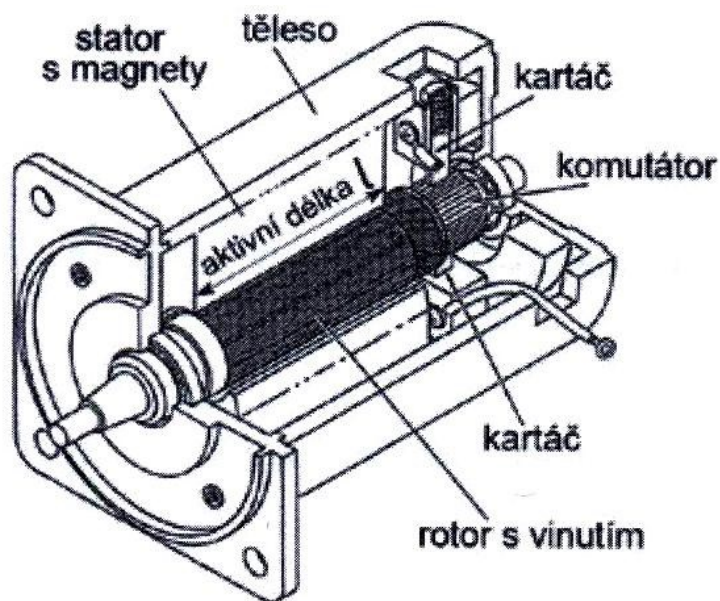
#### 5.3.1 Rozdíly mezi asynchronním a synchronním motorem

V poslední době jsou stále více využívány vysoce výkonné dynamické bezkartáčové synchronní motory s konstantám buzením pomocí silných permanentních magnetů. Synchronní i asynchronní motory mají stejné statory s třífázovým vinutím. Rozdíl je, že asynchronní motor neobsahuje permanentní magnety, ale povlakované izolované dynamové lechy s drážkami. V nich jsou uloženy měděné tyče propojené nakrátko (tzv. klec). Proud potřebný ke vzniku magnetického pole rotoru je do klece indukován polem statoru, k tomuto jevu je potřebný rozdíl úhlových rychlostí rotoru a pole statoru označovaný jako skluz.

Regulace polohy asynchronního motoru je sice obtížnější, ale není to hlavním problémem tohoto typu motorů. Tím je tepelná bilance. Tepelné ztráty způsobené magnetizačními proudy statoru a u asynchronního motoru ještě indukovanými proudy v kleci, tak že rotor je zdrojem tepla navíc. Kromě toho se stator hůře chladí. Proto je jeho plášť žebrován nebo jím může protékat chladicí kapalina. Síla vztažená na jednotku plochy vzduchové mezery mezi státorem a rotorem je u asynchronní varianty až dvakrát větší. Z toho pak vyplývá, že při stejné velikosti motoru je možné získat větší krouticí moment nebo obráceně, pro stejný krouticí moment vychází menší průměr rotoru. [1]

### 5.3.2 Stejnoseměrné kartáčové motory DC

Stejnoseměrný motor Obr. 18 funguje tak, že stator je vybaven dvěma permanentními magnety s pólovými nástavci tvarovanými tak, aby se siločáry usměřovali kolmo k obvodu železného rotoru s vinutím. Siločáry se uzavírají přes železný plášť tělesa statoru. Vinutí je tvořeno soustavou smyček, z nich každá je na konci vyvedena na dvě sousední měděné a navzájem izolované lamely komutátoru. Všechny smyčky jsou tak komutátorem propojeny do série a dva napájecí kartáče rozmístěné po obvodu v úhlu  $180^\circ$  jej rozdělují do dvou paralelních větví. [1]



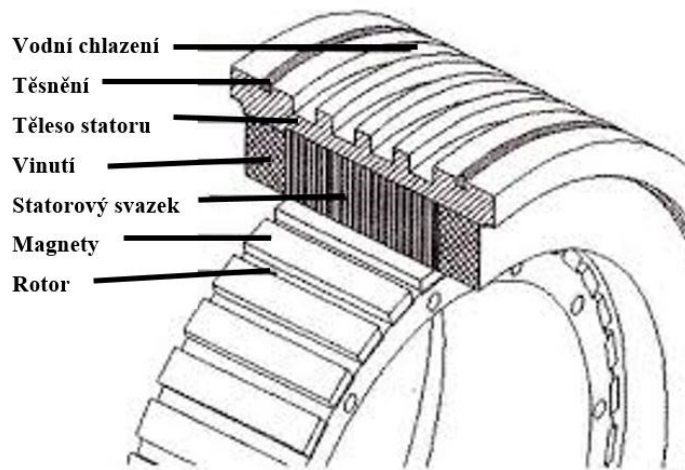
Obr. 18 Stejnoseměrný motor s hladkou kotvou [1]

### 5.3.3 Bezkartáčové motory EC

Problémy s opotřebením směrného ústrojí a obtížné chlazení rotoru s vinutím, vedly ke konstrukci motorů s bezkartáčových, kde se točí rotor s magnety a vinutí je ve statoru. Základní fyzikální principy jsou stále zachovány, ale místo sběrným ústrojím je proud do vinutí řízen speciálním zdrojem tzv. tranzistorovým měničem. Tranzistory pracují ve dvoustavovém režimu vypnuto/ zapnuto. Postupně je šest poloh natočení rotoru po  $60^\circ$  a ke každé je přiřazena dvojice příslušných tranzistorů, které je nutné pro požadovaný smysl proudů otevřít. Spínání tranzistorů je odvozeno od komutačního spínače, což je měřidlo natočení rotoru vůči statoru. [1]

### 5.3.4 Prstencové elektromotory

Prstencové elektromotory Obr. 19 jsou typickým zástupcem synchronních rotačních motorů. Konstrukce těchto motorů je zcela uzavřená. Díky tomu není potřebná ventilace k chlazení rotoru ani přístup ke kartáčům. Z tohoto důvodu je u motoru omezená životnost na 30–40 tisíc hodin provozu. Což odpovídá životnosti tukové náplně v ložiscích.



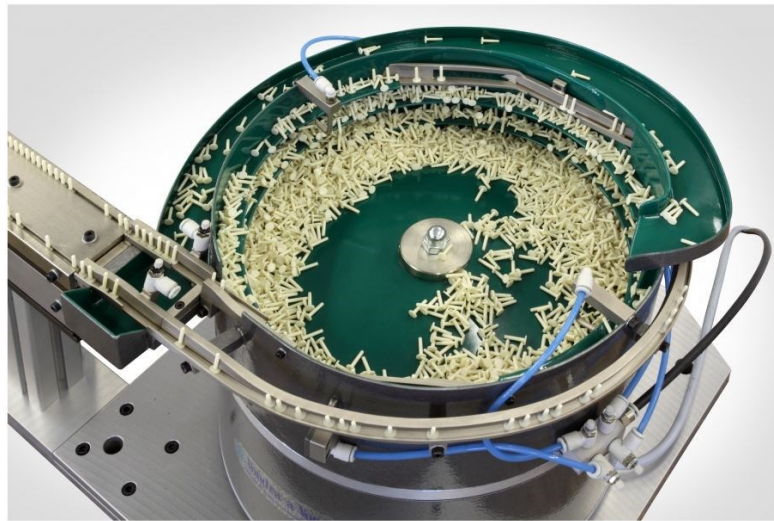
Obr. 19 Řez prstencového elektromotoru [1]

Prstencové elektromotory jsou díky své konstrukci vhodné pro pomaloběžné aplikace s velkými kroutícími momenty a krátkou axiální zástavbou. To je díky tomu, že motory jsou ploché a velkopřůměrové. Mají velké množství pólů v řádech stovek. Prstencové motory jsou využívány pro pohony otočných stolů a v současné době s úspěchem nahrazují dříve používané vložené převody typu ozubený věnec-pastorek nebo šnekový převod. Je možné je vyrábět s vnitřním nebo vnějším rotorem. [1]

## 5.4 Vibrační podavače

Vibrační podavače jsou nejběžnější zařízení, která slouží k podávání součástí v aplikacích kde se využívá automatizace. Vibrační podavače jsou samostatné systémy, které obsahují speciální vedení, která slouží k orientaci podávaných součástí. Každý vibrační podavač má v sobě zabudovanou pohonnou jednotku a ovládací jednotku, která umožňuje změnu amplitudy. Pohonná jednotka může být elektromagnetická nebo pneumatická. Pohonná jednotka vytváří vibrace, které nutí součástky k pohybu po kruhu a díky kolejím, které jsou nakloněné i k pohybu vzhůru. Kolejové křivky mají různý tvar a velikost a jsou speciálně uzpůsobeny tak, aby odpovídaly pouze pro daný typ součástek. Na kolejkách se nachází různé pasti. Tyto pasti slouží k orientaci nebo vyřazení součástek špatně orientovaných. Špatně

orientované součástky se na pastech zachytí a spadnou zpět dolů do podavače. Takto se celý proces opakuje až do úplného vyprázdnění nebo do stavu, kdy čidlo detekuje malý počet součástek a obsluha nebo automat součástky doplní. Vnitřní prostor vibračních podavačů může být opatřen speciálními nátěry, které chrání podávaný materiál před poškrábáním, snižují koeficient tření a snižují úroveň vibrací.



*Obr. 20 Vibrační podavač [6]*

Vibrační podavače Obr.20 se používají v mnoha odvětvích průmyslové výroby. Od automatizace výroby elektronických komponent, potravinářský průmysl, farmaceutický průmysl až po automobilní průmysl. Vibrační podavače jsou výbornou alternativou pro ruční zakládání nebo zakládání pomocí nějaké jiné technologie kde by musel být použit složitý systém pro definici tvaru a následnou orientaci komponentu. Z vibračního podavače vychází komponenty správně naorientované a kontinuálně za sebou. [12]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je navrhnout jednoúčelový stroj pro osazení desky plošného spoje. Stroj musí splňovat požadavky zákazníka a vycházet z parametrů zákazníkem daných.

- Návrh možného řešení  
Návrh řešení vycházející z požadavků zadavatele
- Popis výrobní technologie  
Schéma výrobního cyklu postup osazování DPS.
- Popis jednotlivých hlavních sestav  
Popis hlavních sestav, vysvětlení funkce a popis dané technologie.
- Popis logického zapojení  
Návrh a popis logického zapojení jednotlivých sestav a celého stroje.
- Výkresová dokumentace hlavních sestav  
Vytvoření výkresové dokumentace hlavních podsestav v programu Auto CAD Inventro.
- Schéma pneumatického zapojení  
Vytvoření výkresu pneumatického zapojení pneumatických prvků v programu Fluiddraw od společnosti Festo.



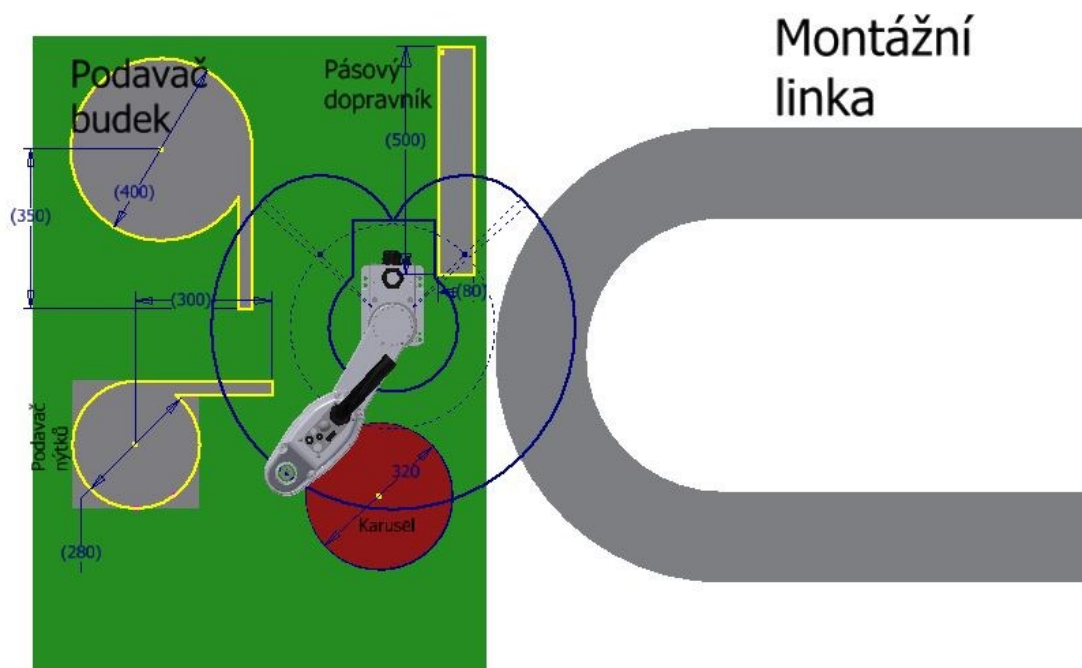
## 7 KONSTRUKCE

Do konstrukce jednoúčelového stroje pro montáž DPS jsou zahrnuty požadavky zadavatele, firmy TNS SERVIS Tabulka 1. Navrhnout stroj s využitím průmyslového robota EPSON, manipulačních prvků firmy Festo a vibračními podavači dodanými Firmou TNS SERVIS. Stroj musí být schopen montáže dvou typů DPS a musí být schopný tento rozdíl rozpoznat, aby nedošlo k zamíchání jednoho typu do druhého. U stroje je požadován výrobní takt 2 300 ks za směnu. Dále je požadovaná kontrola zalisování součástek v DPS a to zda bylo využito dostatečného tlaku.

*Tabulka 1 Zadaná data*

<b>Zadáno</b>	<b>Požadováno</b>
Požadovaný počet kusů	2 300 ks / 7,5 hod
Čas montáže	11,74 s / 1 ks
Hlavní ovládací prvek	Robot EPSON LS3
Manipulační technika	Festo
Speciální požadavky	Kontrola zalisování součástek

Základní rozmístění pracovního prostoru v automatizační buňce vychází z manipulačního dosahu robota LS3 od firmy Epson. Vertikální dosah robota je 150 mm a horizontální dosah po kružnici o poloměru do 400 mm. Tyto vstupní parametry určují rozmístění jednotlivých technologií tak, aby byly v dosahu jak výškovém, tak rovinném. Další určujícími prvky jsou vibrační podavače, které podávají nýtky a tunýlky. Jejich velikost je dána dodavatelem a nebylo možné ji změnit. V základu bylo uvažováno o využití několika podavačů budek. Nakonec byly schváleny dva návrhy do dalšího zpracování. Na Obr.21 je znázorněn layout rozloženého pracovního prostředí s možností napojení na montážní linku. DPS by byla založena na pásový dopravník, následně by jej robot vzal a odvezl k osazení. Po osazení by došlo k založení osazené DPS zpět do linky. Tento koncept byl v uším výběru zamítnut. Důvodem pro zamítnutí byla nutnost propojení technologií montážní linky a automatické montážní buňky. Dalším důvodem bylo zmenšení pracovního prostoru pro údržbu.

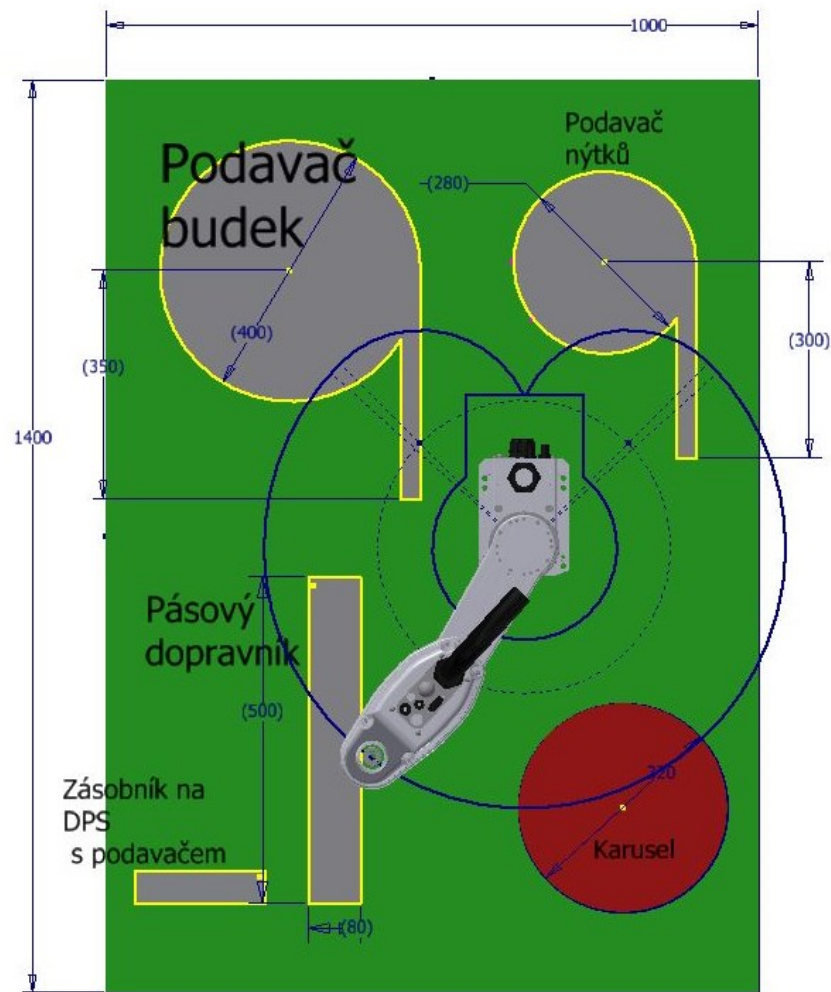


Obr. 21 Návrh uspořádání Buňka montážní linka

Jako finální koncept byl schválen návrh na Obr. 22. Tento návrh obsahuje jeden podavač budek, jeden podavač nýtků. Zásobník DPS, dopravník pro DPS, robota, zařízení pro montáž (karusel). Všechny prvky jsou umístěny na desce stolu o šířce 1 000 mm a délce 1 400 mm. Protože osazené prvky na DPS bylo zapotřebí zalisovat a zkontrolovat, že lisování proběhlo dostatečnou silou, bylo rozhodnuto použít čtyř polohový otočný stůl od firmy Festo. Zbylé dvě pozice otočného stolu slouží jako zakládací a vytahovací pozice. Tento návrh pracovního prostředí ještě neobsahoval konkrétní řešení jednotlivých stanic, ale hrubý nástin a základní rozměry ze kterých se vycházelo pro další návrh. Z layoutu už bylo možné stanovit výrobní cyklus a předběžné časy pro montáž.

V dalším kroku vývoje robotické buňky bylo řešeno chapadlo robota, které mělo odebrat jak nýtky z oddělovače nýtků a DPS z pásového dopravníku. DPS osadit tunýlky a následně založit do lisovacího karuselu.

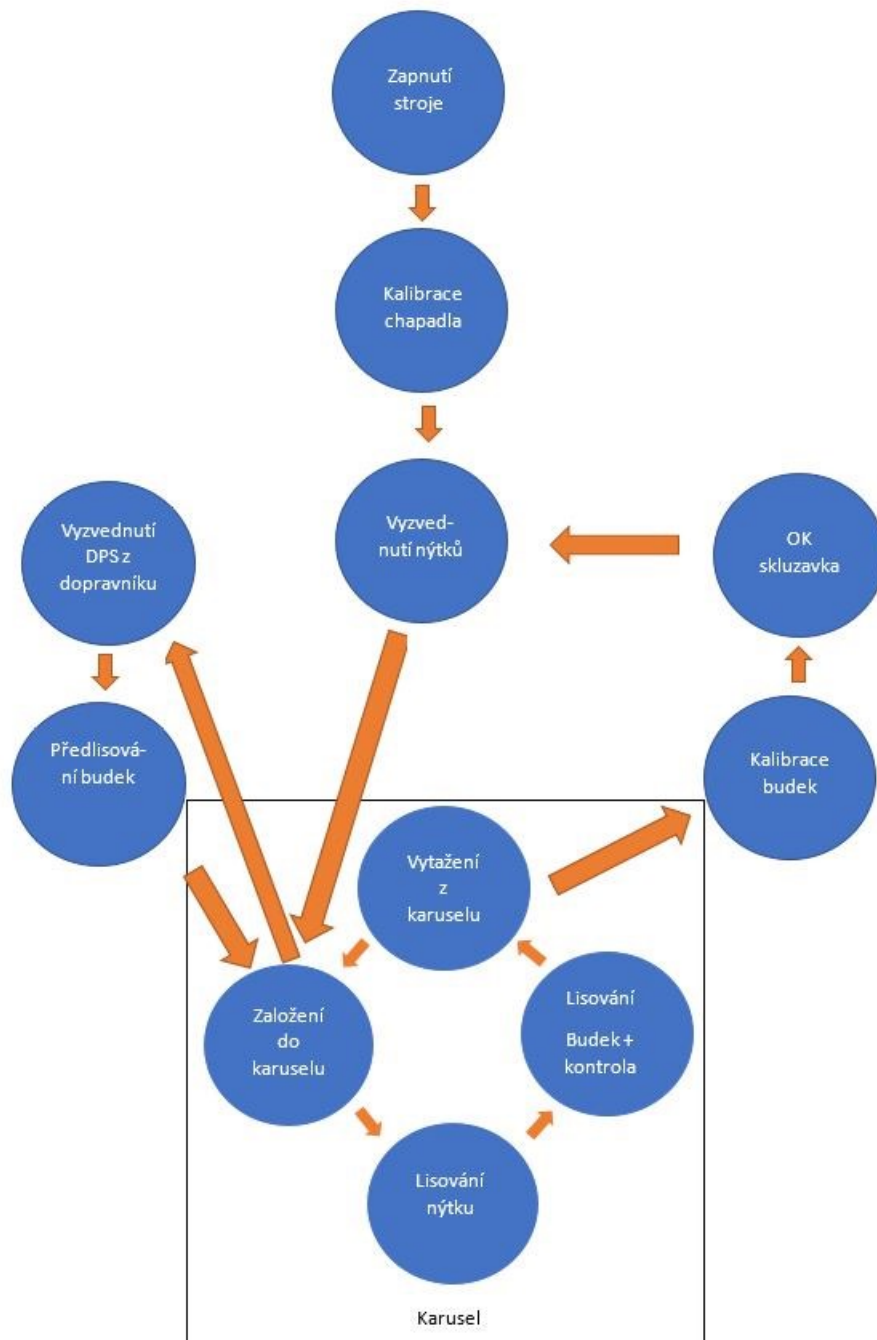
Poté byly řešeny jednotlivá odbírací místa pro nýtky a tunýlky. Odbírací místa byla navržena tak, aby robot s chapadlem měl snadnou manipulaci s materiálem a nehrozila žádná kolize s oddělovací technologií nebo s materiálem. Dále byl kladen důraz na jednoduchost a snadnou přístupnost v případě zaseknutí materiálu nebo poruchy.



Obr. 22 Návrh uspořádání montážní buňky

## 7.1 Výrobní cyklus

Po spuštění stroje a nastavení požadovaného výrobního cyklu (stroj umožňuje montáž dvou typů DPS) jede chapadlo na kalibrační místo, kde pomocí vidlicového snímače dojde ke zjištění přesné polohy chapadla a následní korekce. Opětovná kalibrace během montáže může nastat v případě, že nedojde k opakovanému správnému odebrání některého z prvků pro montáž. Další možností je kalibraci vyvolat ručně, a to může obsluha na ovládacím panelu. Po kalibraci jede chapadlo na oddělovací místo pro nýtky a odebere nýtky z oddělovače nýtků. Následně jsou nýtky uloženy do lisovacího hnízda. Správnou polohu nýtků zkontroluje kamera. Kamerová zkouška nýtků zabezpečuje jejich správné uložení pro požadovaný typ výroby DPS a dále kontroluje, zda během založení nedošlo k posunutí nebo pádu nýtku z požadované polohy. Zjednodušené schéma je znázorněno na Obr.23.



Obr. 23 Výrobní cyklus

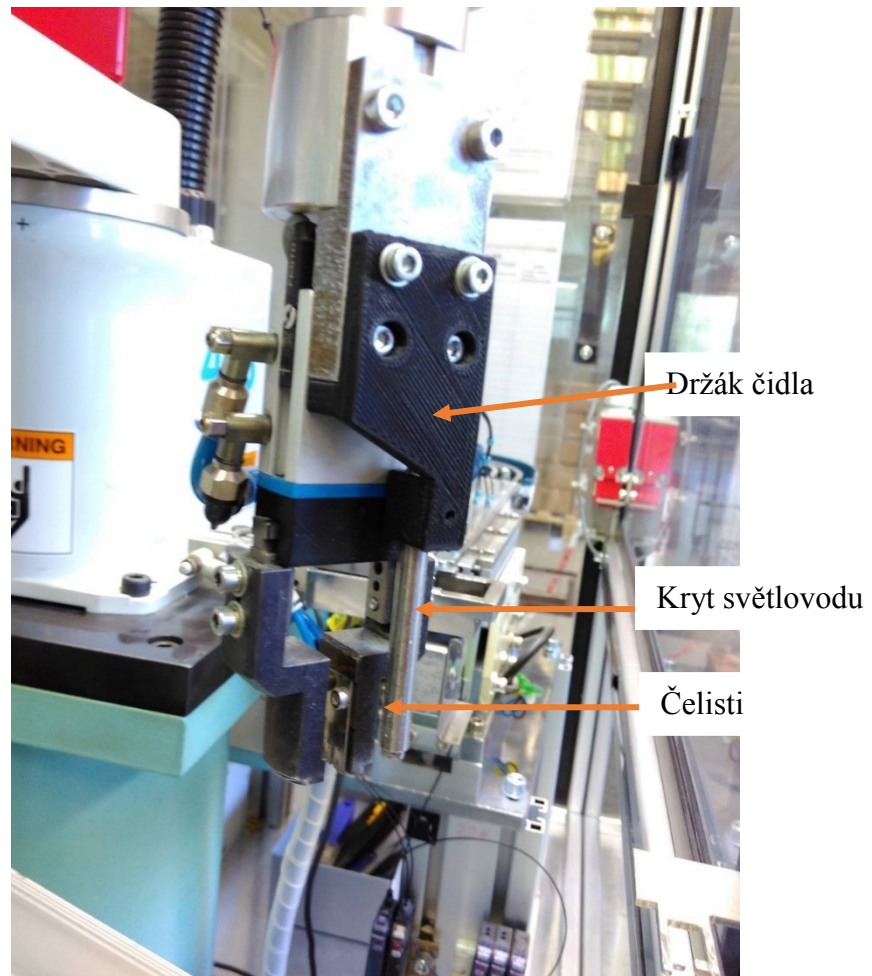
Současně s kalibrací chapadla a založením nýtků, probíhá příprava nýtků v oddělovači nýtků, příprava tunýlků v oddělovači tunýlků a příprava DPS na dopravníku pro odebrání. Po správném založení nýtků do lisovacího hnízda jede chapadlo odebrat DPS z pásového dopravníku. DPS jsou umístěny ve dvou zásobnících. Po spuštění programu jsou DPS po-

stupně uvolňovány na pásový dopravník. Nejdříve z jednoho a pak následně z druhého zásobníku. DPS jsou uvolňovány tak, aby se nepřekrývaly a nebyli příliš blízko u sebe. Následně DPS dojedou na odbírací místo, kde jsou zachyceny kamerou, a tak je zjištěno natočení a typ DPS. Po zjištění natočení dojde k automatické korekci chapadla tak, aby následné osazení DPS tunýlky bylo co nejvhodnější. Chapadlo po správném natočení odebere DPS z dopravníku a jede k odbíracímu místu tunýlků. V odbíracím místě dojde k nasazení tunýlku do DPS a lehkému předlisování pacek tunýlků tak, aby během přesunu do lisovacího hnízda nedošlo ke ztrátě tunýlků. Díky předlisování je tak dosaženo lepšího zalisování tunýlku v lisovacím hnízdě. Po osazení tunýlku na DPS ji robot založí do lisovacího hnízda, kde už jsou založeny nýtky.

V případě, že se jedná o start nového typu, proběhne tento cyklus třikrát. Od čtvrtého cyklu a pak každý další začíná vytažením osazené DPS z lisovacího hnízda a odvezením do OK nebo NOK kanálu. Pak dochází k odebrání nýtků a proběhne cyklus výše popsaný.

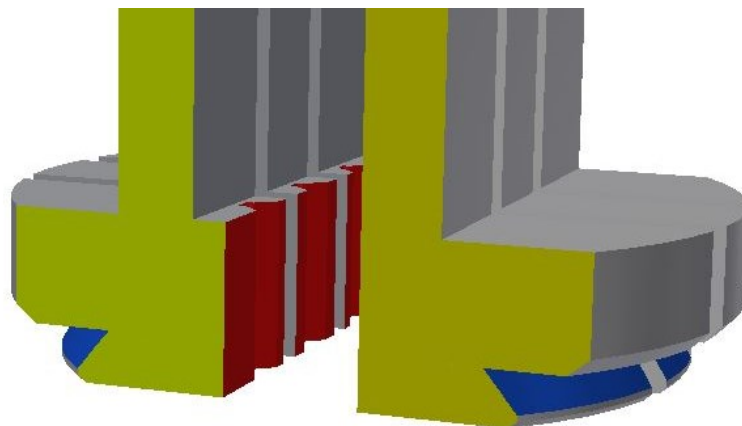
## 7.2 Chapadla

Chapadlo slouží k manipulaci s prvky při montáži. Obr 24 ukazuje návrh chapadla pro montáž DPS. První funkcí je odebrání nýtků z oddělovače nýtků a následnému založení nýtků do lisovacího hnízda. Dále pak chapadlo slouží k odebrání DPS z dopravníku. Během přesunutí DPS z dopravníku do lisovacího hnízda dojde v odbíracím místě pro tunýlky k předlisování tunýlku do DPS. Chapadlo se skládá z držáku chapadla, ve kterém je chapadlo připevněno k ose roboty. Na držáku je připevněna spojka pro pneumatické paralelní chapadlo DHPS od firmy Festo. K spojce je dále přišroubován držák čidla, které slouží pro kontrolu odebrání a správnosti držení DPS během transportu. Na paralelním chapadle jsou přimontovány čelisti chapadla. Čelisti chapadla jsou navrženy tak, aby při stisku bylo možné odebrat nýtky z oddělovače nýtků. Pro lepší odebrání je jedno chapadlo vyrobeno s hlubokým vybráním na vnitřní straně a druhé s mělkým vybráním (červená barva) Obr.24. Vnější strana chapadel (modrá barva) pak kopíruje kruhovou výseč tak, aby bylo možné v sevřeném stavu chapadlo vložit dovnitř DPS a při rozevření došlo k dostatečnému úchopu DPS. Pro dobrou funkci úchopu a zajištění proti sklouznutí DPS je chapadlo na vnější straně vyrobeno s osazením a pro snazší nabírání DPS je chapadlo na spodní straně osazení zešikmeně. Čelisti jsou vyrobeny z nástrojové oceli a jsou kalena na tvrdost okolo 62 HRC. Zkalení je nezbytné pro zachování dlouhé trvanlivosti chapadel. Životnost je ovlivněna vysokou sériovostí a agresivitou odbíraného materiálu.



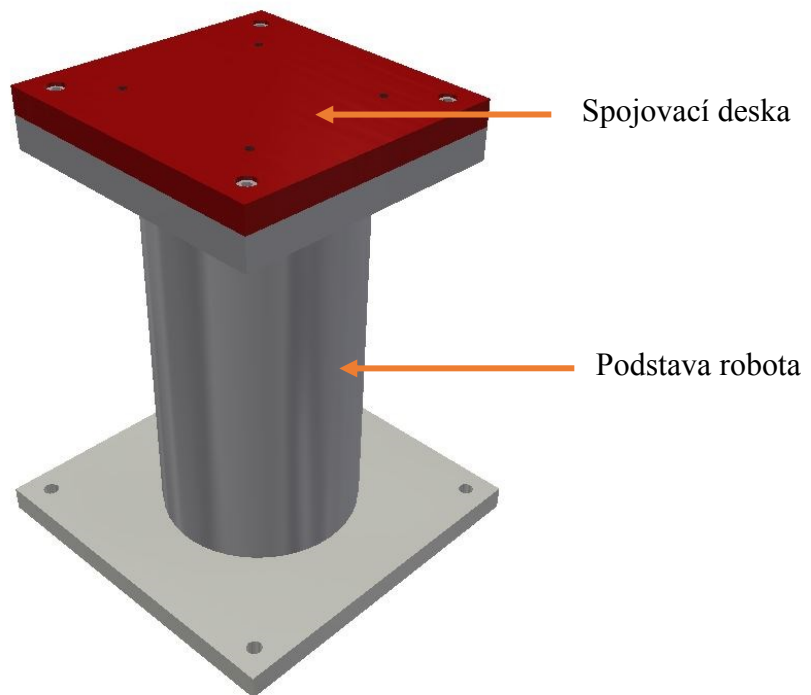
*Obr. 24 Chapadla*

Další nedílnou součástí chapadel je robot EPSON LS3. Tento robot byl vybrán zadavatelem. Z nutných parametrů, které byly během vývoje nezbytné dodržet, byl manipulační prostor robota a doporučené zatížení, kdy doporučená hmotnost chapadla je do 1 kg. Celková hmotnost chapadla i s DPS je necelých 700 g.



*Obr. 25 Detail čelisti*

Robot je přišroubován k podstavě robota Obr. 26 a tím je pevně spojen s deskou stolu. Podstava robota je vyrobena se svařované trubky, ke které jsou přivařeny ocelové desky. Pro dostatečný spoj robota s podstavou robota je mezi roboty a podstavu robota našroubována ocelová spojovací deska o cíle 40 mm. Tato ocelová spojovací deska je zde z důvodu dostatečné délky závitu pro přitažení robota. Tím je zabráněno možnému povolání závitu nebo snad vytažením nějakého dílu v důsledku pohybu robota.



Obr. 26 Podstavec pod robota

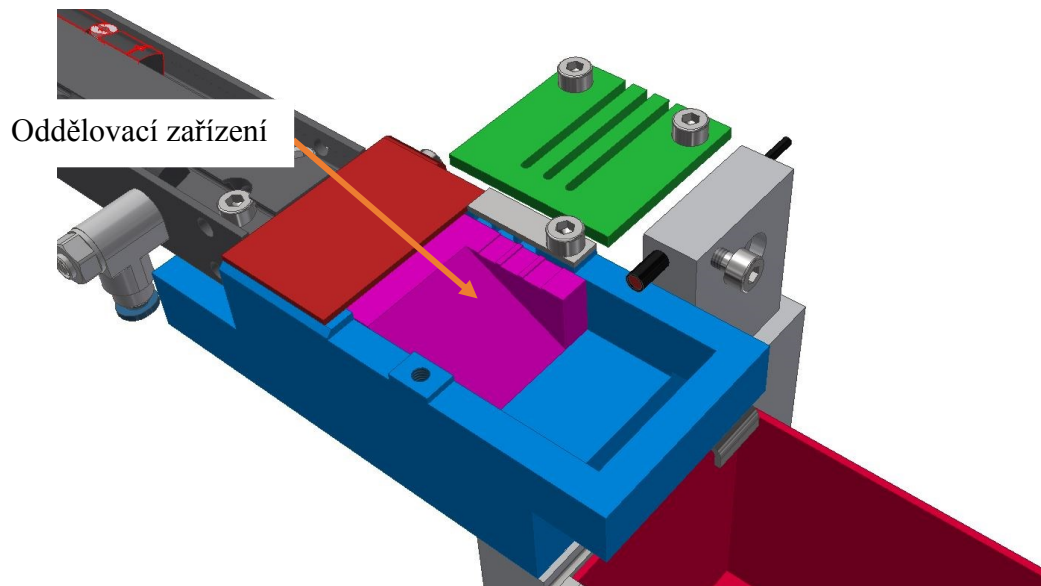
### 7.3 Oddělovací a odebírací zařízení pro nýtky

Oddělovací zařízení jsou odběrná místa, kde robot vyzvedává dílčí prvky. V těchto odběrných místech jsou prvky již správně zorientované a po jejich odebrání dojde k okamžitému doplnění míst novým materiálem, který je obsluhou doplněn do vibračních podavačů na začátku každé směny nebo po vyhlášení chyb.

### 7.4 Oddělovací místo pro nýtky

Nýtky jsou nasypány do vibračního podavače. Odtud postupují do lineárního podavače k odběrnému místu. Během cesty jsou orientovány tak, aby byl okraj nýtků dole. Všechny nevyhovující nýtky jsou pomocí pastí ve vibračním podavači vráceny zpět do hrnce. Na

konci vibračního hrnce jsou šroubky řazeny do tří vedení. Tyto vedení jsou na lineárním podavači a na konci je odběrné místo. Pokud stav šroubků klesne pod stanovenou mez, dojde k automatickému spuštění vibračního hrnce a ten doplní šroubky do lineárního podavače. Množství šroubků v lineárním podavači je hlídáno pomocí světlovodného čidla. Na konci lineárního podavače jsou také světlovodná čidla, které hlídají přítomnost šroubků před vstupem do oddělovacího zařízení. Oddělovací zařízení Obr. 27 je deska se třemi výkroji pro oddělení šroubků. Pokud jsou šroubky tlakem lineárního podavače vtlačeny do oddělovacího zařízení, pneumatický válec posune desku mimo osu lineárního podavače. Tím je zamezeno ovlivnění šroubků v lineárním podavači. Po příjezdu robota může chapadlem bezpečně odebrat šroubky z oddělovače a deska se vrátí do původní polohy.



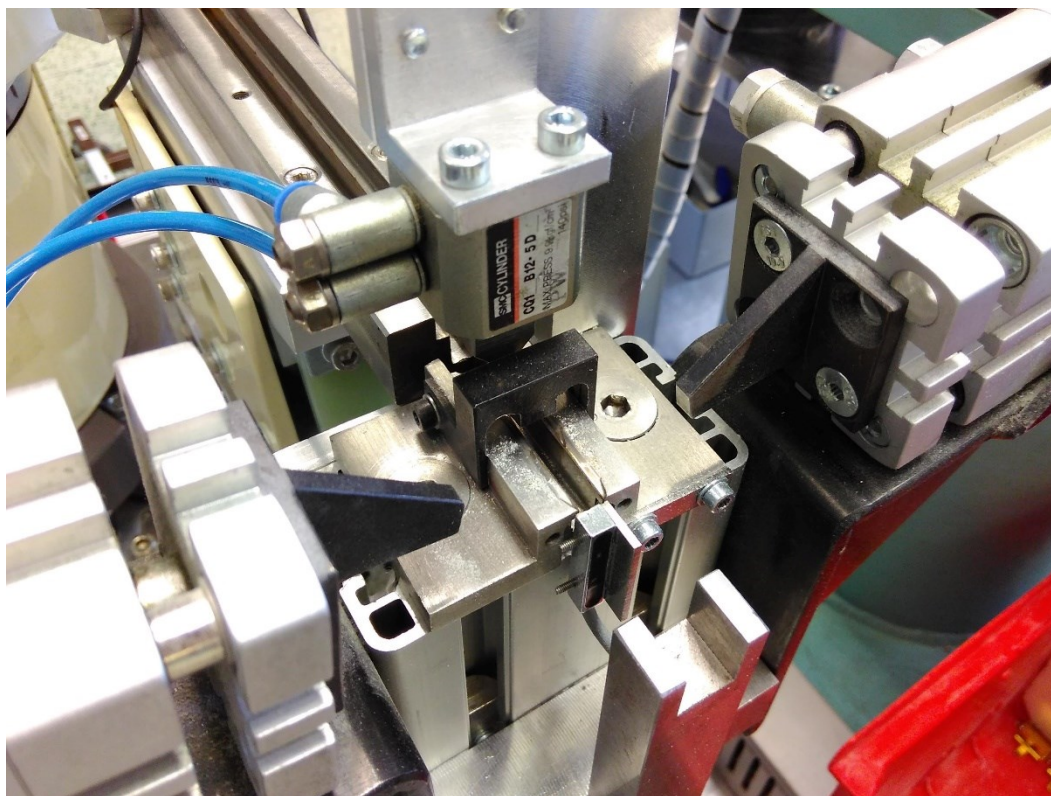
Obr. 27 Oddělovač šroubků

## 7.5 Oddělovací místo pro tunýlky.

Stejně jako šroubky jsou tunýlky umístěny ve vibračním podavači. Tunýlky vychází z vibračního podavače na lineární podavač v požadované orientaci. Oproti šroubkům je již použita pouze jedna řada šroubků, a to z důvodu předlisování šroubků v DPS. Odebírací místo znázorněno na Obr. 28. Místo je uzpůsobeno pro před lis tunýlků. Po doražení tunýlků do koncové polohy se tunýlek lehce propadne do odběrového místa. Odebírací místo je vyrobeno ze stabilní oceli a kaleno pro zvýšení odolnosti. Odebírací místo je opatřeno kapacitním čidlem. Toto čidlo vysílá signál, že je tunýlek ve správné pozici pro odebrání. Jakmile je tunýlek v této pozici, přijede chapadlo s DPS a po předchozím vyhodnocení polohy najede chapadlo s DPS nad tunýlek tak, že packy tunýlku prochází štěrbinami v DPS. V následujícím

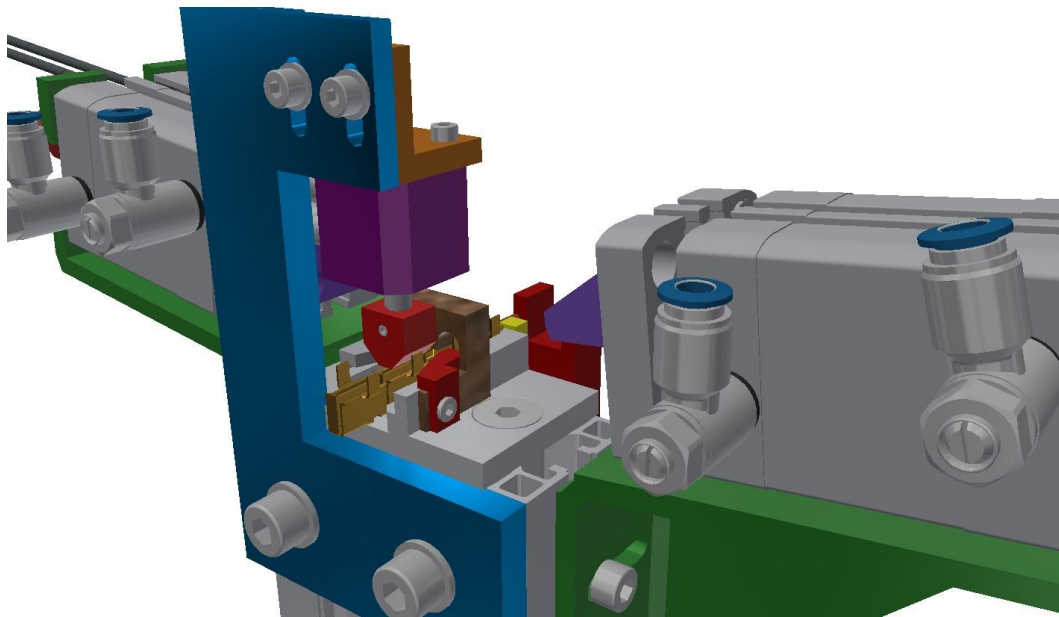


kroku dojde k předlisování tunýlku v DPS. Předlisovací nástroje jsou dva nosy, které jsou umístěny po stranách tunýlku. Při vysunutí přede hnou packy tunýlku tak, že je tunýlek dostatečně připevněn k DPS pro další operace. Předlisovací nosy jsou vyrobeny ze stabilní oceli a zakaleny na tvrdost 63 HRC.



*Obr. 28 Oddělovač budek*

Pomocí šroubů jsou připevněny k pneumatickým válcům s vedením. Válce jsou přišroubovány k držákům válců. Držáky válců jsou svařence, které určují úhel předlisování tunýlku. Držáky jsou vyrobeny ze svařitelné oceli a povrchově upraveny komaxitovou barvou. Úhel předlisování je dále možno nastavovat na válcích, které mají průchozí pístnici, a tak lze ovlivnit vzdálenost vysunutí jednotlivého válce. Dále pak je možné ovlivnit výšku bodu předlisování posunutím držáku válce na hliníkovém profilu, ke kterému je celá konstrukce odbíracího místa i před lisovacích válců připevněna.



Obr. 29 Oddělovač budek, zadní pohled

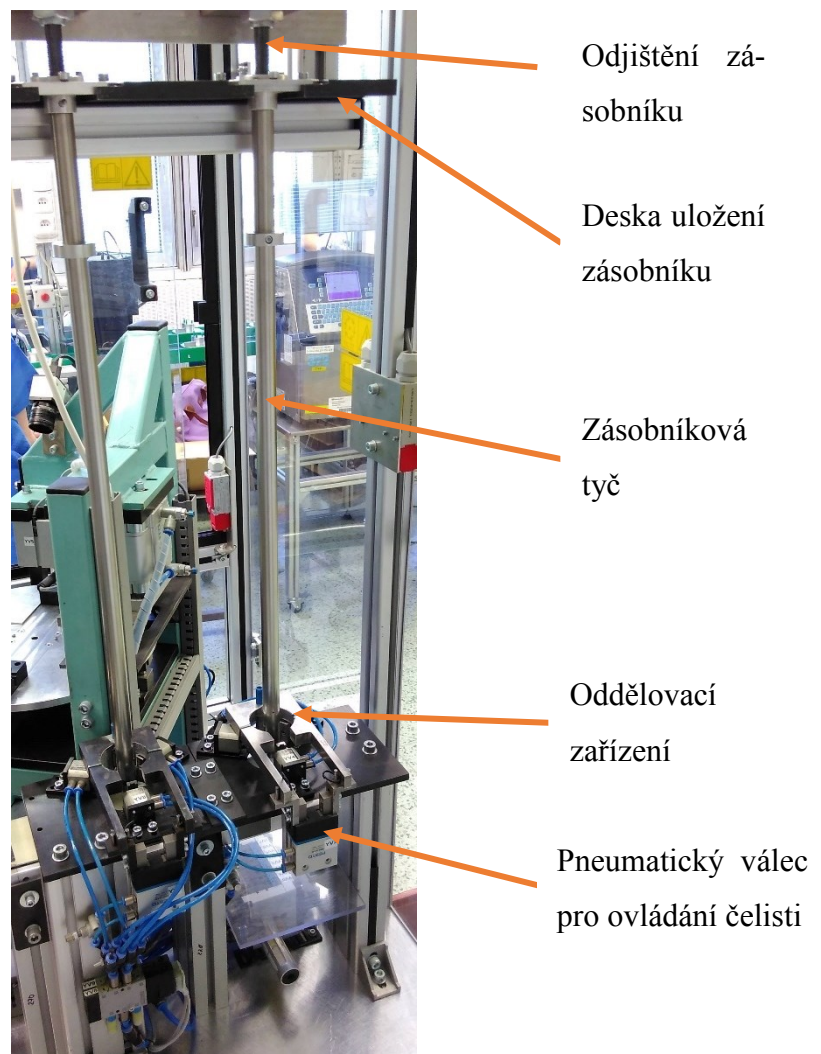
## 7.6 Zásobníky a podávací zařízení

Podávací zařízení pro souvislé podávání DPS se skládá ze základací desky s odjištěním dvou zásobníků oddělovače Obr. 30. Zásobníky je pro doplnění nutno vytáhnout z automatické buňky. Zásobník se skládá z nerezové tyče, na které jsou navlečeny DPS. DPS jsou na tyči různě natočeny, ale musí být dodržena správná rubová strana. V případě přetočení dojde po kontrole k vyřazení DPS. DPS pak pokračuje po dopravníku, dokud z něj nepadne do NOK krabíčky. Zásobníková tyč je na jedné straně opatřena deskou pro založení do linky. Systém pro uzamčení DPS na tyči zásobníku během přepravy do automatické buňky. Uvnitř tyče je vodící trn, který je na spodní části opatřen závitem. Na závit je našroubován roztahovací trn, který roztahuje přípravek na zajištění DPS na tyči. Přípravek pro roztažení je navrhnout tak, aby bylo možné jej vložit do zásobníkové tyče. Koncové patky, které zajišťují DPS na tyči jsou ve volném stavu schovány uvnitř tyče. Při smontování dojde pomocí roztahovacího trnu k jejich rozevření a zajištění DPS.

Zásobníková tyč vložená do automatické buňky je uložena do držáku, následně je pak odjištěna pomocí rychloupínače, který zatlačí na čep v horní části zásobníkové tyče. Tím dojde k posunu roztahovacího trnu dolů a následné uvolnění roztahovacího přípravku uvolní DPS na tyči zásobníku. DPS jsou pak vlastní vahou posouvány do oddělovacího zařízení.

Oddělovací zařízení má dvě komory vedle sebe pro dvě zásobníkové tyče, které jsou znázorněny na Obr. 31. Toto opatření je pro zajištění dostatečné zásoby DPS na dobu výroby

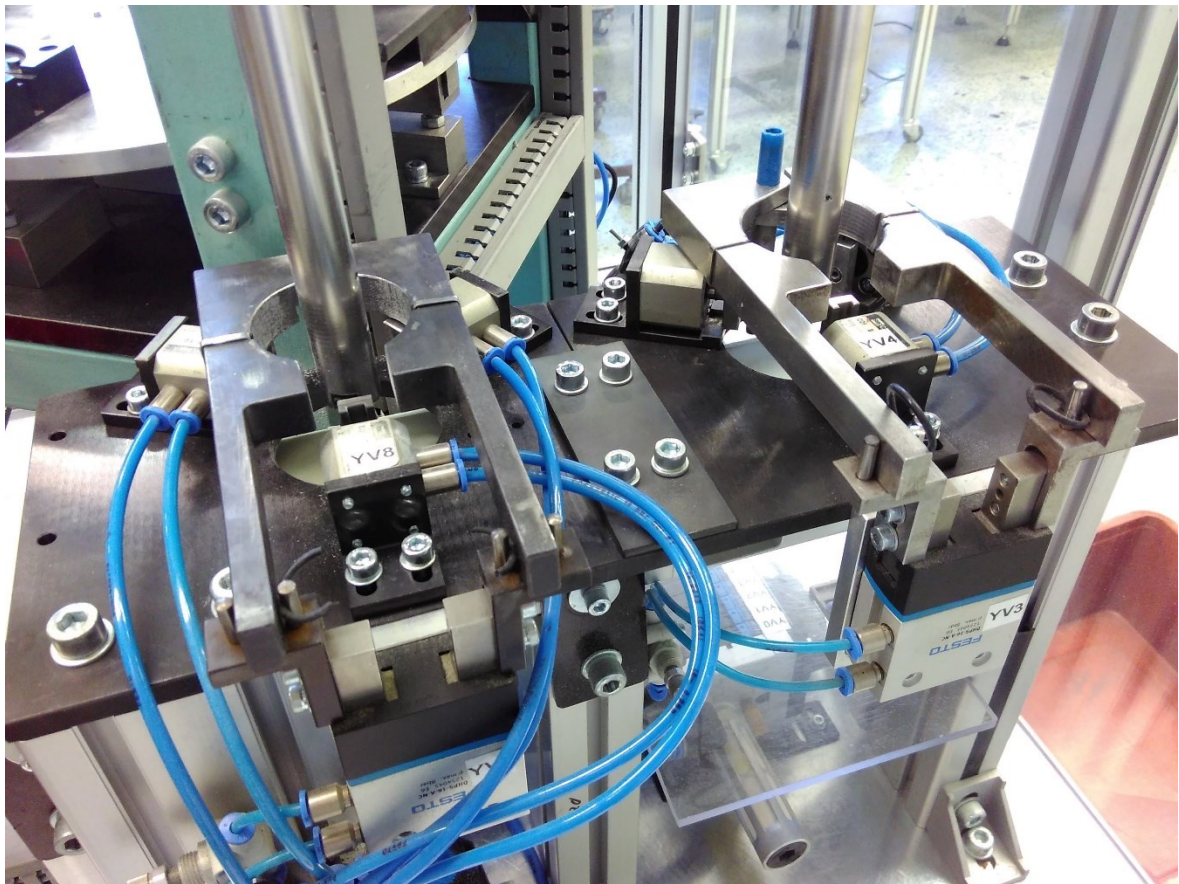
cca 40 minut. Oddělovač se skládá ze dvou čelistí, které mají nůžkový stisk a jsou ovládány válce DHPS. Čelisti jsou vyrobeny ze stabilní oceli a jsou kaleny na tvrdost 63 HRC pro zvýšení životnosti. Přes kolík jsou nasazeny k základní desce pro oddělovač DPS. Ze spodní strany základní desky pro DPS jsou přišroubovány tři miniaturní pneumatické válce. Tyto válce drží celý sloupec DPS na zásobníkové tyči, pokud jsou čelisti zásobníku rozevřené. Následným uzavřením čelistí zásobníku dojde k zasunutí tří pneumatických válců a dojde k vypadnutí jedné DPS. Počet DPS, které vypadnou ze zásobníku je dán mezerou mezi čelistmi zásobníku a kostkami pneumatických válců. Potřebná mezera se nastavuje na odsazení čelistí od základní desky oddělovače.



Obr. 30 Zásobníky a podávací zařízení

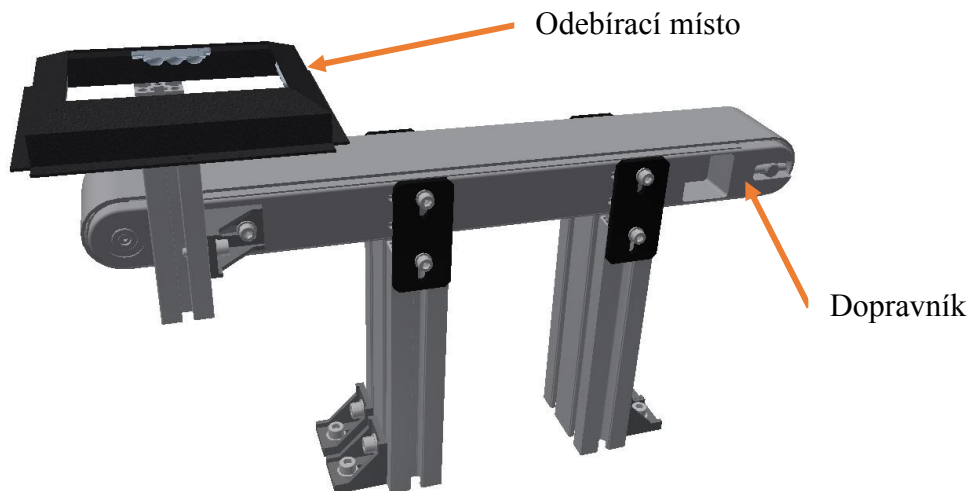
Po pádu DPS na dopravník Obr. 32 je dopravníkem DPS převezena na odebírací místo. Odebírací místo je osvětleno pomocí led diod. Pro zvýšení kontrastu je dopravník

opatřen bílým dopravním pásem. V odebíracím místě kamera zkontroluje typ DPS a vyhodnotí natočení DPS. Podle tohoto natočení jsou pak následně upraveny parametry pro natočení chapadla robota. Díky této informaci pak dojde k bezproblémovému odebrání DPS z dopravníku. V případě, že je DPS otočena na líc, nebo je v sérii nevhodný typ, případně se robotu nepodaří DPS odebrat, dopravník odveze nevyhovující DPS do NOK krabičky.



*Obr. 31 Oddělovač DPS*

Pásový dopravník slouží k dopravě DPS uvolněných ze zásobníku pomocí oddělovačů. Následně je DPS dovezena na odběrné místo. Odběrné místo je nasvětlené pomocí led světél pro lepší kontrast mezi DPS a pásem dopravníku. Kamerový chacker nad odebíracím místě zkontroluje typ a pootočení DPS. Získané informace jsou vyhodnoceny a robot provede potřebnou korekci pro správné odebrání DPS z dopravníku. V případě, že DPS je obrácená rubem vzhůru nebo se jedná o druhý typ, než má být vyráběn, dojde k odvezení špatné DPS do ONK krabičky. Kamerový chacker je připevněn přes upínací kostku kamerového chackru k hliníkovému profilu 40 x 80 a následně přes stojný profil 80x80 s deskou stolu.

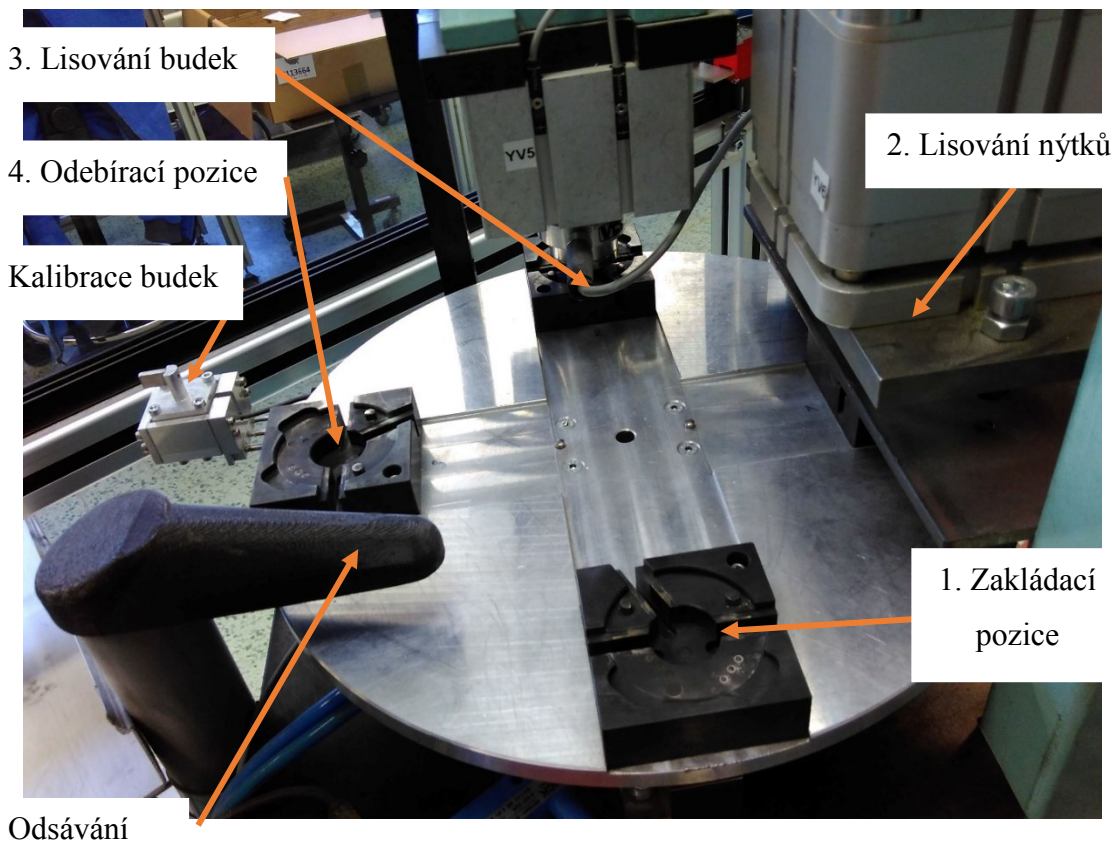


Obr. 32 Dopravník DPS

## 7.7 Lisovací karusel

Lisovací karusel Obr. 36 je zařízení sloužící ke konečné kompletaci DPS, nýtků a tunýlků. Konečná montáž probíhá pomocí lisování. Karusel má čtyři ocelová hnízda ze stabilní oceli, která jsou zakalená pro zvýšení životnosti. Dále pak je povrch všech hnízd černěn. Černění je zde z důvodu lepší viditelnosti nýtků na kamerovém chakeru. Hnízda jsou uzpůsobena pro založení a montáž obou typů DPS. Hnízda jsou spojena s otočným stolem pomocí duralového talíře. Přesnost spojení je dána přesnými drážkami a přišroubováním hnízda k duralovému talíři. Otočný stůl je od firmy Festo s označením DHTG. Otočný stůl má přesnou aretaci pozic pomocí přesných čepů, které v každé poloze zapadají do děr. Tím je zaručena přesná poloha pro následnou operaci. Otočný stůl je přišroubován k rámu pro lisování. Čtyři hnízda odpovídají čtyřem pozicím karuselu. První pozice otočného stolu slouží k zasloužení nýtků a následného založení DPS s předlisovanými tunýlky.

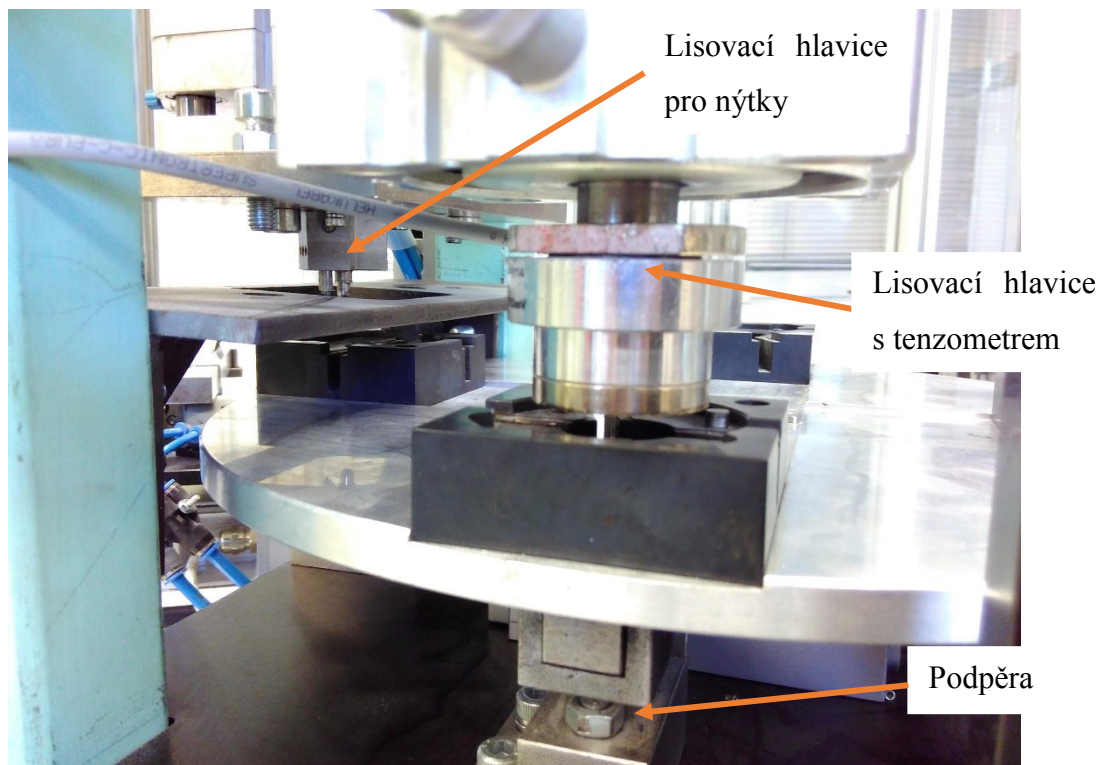
Na první pozici dochází po založení nýtků ke kontrole správného založení nýtků pomocí chackeru. V případě špatného založení nýtků by nedošlo ke správnému založení osazené DPS a mohla by v další operaci nastat kolize. Z tohoto důvodu je kontrolována poloha nýtků. Obr. 34 znázorňuje jednotlivé pracovní pozice lisovacího karuselu spolu s odsáváním a kalibračním místem.



*Obr. 33 Pozice otočného stolu*

Druhá pozice otočného stolu slouží k zalisování nýtků a dolisování tunýlků. K zalisování nýtků dojde pomocí tří ocelových kolíků ze stabilní oceli, které jsou zakaleny na tvrdost 63 HRC. Kolíky mají vhodný tvar tak, aby při lisování bylo dosaženo požadovaného ohybu nýtků v DPS. Nýtky nesmí po lisování být ani volné, ani nesmí dojít k poškození DPS. Lisovací kolíky jsou uloženy v kostce pro vedení lisovacích kolíků. Zde jsou zajištěny stavěcím šroubem ze strany lisovacího kolíku. Pro přesnou polohu jsou lisovací kolíky opatřeny osazením tak, aby bylo možné je i po výměně za nový kus zasadit do stejné polohy. Kostka pro vedení lisovacích kolíků obsahuje další tři otvory pro lisovací kolíky, které umožňují změnu typu, bez nutnosti složité montáže. V krátkém čase tak lze zaměnit lisovací nástroje do druhé polohy. Přesná poloha kostky pro vedení lisovacích kolíků je dána tvárovou drážkou v desce uložení kostky pro vedení lisovacích kolíků. K desce je kostka připevněna pomocí šroubů. Dále deska obsahuje odpružená pouzdra s čepem. Tyto pouzdra zajišťují přidržení DPS v hníždě pro případ, že by během lisování došlo k posunu DPS oproti původní pozici a následně by mohla DPS zůstat vyset na lisovacích nástrojích. Odpružená pouzdra odtlačí DPS od lisovacích nástrojů. Tak je zajištěna její přesná poloha pro zalisování v hníždě. Hlavní lisovací sílu vytváří válec ADFNG s průměrem pístnice 80 mm. Díky tomu

může být pro lisování dosaženo tlaku až 3 016 N. Detail druhé a třetí pozice můžeme vidět na Obr. 35.



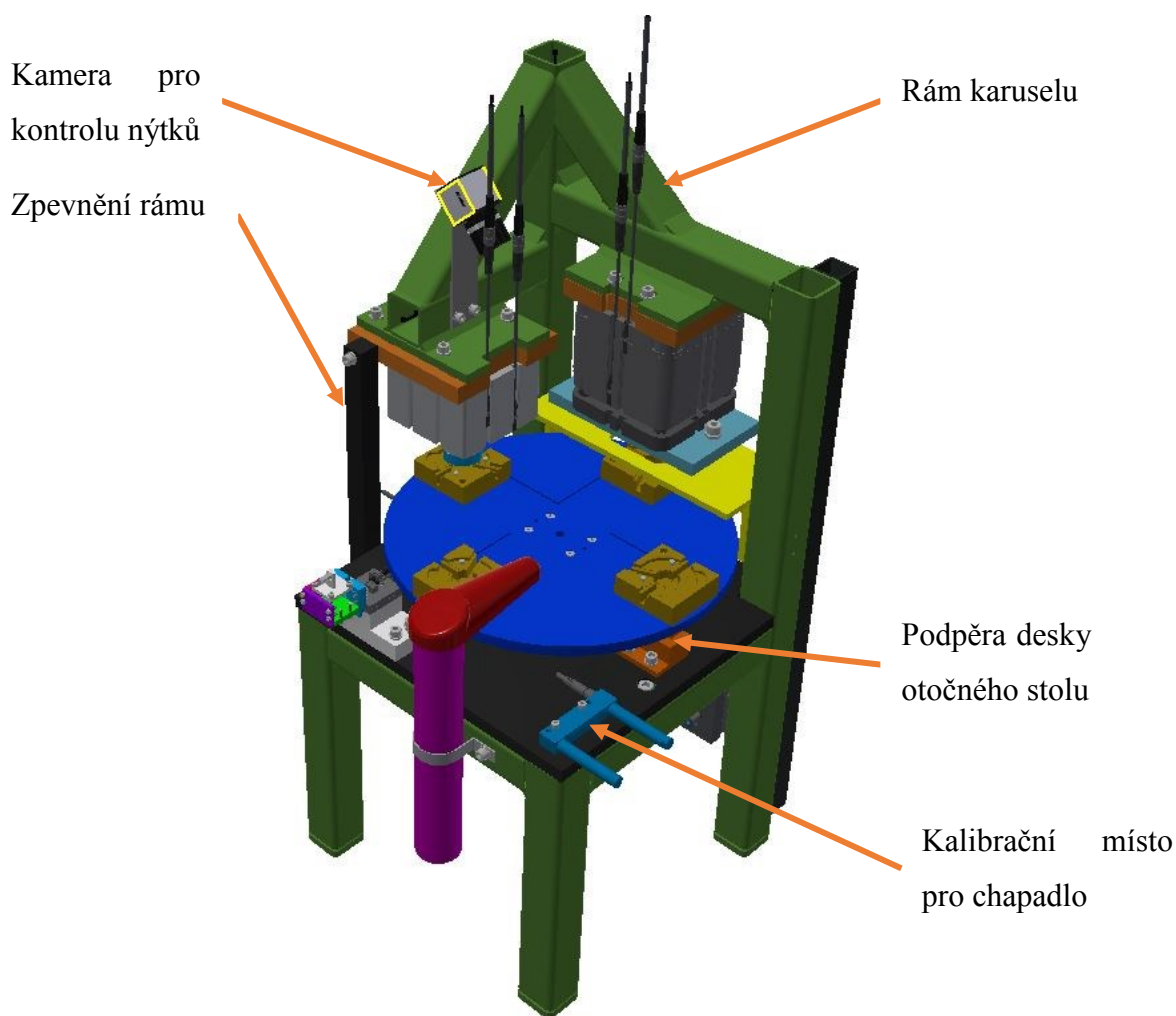
Obr. 34 Detail druhé a třetí pozice karuselu

Třetí pozice slouží k dolisování tunýlků a kontrole lisovacího tlaku. Lisovací nástroj je připevněn k tenzometru od firmy VZS Zlín. Díky tenzometru je zaručena kontrola tlaku na budky a nýtky. Tenzometr je upevněn mezi lisovací nástroj a lisovací válec ADFHG. Celá lisovací soustava je připevněna k rámu. K rámu je přišroubován i válec na lisování nýtků.

Čtvrtá pozice otočného stolu slouží k vyzvednutí smontované DPS, následné kontrole velikosti budek a odvezení DPS na OK skluzavku. Správní velikost budek se kontroluje z důvodu, zda během montáže nedošlo k poškození budky. V případě, že je budka vyhodnocena jako špatná, robot odveze smontovanou DPS do NOK krabíčky.

Rám pro lisovací otočný stůl je svařen z ječklů 40 x 40 x 3 mm dvou ocelových desek. Desky slouží k přichycení obou lisovacích válců. Mezi válce a rám lisovacího stolu jsou ještě vloženy desky pro možnost nastavení polohy lisovacích válců. Celý svarek je opatřen komaxitovou barvou pro povrchovou ochranu. Na rámu je přišroubovaná základní deska lisovacího stolu, ke které je připevněn otočný stůl. Deska lisovacího stolu je ocelová a povrch je černěn pro zvýšení korozivzdornosti. Z důvodu prohýbání při lisování, byly během testovací

série pod otočný stůl v místě vkládání DPS, lisování nýtků a lisování budek doplněny podpěry. Ty zajišťují dostatečnou podporu při lisování nýtků. Tím snižují namáhání otočného stolu. Zároveň však neomezují otáčení otočného stolu díky dostatečné mezeři. Další problémem během testovací série byla nedostatečná tuhost ramene pro lisování a kontrolu zalisování budek a nýtků na pozici tři. Tento problém byl odstraněn přimontováním přídatné vzpěry z ocelového hranolu. Tím se dostatečně zvýšila tuhost a nedocházelo k ohybu svařované konstrukce. Dále se během testovací série vyskytl problém s výskytem zbytků z DPS, které odpadávaly z DPS během základní a procesu kompletace. Tento problém se odstranil odsáváním pomocí průmyslového vysavače. Hadice vysavače je připojena k trubce na vnější straně rámu karuselu. Na horní straně trubice je umístěna vysávací hubice, která má v sobě drážku. Drážka je navržena tak, aby sání bylo přijatelné po celé její délce a nejenom u vstupu. Celá hubice byla vyrobena metodou 3D tisku.



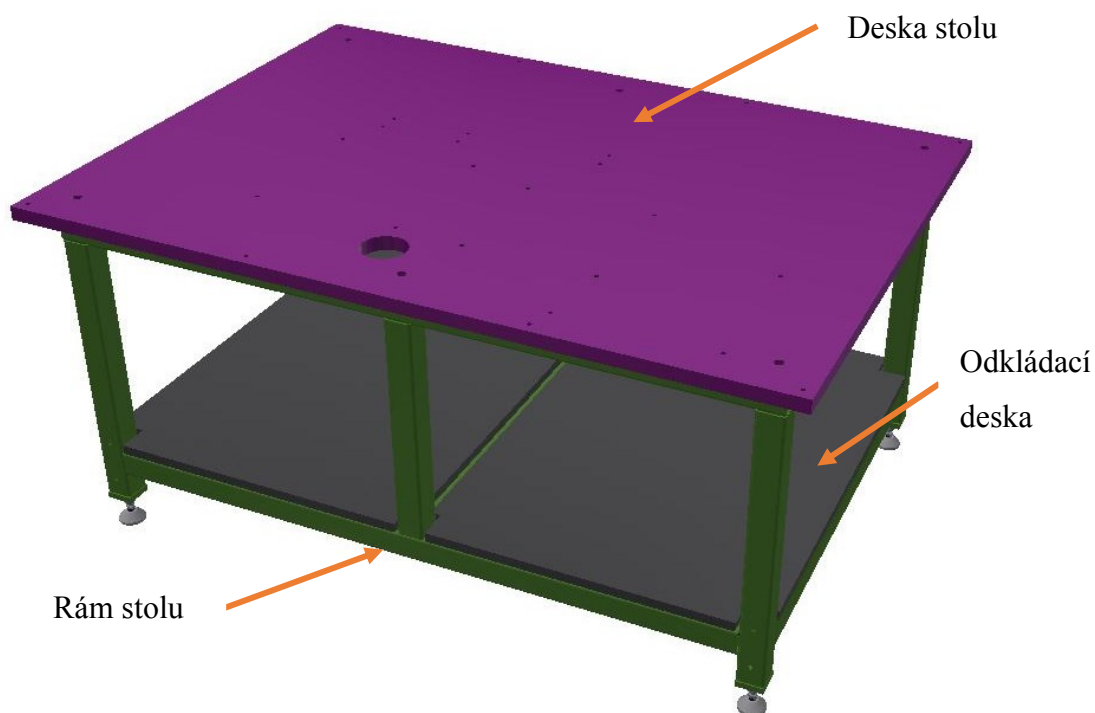
Obr. 35 Lisovací karusel



Jako poslední vylepšení bylo po ověřovací sérii namontováno zařízení pro kalibraci tunýlků na DPS. Kalibrační zařízení se skládá z kalibračního trnu, který je přišroubován k pneumatickému válce a následně přes upínací kostku k desce rámu karuselu.

## 7.8 Stůl stroje

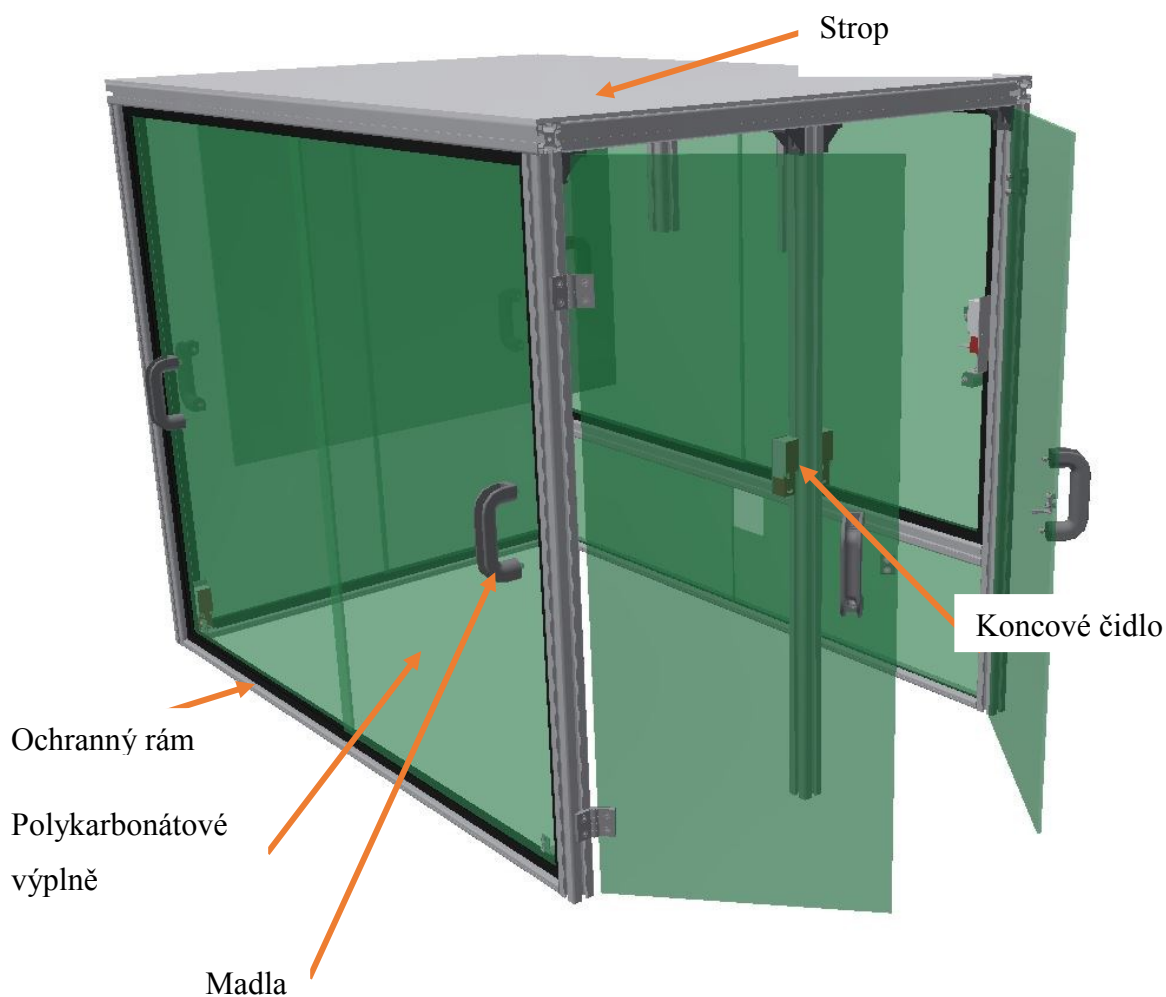
Veškeré výše popsané technologie jsou přišroubovány ke stolu Obr.37. Deska stolu je vyrobena z duralové lité desky a povrch je frézován. Duralová deska má dostatečnou tuhost a zároveň je lehčí než ocelová deska o stejných rozměrech. Deska je pak přišroubovaná k rámu stolu. Rám stolu je svařovaný z jeklů 50 x 50 x 3 mm. Na spodní straně jsou nohy stolu vybaveny závity pro montáž stavěcích nožek pro vyrovnání stolu. Na rám byla po svaření nanесena barva pro delší životnost a pro lepší vzhled. Spodní patro stolu je vybaveno deskou ze šedého lamina a slouží jako odkládací plocha pro dílčí prvky a hotové nebo špatné výrobky. K rámu jsou přišroubovány elektrorozvaděče a skříně s řídicí systémy. Dále je na rámu připevněna úpravná vzduchu a ovládací terminál pro řízení pneumatických prvků.



Obr. 36 Stůl stroje

## 7.9 Ochranný rám

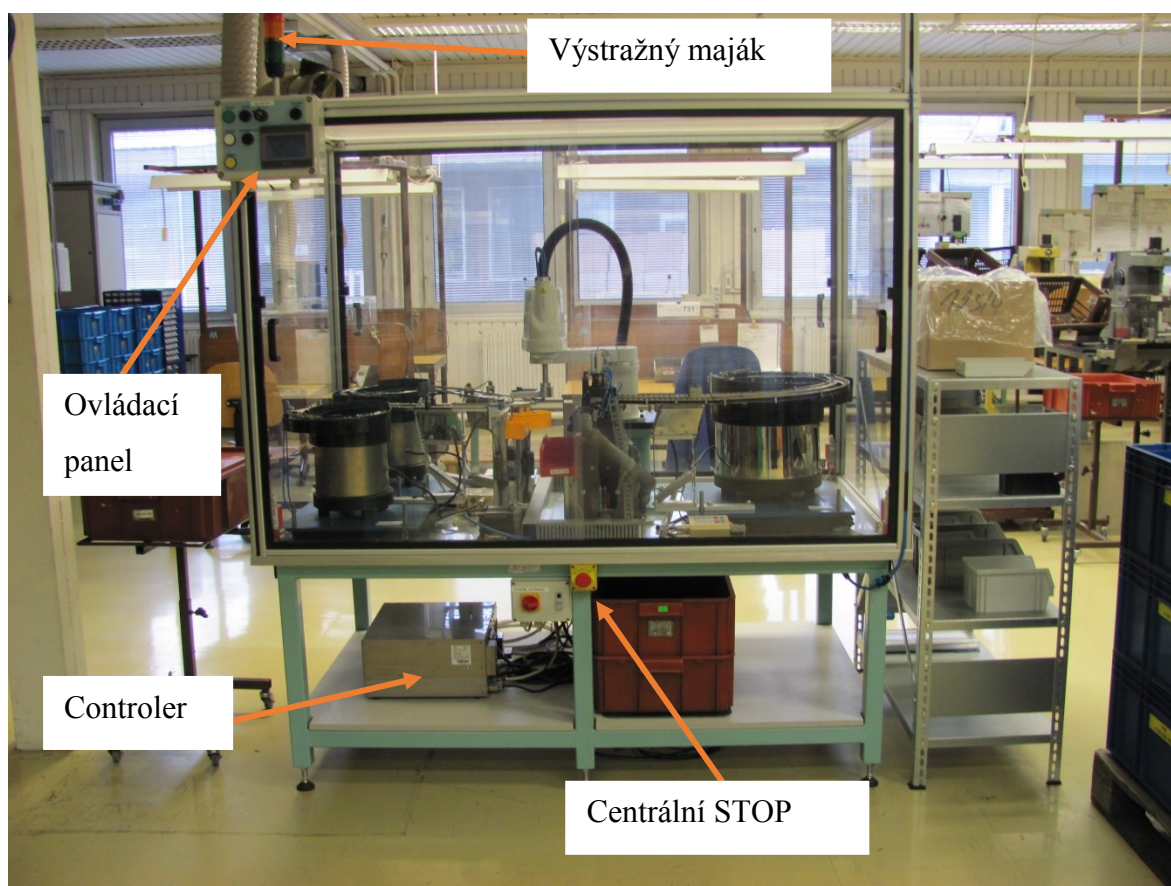
Ochranný rám Obr. 38 slouží k zamezení vniknutí obsluhy nebo kolem se pohybujících osob. Ochranný rám se skládá z pasivních a aktivních prvků. Pasivní prvky tvoří hlavní nosnou kostru ochrany. Jsou to duralové profily 40 x 40 mm které tvoří hlavní rám. Profily 40 x 16 mm pro vedení dveří na delších stranách. Dohromady tvoří profily kvádr kolem celé technologie. Obě delší boční stěny a zadní stěna jsou opatřeny posuvnými dveřmi z polykarbonátu, čelní stěna je pak vybavena křídlovými dveřmi. Strop je vyroben z polypropylenové desky jejíž obchodní název je Simona. Aktivní prvky jsou pak koncová čidla společnosti Emerson, která jsou upevněna na dveřích a vstupech do pracovního prostoru pomocí ocelových držáků. V případě neopatrného nebo i chtěného otevření dveří dojde k zastavení veškerých procesů uvnitř buňky a buňka přejde do režimu zastaveno. Pro opětovné spuštění je nutné zavřít všechny dveře, navolit uvolnění dveří a strat cyklu nebo pokračovat v cyklu.



Obr. 37 Ochranný rám

## 7.10 Celková sestava

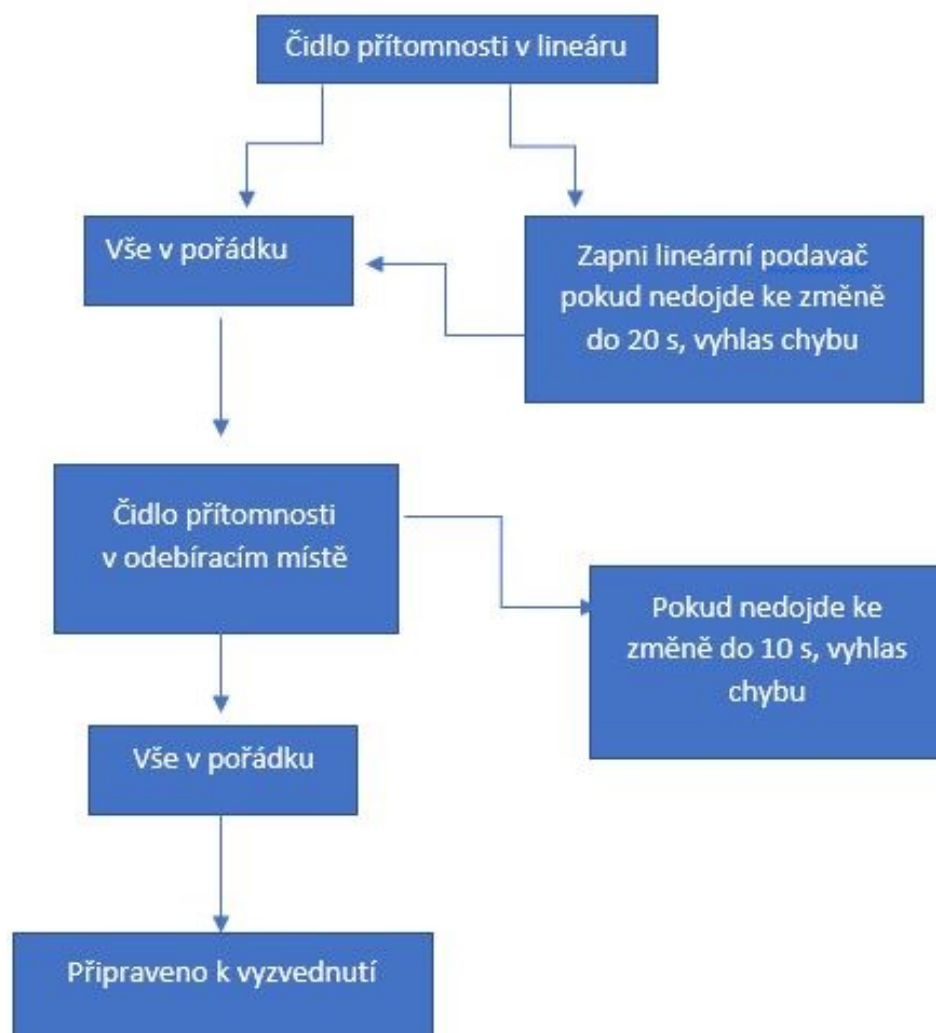
Buňka pro osazení desek plošného spoje Obr. 39. Buňka je tvořena z výše uvedených sestav. Dále je do celkové sestavy přidán elektrorozvaděč, krabice s řídicími prvky (PLC), ovládací panely, výstražný maják, tlačítka pro centrální zastavení stroje, úpravna vzduchu. Celá sestava je napájena z průmyslové sítě o napětí 400V. Stlačený vzduch je napojen na centrální rozvod vzduchu o tlaku 8 bar. Přívodní hadice je připojena na úpravnu vzduchu kde dojde k čištění vzduchu od kapalin a pevných částic, snížení tlaku na 6 bar a kontrole stálosti tlaku. V případě, že tlak je nižší nebo kolísá, stroj toto kolísání vyhodnotí jako chybu a dá znamení obsluze. Během testovacího provozu byla buňka vybavena od odsávání částí z DPS které zůstávaly v lisovacím karuselu. O odsávání se stará průmyslový vysavač značky Karcher.



Obr. 38 Celková sestava stroje

## 8 LOGICKÉ ZAPOJENÍ ČIDEL

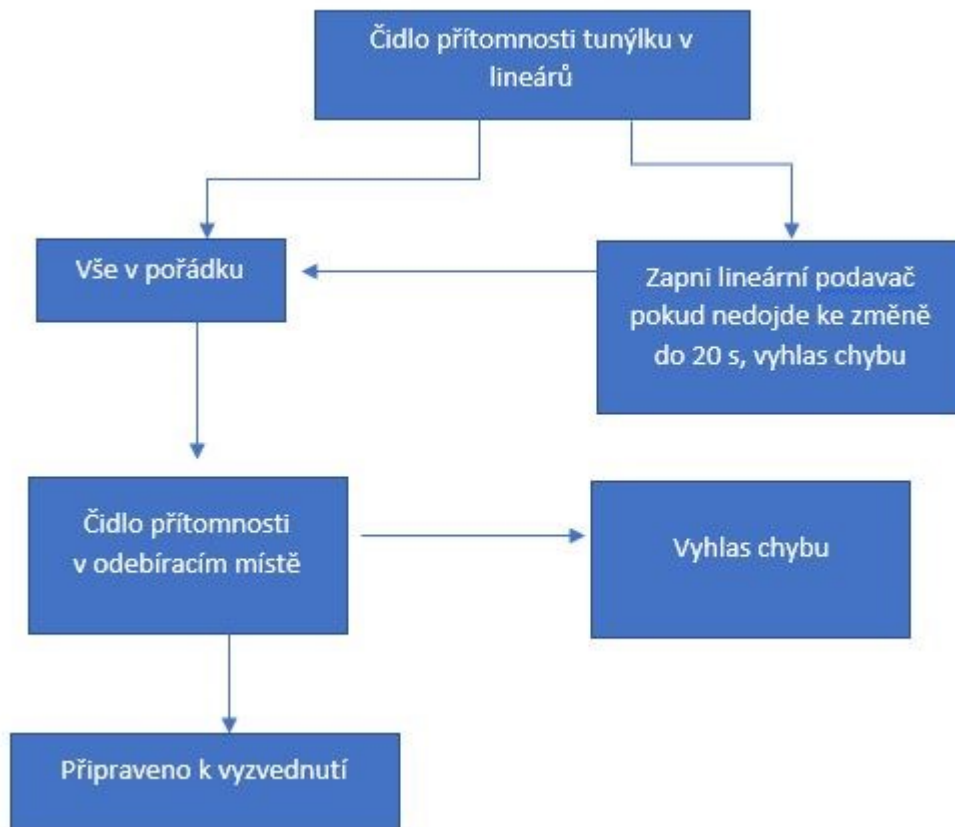
Logické schéma zapojení ukazuje základní myšlenkový pochod při řízení celého stroje. Na základě tohoto jednoduchého řízení následně dochází k tvorbě řídicího programu. Pro lepší pochopení a jednoduchost jsou schémata navržena formou odkazů s možnostmi náhradního řešení pro případ nesplnění požadovaného povelu. Hlavními prvky pro řízení jsou čidla a checkry, které upozorňují na přítomnost, polohu a natočení dílů. Čidla jsou zapojena jako vstupy a na základě těchto vstupů pak dochází k řízení celého stroje. V následujících obrázcích jsou uvedeny všechny hlavní sestavy.



Obr. 39 Schéma podavače nýtků

Na Obr. 40 je znázorněna chůza funkce čidel v lineárním podavači nýtků. Pokud je na všech čidlech logická 1, je vše v pořádku a celá stanice je do několika sekund připravena

k provozu. Následně je po dobrání nýtů robotem odběrné místo opětovně doplněno. V případě, že se v logickém obvodu objeví 0. Dojde k zastavení stroje a vyhlášené poruchy.



Obr. 40 Schéma podavače tunýlků

Obr. 41 znázorňuje logické schéma zapojení čidel v odbíracím místě tunýlků. Pokud zde všechna čidla mají logickou, je vše v pořádku a odbírací místo funguje správně. V případě výskytu logické 0. dojde k vyhašení chyby a následně musí obsluha poruchu odhalit a odstínit. Nejčastější chybou je nedojetí tunýlku na požadovaný senzor z důvodu deformace tunýlku při manipulaci před nasypáním do stroje nebo při dopravě.

Schéma podavače DPS na Obr. 42 funguje, tak by provoz buňky byl co nejdelší dobu bez zásahu obsluhy. V případě, že jsou při startu oba zásobníky plné dojde automaticky ke spuštění zásobníku číslo jedna. Po vyprázdnění prvního zásobníku, je čidlem zkontrolována přítomnost DPS v druhém zásobníku a zapne se dávkování ze zásobníku číslo 2. Po vyprázdnění druhého zásobníku proběhne opět kontrola zásobníku číslo 1. V případě, že je zásobník doplněn. Cyklus pokračuje stále dál. Pokud jsou oba zásobníky prázdné stroj vyhlásí chybu a obsluha musí doplnit zásobníky. Doplnění prázdného zásobníky během provozu je možné, pokud obsluha jde kolem a vidí, že zásobník číslo 1 je prázdný. Následně obsluha

pozastaví výrobní cyklus na ovládacím panelu a doplní prázdný zásobník. Poté opět cyklus spustí.



Obr. 41 Schéma podavače DPS

Schématu na obr 43. a obr 44 jsou proti předchozím jednodušší z důvodu využití kamerového checkru. Logicky jsou sice jednodušší, ale nastavení je složitější, protože pro správnou funkci je zapotřebí nahrát porovnávací sadu snímků. Tyto snímky jsou vedeny jako referenční a během výroby je pak každá DPS nebo každé uložení nýtků do hnízda porovnáváno s referenčními snímky. Jakékoliv odlišnost reálného snímku od referenčních je brána za chybu. Výroba je pak zastavena, buňka vyhlásí chybu a musí přijít obsluha. U schématu na obr.43, které je pro kontrolu DPS na dopravníku je uvedeno i vyhodnocení natočení DPS na dopravníku. Díky tomuto vyhodnocení je pak provedena korekce natočení chapadla robota tak, aby robot bral DPS z dopravníku vždy stejně. To je důležité pro následné předlisování budek do DPS. Dále tento checker kontroluje typ DPS, zda se jedná o pravý nebo levý typ, případně může být DPS otočena rubem vzhůru. V případě, že dojde k záměně typu dojde po časové prodlevě k vyhlášení chyby a zastavení stroje. Pokud se jedná o ojedinělé kusy, dopravník je odveze do NOK krabičky.

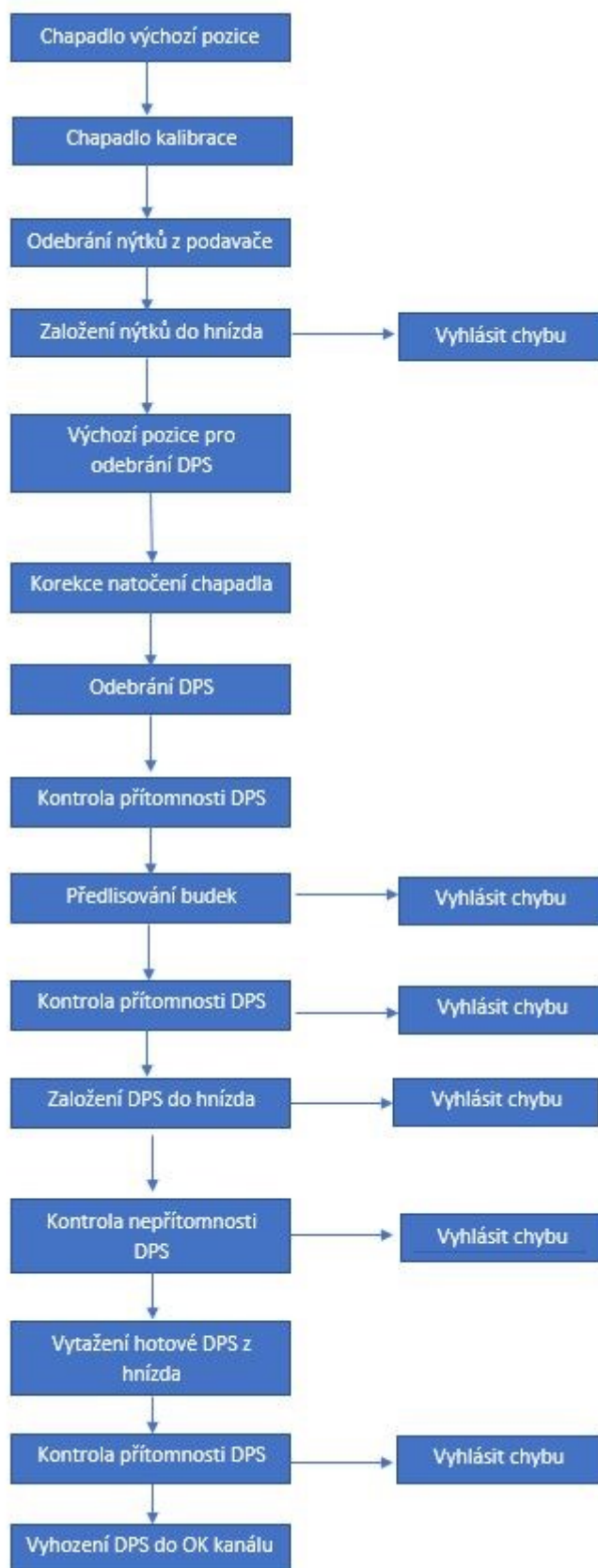


Obr. 42 Schéma přítomnosti DPS na dopravníku



Obr. 43 Schéma přítomnosti nýtků v lisovacím hnízdu

Obr. 45 znázorňuje logické schéma chapadla robota. Toto schéma popisuje jeden výrobní cyklus po spuštění stroje. Va následných cyklech nedochází k odjetí do výchozí pozice a kalibraci chapadla. K těmto dvou krokům může dojít po zavolání příkazu obsluhou, v případě, že během výroby dojde k nějakým závadám na chapadle. Oproti předešlým schémátům se dá říci, že chapadlo se na ně odkazuje nebo „komunikuje“. Robot, na kterém je chapadlo přimontováno se totiž vždy ptá daných zařízení, zda jsou připraveny pro danou akci. Například odebrání nýtků, nebo budek. V případě, že nějaký dotaz neproběhne správně dojde k vyhlášení chyby a závadu musí odstínit obsluha.



Obr. 44 Schéma pohybu chapadla



## 9 ŘÍZENÍ A PNEUMATICKÉ ZAPOJENÍ

Hlavním řídicím prvkem automatické buňky pro osazení desky plošného spoje je robot Epsol LS3 spolu hlavním kontrolérem RC90. Robot LS3 a kontrolér RC90 je využit jako master nebo kontrolér je hlavní řídicí prvek. Karusel a další dílčí stanice jsou řízeny pomocí PLC a komunikují s kontrolérem.

### 9.1 Řízení pomocí robota

Kontrolér RC90 je hlavní řídicí prvek pro automatickou montážní buňku. Kontrolér je v základním provedení a není vybaven rozšiřujícími moduly. V základu obsahuje 24 vstupů a 16 výstupů. Celý program je napsán v programu Epson RC 5.0. program využívá jazyku SPEL+. SPEL+ byl vyvinut společností EPSON jako jednoduchý, ale vysoce účinný programovací jazyk se kterým lze programovat jednoduché pohyby robota až po složité manipulační aplikace s více zařízeními. Na Obr. 46 je vidět část zdrojového kódu pro řízení chapadla pro průběh odebrání DPS z dopravníku. V první části po založení nýtků do karuselu dojde k sevření čelisti a odjezd od zakládací pozice. Následně proběhne kontrola, kde se čelist nachází a najede do výchozí pozice před odebráním DPS z dopravníku. Posléze dojde k odebrání DPS z dopravníku a kontrole, zda je DPS přítomna na chapadle pomocí světlovodného čidla. Pokud po odjetí není DPS na chapadle přítomná vyhlásí chybu. Pokud je vše v pořádku pokračuje proces do další operace na předlisování budek.

```
'funkce pro odebrání hotové DPS z karuselu a vyhodnocení odebrání a OK či NOK
Function Odeber
Integer Force_Limit

    On Celisti                'sevre celisti a odjizdi od zakladaci pozice
    Wait Sw(Celisti_sevreny)  'kontroluje, kde se nachazi, aby nenarazil
    Go Here :Z(-20)           'pri prejezdu do plexi
    If InsideBox(1) Then Go Nxt_mezibod CE
    If ST_Test = On Then Pause; ST_Test = 0
    Jump Kar_DPS_odb +Z(4) :U(-127) C4 'najede do pozice pred odebrani

' Snimej_Hnizdo = 1          'nastartuje sekvenci snimani cisteho hnizda

Wait Sw(Karusel_Zaaret)    '(zatim nevyuzivano)

Power Low                 'Jede pro DPS, po odjeti kontroluje pritomnost
    Go Kar_DPS_odb :U(-127) 'Pokud neni, vyhlasi chybu, jinak vyhazuje
Power High                'DPS na Linku, nebo do NOK, podle vyhodnoceni
Off Celisti               'paralelnim procesem Hlidej_OK
Wait Sw(Celisti_sevreny) = 0
Wait 0.45
If typ$ = "RHD" Then Wait 0.3
opakuji:

If Sw(Opto_Chapadlo) = 1 Then

    Kus_Prit = 1
Else
    Kus_Prit = 0
EndIf
```

Obr. 45 Zdrojový kód programu robota

## 9.2 Program pro řízení karuselu

Pro řízení pneumatických prvků je využito PLC řídicího modulu Siemens LOGO! Toto zařízení má v základu 4 vstupy a 4 výstupy. Protože základní počet vstupů a výstupů je nedostatečný je dále využit rozšiřovací modul s 8 výstupy a 8 vstupy. Pomocí vstupů a výstupů je řízeno chapadlo robota, oddělování nýtků, předlisování tunýlků do DPS, otáčení a aretace otočného stolu, lisování nýtků a tunýlků. Jednotlivé vstupy a výstupy jsou uvedeny v tabulkách 2 a 3. Při řízení probíhá komunikace mezi kontrolérem RC90, který je řídicí a PLC systémem. Komunikace je velmi jednoduchá a následující úkol vždy probíhá po splnění předešlé akce. Veškerá komunikace mezi oběma řídicími systémy je tedy 1 a 0, tedy splněno nesplněno. Na Obr. 47 je část řídicího protokolu pro PLC kde je naprogramována kontrola založení DPS do hnízda. Kontrola polohy a za aretování otočného stolu v případně splnění vstupů dojde ke splnění napsaných příkazů až po od aretování, otočení desky stolu, aretaci a lisování nýtků a budek. Během této operace robot přejíždí na polohu pro vytažení DPS z hnízda. Dále je pomocí PLC řízena kalibrace budek po slisování DPS a následné vyhození na OK skluzavku.

*Tabulka 2 Výstupy PLC*

Výstupy	Funkce
I1	Start (tlačítko)
I2	Přítomnost v karuselu
I3	Za aretováno
I4	Karusel poloha
I5	Válec ST_1 nahoře
I6	Válec ST_2 nahoře
I7	Průlet OK
I8	Signál průlet robota

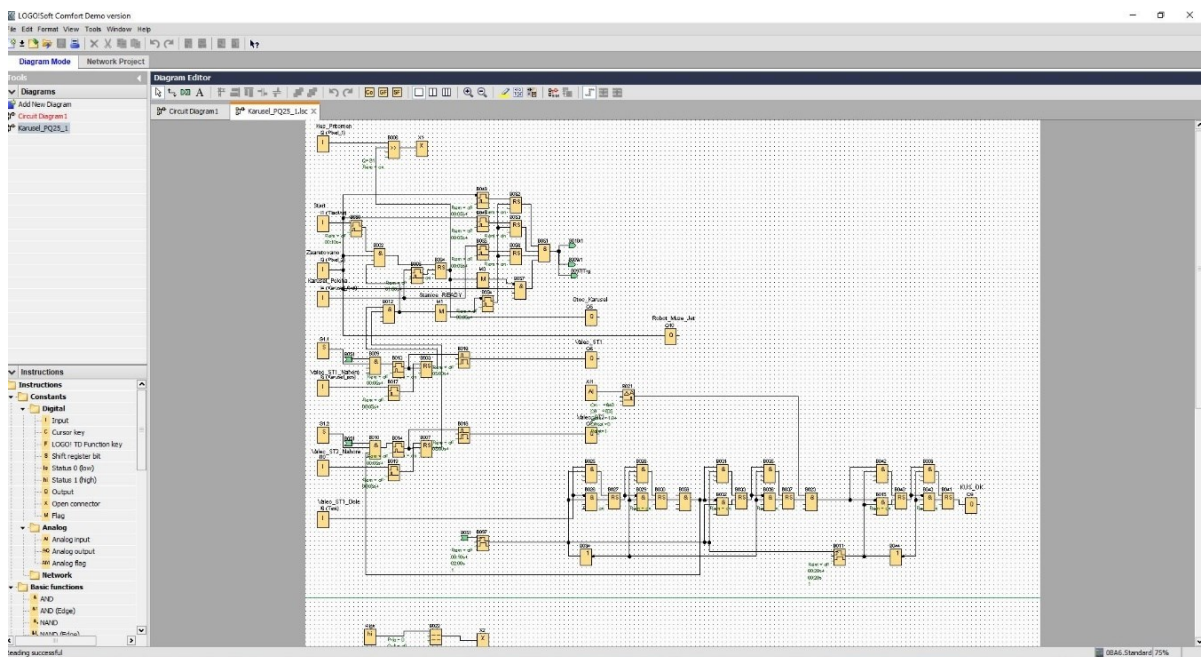
V Tabulce 4 jsou výstupy z PLC. Vstupy jsou vstupní data do PLC pomocí, kterých s PLC podle programu rozhodne vykonat naprogramovanou úlohu. I1 je start celého stoje a

naběhnutí systému. I2 je přítomnost nýtků a posléze i DPS v karuseli. I3 a I4 je vstup z otočného stolu, že se nachází v požadované pozici. I5 a I6 je zabezpečení, že lisovací válce se nacházejí v horní pozici. Tím je zajištěno, že nedojde k pootočení otočného stolu během lisování. I7 a I8 pak zajišťují, že DPS spoje zdárně opustila montážní buňku.

Tabulka 3 Vstupy PLC

Vstupy	Funkce
Q5	Otoč karusel
Q6	Robot může jet
Q7	Válec ST_1
Q8	Válec ST_2
Q9	Kus OK
Q10	Průlet OK
Q11	Run

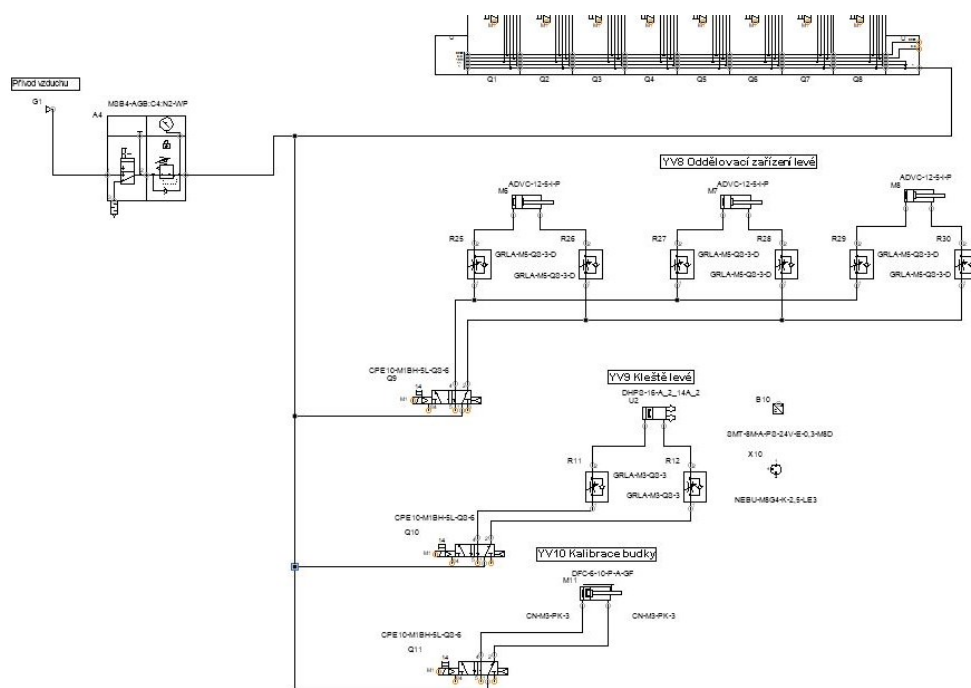
V Tabulce 3 jsou pak uvedeny výstup z PLC jedná se o jednotlivé příkazy o provedení požadovaného pohybu. Q5 otočení karuselu po dobrém založení a kontrole. Q6 je signál pro robota, že může pokračovat v cestě, Q7 a Q8 jsou signály pro lisovací válce. Q9 a Q10 zabezpečují kontrolu DPS po montáži. Q 11 je pak spuštění pohybu robota.



Obr. 46 Program pro řízení karuselu

### 9.3 Pneumatické zapojení

Schéma pneumatického zapojení bylo vytvořeno v programu Fluiddraw od společnosti Festo. Schéma obsahuje kompletní zapojení komponent a čidel k těmto pneumatickým zařízením. Na Obr. 48 je část schématu z nezorňující přívod vzduchu do úpravny vzduchu. Protože je vzduch upraven již před touto úpravnou vzduchu je úpravna na stroji zjednodušená a skládá se z manuálního ventilu a redukční ventilu. Dále je pak vzduch rozveden do ventilového terminálu s pozicemi válců YV0 až YV7 samostatně jsou pak ventily YV8, YV9, YV10, které jsou blíže uvedeny na obr. 48. Ventil YV8 slouží k ovládání podavače DPS na dopravník z levého podavače, tento ventil pracuje současně s ventilem YV9. Ventil YV9 slouží k sepnutí čelisti oddělovače zásobníku. Jako poslední ventil YV10 byl přidělán dodatečně pro kalibrační zařízení budek. Ventily YV8 až YV10 jsou řazeny samostatně z ekonomických důvodů. Ventilový terminál CPV 10 dosahuje průtoku vzduchu až 400 l/min a má pouze 8 ventilů. Tyto ventily jsou určeny pro hlavní mechanismy automatické buňky.



Obr. 47 Část schématu pneumatického zapojení

V Tabulce 4 je stručný přehled zapojení jednotlivých ventilů s příslušným odkazem na ovládání požadovaného pneumatického zařízení. Výkres celého pneumatického zapojení stroje je připojen v příloze.

*Tabulka 4 Rozpis funkce ventilů*

Označení	Funkce
YV0	Předlis budek
YV1	Chapadlo robota
YV2	Oddělování nýtků
YV3	Oddělovací zařízení pravé
YV4	Kleště pravé
YV5	Lisování budek
YV6	Lisování nýtků
YV7	Polohovací stůl
YV8	Oddělovací zařízení levé
YV9	Kleště levé
YV10	Kalibrace budky

Z výše uvedených tabulek popisu funkcí pneumatických ventilů a z tabulek logického byl vytvořen požadovaný program pro řízení montážní buňky. Následným spojením všech fyzických prvků a softwaru vznikl jedinečný stroj pro montáž DPS. Tento stroj je schopen samostatného řízení a vyhodnocení jednoduchých závad, případně jejich oprav. V případě složitějších poruch je přivolána obsluha a na displeji je zobrazeno místo nebo příčina závady. Poruchami se nemyslí poruchy zapojení systému nebo poruchy vzniklé neodbornou manipulací se strojem nebo jeho částmi. Poruchy, které je stroj schopen vyhodnotit se vztahují na materiál nebo na typy poruch vzniklé s přesunem materiálu.

## ZÁVĚR

Teoretická část této diplomové práce obsahuje stručný úvod do problematiky automatizace, vysvětlení základních principů. Dále seznamuje čtenáře se základním rozdělením robotů používaných v průmyslu. Další částí je přehled kamerových systému a čidel použitých nebo zvažovaných pro použití v praktické části diplomové práce. Poslední část je tvořena popisem základních automatických prvků řízení logického cyklu tak kinematického pohybu.

V praktické části je uvedeny návrhy automatické montážní buňky pro osazení desky plošného spoje za použití průmyslového robota. Nachází se zde rozbor jednotlivých konstrukčních uspořádání. Z rozboru bylo vybráno jedno nejvhodnější, a to následně realizováno. V jednotlivých podkapitolách jsou popsány jednotlivé sestavy jak z hlediska použitých materiálů, popis jejich funkce. Podkapitoly jsou doplněny i o poznatku z testovacího provozu a následným doladěním celého stroje a postup jejich smontování. Tak aby stroj splňoval požadované zadání. Jednotlivé kapitoly jsou řazeny podle výrobních cyklu, tak aby proces na sebe navazoval. Nedílnou součástí návrhu jsou logická schémata popisující jednotlivé logické obvody a zapojení. Schéma pneumatické zapojení vytvořené v programu Fluiddraw ukazuje skutečné zapojení celého stroje.

Přílohou k této diplomové práci je výkresová dokumentace hlavních sestav a pneumatické schéma. Veškerá výkresová dokumentace stroje byla vytvořena v programu AutoCAD Inventro za pomoci 3D modelace. Na základě této dokumentace pak byly vyrobeny všechny díly a následně sestaven navržený stroj. Pneumatické popisuje kompletní pneumatické zapojení stroje pro osazování plošných spojů.

Cílem bylo navržení stroje pro automatickou montáž DPS. Na základě návrhu a dokumentace vytvořené v praktické části došlo k výrobě stroje. Stroj byl následně smontován, zapojen, odzkoušen a uveden do provozu. V současné době stroj jede v třísměnném provozu s výrobní kapacitou 4 500 ks za den.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [13] Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-3628-7.
- [2] LinkedIn: Testing the Limits of an Industrial Robot's Security. LinkedIn [online]. 2017 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/testing-limits-industrial-robots-security-claire-horlent>
- [3] BENEŠ, Pavel. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-802-5137-475
- [4] SPÍRAL, Ludvík. Prvky řídicích systémů. Sešit č. 2, Logické řídicí systémy - verze 2.1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1998, 89 s. ISBN 8070823925
- [5] MAIXNER, Ladislav. Mechatronika: učebnice. Brno: Computer Press, 2006. Učebnice (Computer Press). ISBN isbn80-251-1299-3.
- [6] Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace. Brno: Computer Press, 2014. ISBN 978-80-251-4106-9.
- [7] LACKO, Branislav. Automatizace a automatizační technika. Praha: Computer Press, 2000. Všechny cesty k informacím. ISBN isbn80-7226-246-7.
- [8] Interní dokumenty firmy TNS SERVIS s. r. o. Slušovice..
- [9] *Cognex* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.cognex.com/>
- [11] ŠOLC, František. Robotika, modelování a řízení robotů: Robotics, modelling and control of robots : teze přednášky ke jmenování profesorem v oboru "Technická kybernetika". Brno: VUTIUM, 2004. ISBN isbn80-214-2618-7.
- [12] CHVÁLA, Břetislav, Robert MATIČKA a Jaroslav TALÁCKO. Průmyslové roboty a manipulátory. Praha: SNTL, 1990. ISBN isbn80-03-00361-x.
- [13] SMRČEK, Juraj. Robotika: metodika nasadzovania servisných robotov. Vydanie prvé. Košice: Technická univerzita v Košiciach, 2013. Edícia vedeckej a odbornej literatúry. ISBN isbn978-80-553-1523-2.
- [14] Festo. [https://www.festo.com/cms/cs\\_cz/index.htm](https://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm) [online]. [cit. 2018-04-24].
- [15] Sick [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/>

- [16] Balluff [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.balluff.com/local/cz/home/>
- [17] VOJÁČEK, Antonín. Bezkontaktní indukční snímače přiblížení. Automatizace [online]. 2014, 20.11.2014 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/komponenty-mereni-a-regulace/indukcni-snimace-priblizeni-obecnypopis.html>
- [18] Jork: Certifikovaný prodejce společnosti Siemens [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <http://www.jork.shop/kategorie/automatizacni-systemy/logicky-modul-logo/>
- [19] Vibratory feeders. RNA [online]. Birmingham, 2015 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://www.rnaautomation.com/products/feeding-and-handling/vibratory-feeders/>
- [20] ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace. Praha: BEN - technická literatura, 1999. ISBN isbn80-86056-58-9.
- [21] Třibodová chapadla. Festo [online]. 2015 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/products\\_010911](https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_010911)
- [22] KOPÁČEK, Jaroslav. Pneumatické mechanizmy. Dot. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 1998. ISBN isbn80-7078-306-0.
- [23] PIRES, J. Norberto. Industrial robots programming: building applications for the factories of the future. New York: Springer, c2007. ISBN isbn0-387-23325-3.
- [24] HAVLÍČEK, Daniel. Základní pojmy z automatizace [online]. 25.1.2015 [cit. 2018-01-15]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/zakladni-pojmy-z-automatizace-32-terminu-ktere-musite-znat/>
- [25] SKAŘUPA, Jiří. Průmyslové roboty a manipulátory [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008 [cit. 2018-04-30]. ISBN isbn978-80-248-1522-0.
- [26] KOLEKTIV AUTORŮ. Automatizace a automatizační technika 1. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2012, 217s. ISBN 978-80-251-3628-7.
- [27] MARTINEK, Radislav. Senzory v průmyslové praxi. 1. dotisk 1.vydání. Praha: BEN-technická literatura, 2008, 200s. ISBN 978-80-7300-114-4.



- [28] Hydraulika a pneumatika: Časopis pre hydrauliku, pneumatiku a automatizačnú techniku. Žilina: Hydropneutech s.r.o. ISSN issn1335-5171.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CAD    computeraided design

DPM    Direct Part Marking

DPS    Deska Plošného Spoje

FTP    File Transfer Protocol -

Gbit/s    Gigabite za sekundu

Mb/s    Megabite za sekundu.

mm    milimetr

MPa    Megapascal

nm    Nanometr.

PLC    Programmable Logic Controller

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1</i> Automatizovaná výrobní linka [2] .....	12
<i>Obr. 2</i> Šestiosý robot firmy EPSON [8] .....	15
<i>Obr.3</i> Inteligentní kamera [9] .....	18
<i>Obr. 4</i> Checkery firmy Cognex [9] .....	19
<i>Obr. 5</i> příklady označení 1D a 2D kódů [9] .....	20
<i>Obr. 6</i> Verifikátor při kontrole označení bloku motorů [9] .....	20
<i>Obr. 7</i> Konstrukce aktivní cívky [8] .....	22
<i>Obr. 8</i> Magnetický senzor Festo [14] .....	23
<i>Obr. 9</i> Princip činnosti jednocestné světelné závory [13] .....	24
<i>Obr. 10</i> Princip difuzního snímače a světelné závory [13] .....	24
<i>Obr. 11</i> Světlovod se zesilovačem [15] .....	25
<i>Obr. 12</i> Profinet IO – link Master [25] .....	27
<i>Obr. 13</i> PLC modul firmy SIEMENS [18] .....	29
<i>Obr. 14</i> Ukázka programovací prostředí [19] .....	30
<i>Obr. 15</i> Řez dvojčinným pneumatickým válcem [17] .....	32
<i>Obr. 16</i> Bez pístnicový pohon Festo DGC [14] .....	33
<i>Obr. 17</i> Tříbodové chapadlo Festo DHDS [14] .....	34
<i>Obr. 18</i> Stejnoseměrný motor s hladkou kotvou [1] .....	36
<i>Obr. 19</i> Řez prstencového elektromotoru [1] .....	37
<i>Obr. 20</i> Vibrační podavač [6] .....	38
<i>Obr. 21</i> Návrh uspořádání Buňka montážní linka .....	42
<i>Obr. 22</i> Návrh uspořádání montážní buňky .....	43
<i>Obr. 23</i> Výrobní cyklus .....	44
<i>Obr. 24</i> Chapadla .....	46
<i>Obr. 25</i> Detail čelisti .....	46
<i>Obr. 26</i> Podstavec pod robota .....	47
<i>Obr. 27</i> Oddělovač nýtů .....	48
<i>Obr. 28</i> Oddělovač budek .....	49
<i>Obr. 29</i> Oddělovač budek, zadní pohled .....	50
<i>Obr. 30</i> Zásobníky a podávací zařízení .....	51
<i>Obr. 31</i> Oddělovač DPS .....	52
<i>Obr. 32</i> Dopravník DPS .....	53

<i>Obr. 34</i> Pozice otočného stolu .....	54
<i>Obr. 35</i> Detail druhé a třetí pozice karuselu .....	55
<i>Obr. 36</i> Lisovací karusel .....	56
<i>Obr. 37</i> Stůl stroje .....	57
<i>Obr. 38</i> Ochranný rám .....	58
<i>Obr. 39</i> Celková sestava stroje .....	59
<i>Obr. 40</i> Schéma podavače nýtků .....	60
<i>Obr. 41</i> Schéma podavače tunýlků .....	61
<i>Obr. 42</i> Schéma podavače DPS .....	62
<i>Obr. 43</i> Schéma přítomnosti DPS na dopravníku .....	63
<i>Obr. 44</i> Schéma přítomnosti nýtků v lisovacím hnízdu .....	63
<i>Obr. 45</i> Schéma pohybu chapadla .....	64
<i>Obr. 46</i> Zdrojový kód programu robota .....	65
<i>Obr. 47</i> Program pro řízení karuselu .....	68
<i>Obr. 48</i> Část schématu pneumatického zapojení .....	68

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1 Zadaná data</i> .....	41
<i>Tabulka 2 Výstupy PLC</i> .....	66
<i>Tabulka 3 Vstupy PLC</i> .....	67
<i>Tabulka 4 Rozpis funkce ventilů</i> .....	69

**SEZNAM PŘÍLOH**

- P1 13PV16-000 Sestava montážní buňky
- P2 13PV16-002-000 Podavač nýtků
- P3 13PV16-002-001 Oddělovač nýtků
- P4 13PV16-003-000 Chapadlo robota
- P5 13PV16-004-000 Zásobník DPS s podavačem
- P6 13PV16-004-001 Zásobník sestava
- P7 13PV16-005-000 Dopravník
- P8 13PV16-006-000 Sestava oddělovače budek
- P9 13PV16-006-001 Oddělovač budek
- P10 13PV16-008-000 Lisovací karusel
- P11 13PV16-009-000 Sestava stolu
- P12 13PV16-010-000 Vyhazování
- P13 13PV16-011-000 Kryt stolu
- P14 13PV16-012-000 Kontrola DPS
- P15 13PV16 Automatické osazování DPS
- P16 Automatická buňka pro osazení desky plošného spoje zadní strana

**PŘÍLOHA P 16: AUTOMATICKÁ BUŇKA PRO OSAZENÍ DESKY  
PLOŠNÉHO SPOJE ZADNÍ STRANA**

