



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁVRH ŘÍDICÍHO SYSTÉMU STANDU PRO TESTOVÁNÍ  
ODMĚŘOVACÍCH SENZORŮ**

DESIGN OF CONTROL SYSTEM OF STAND FOR TESTING SENSORS OF DISPLACEMENTS

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Miroslav Lička

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Jan Vetiška, Ph.D.

BRNO 2017

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Student: **Miroslav Lička**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Vetiška, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## **Návrh řídicího systému standu pro testování odměřovacích senzorů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Programátorská práce pro PLC automaty. Součástí praktické části práce je propojení HW prostředků použitých na testovacím standu.

### **Cíle bakalářské práce:**

- rešerše odměřovacích systémů pro obráběcí stroje a prostředků automatizace testovacího standu,
- zkompletování HW testovacího standu,
- návrh sw testovacího standu.

### **Seznam literatury:**

MAREK, J. Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2. Praha: MM publishing, s.r.o., 2010. ISBN 978-8-254-7980-3.

ŠMEJKAL, L. a M. MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace 1: Základní pojmy, úvod do programování. BEN, 2002. ISBN 80-86056-58-9.

BOLTON, W. Programmable Logic Controllers. Oxford: Elsevier Newnes. 2006. ISBN-13: 978-0-75-6-8112-4

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem řídicího programu testovacího standu pro měření lineárních senzorů. Rešeršní část je zaměřena na senzory, které se dají použít u obráběcích strojů a na prostředky pro automatizaci. U praktické části je popsán hardware pro ovládání osy a navrhnout software pro řízení. Software je vytvořen v programu TwinCAT3. V závěru je popsána vizualizace a její ovládání.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis is covering deals design of the control program of the test stand for the measurement of linear sensors. The research section is focused on sensors which can be used on machine tools and on automation resources. By practise part is write about hardware for control axis and design software for control. Software is create in program TwinCAT3. In the end is describe visualization and control.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Lineární osa, lineární motor, odměřovací senzory, PLC, TwinCAT3

## **KEYWORDS**

Linear axis, linear motor, measuring sensor, PLC, TwinCAT3



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

LIČKA, M. *Návrh řídicího systému standu pro testování odměřovacích senzorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 51 s. Vedoucí bakalářské práce  
Ing. Jan Vetiška, Ph.D.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Vetiškovi, Ph.D za odborné rady a pomoc, kterou mi poskytl během zpracování mé práce. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za jejich podporu.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Vetišky, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 26.5.2017

.....

Lička Miroslav



# OBSAH

<b>1.</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY .....</b>	<b>17</b>
2.1	Hardware PLC .....	18
2.2	Software PLC .....	19
2.3	Programovací jazyk .....	20
2.3.1	Jazyk strukturovaného textu .....	20
2.3.2	Jazyk funkčních bloků .....	20
2.3.3	Jazyk reléových schémat .....	21
2.3.4	Jazyk seznamu instrukcí .....	21
<b>3.</b>	<b>ODMĚŘOVACÍ SENZORY .....</b>	<b>23</b>
3.1	Inkrementální senzor .....	23
3.2	Absolutní senzor .....	24
3.3	Optický senzor .....	24
3.4	Magnetický senzor .....	25
3.5	Laserový senzor .....	25
<b>4.</b>	<b>KONSTRUKCE TESTOVACÍHO STANDU .....</b>	<b>27</b>
4.1	Lineární motor .....	27
4.2	Servoměnič .....	28
4.3	Magnetický odměřovací systém (MES) .....	30
4.4	Optické odměřování .....	31
<b>5.</b>	<b>ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ .....</b>	<b>33</b>
5.1	Průmyslové PC .....	33
5.2	EtherCAT .....	34
5.3	Bus Coupler .....	34
<b>6.</b>	<b>NÁVRH ŘÍDÍCÍHO PROGRAMU .....</b>	<b>35</b>
6.1	Knihovna Tc2_Mc2 .....	35
6.1.1	Funkční blok MC_Power .....	35
6.1.2	Funkční blok MC_MoveRelative .....	36
6.1.3	Funkční blok MC_Jog .....	36
6.2	Nastavení vstupů .....	37
6.3	Hlavní část programu .....	38
6.4	Manuální režim .....	39
6.5	Automatický režim .....	39
6.6	Vizualizace .....	41
6.6.1	Vizualizace manuálního režimu .....	41
6.6.2	Vizualizace automatického režimu .....	42
<b>7.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>47</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK .....</b>	<b>49</b>
<b>10.</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>51</b>



# 1. ÚVOD

Neustálým technologickým vývojem se nároky ve výrobě zvyšují. Jsou kladeny větší požadavky na přesnost a rychlost výroby u obráběcích strojů, ale i na možnost automatizovat celý výrobní cyklus. Aby bylo dosaženo co největší přesnosti, je potřeba mít co nejpřesnější odměřovací systém, který bude pracovat s co nejmenší chybou měření. S tím souvisí hlavně přesnost senzorů, které mohou být ovlivňovány zvyšující se teplotou v okolí, ale i samotného senzoru. Prostředků pro automatizaci a jejich výrobců je v dnešní době poměrně hodně a neustále se rozvíjejí.

V dnešní době se vyrábějí linky, které jsou již plně automatizované. Jejich použití má za následek zrychlení celého výrobního cyklu s dosažením stejných výstupních parametrů pro celou sérii výroby. Tím se minimalizují chyby, které může způsobit člověk při obsluze stroje. Při použití manipulátorů se může minimalizovat množství zaměstnanců pro obsluhu stroje.

Cílem této práce je řešit odměřovacích senzorů pro obráběcí stroje a prostředků pro automatizaci. Dále je třeba vytvořit řídicí program, který bude schopen ovládat testovací zařízení s dostatečnou přesností pro potřebu provést ověření přesnosti senzorů.





## 2. PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelný automat (PLC) je nejpoužívanější prostředek pro automatizaci, který se využívá již zhruba 30 let. Stal se tak odezvou na vývoj mikroelektronické technologie, kdy docházelo k vytlačování centralizovaného zařízení. I přesto zůstal programátorský komfort v pozadí za řídicími počítači a minipočítači, ale vykazoval značné výhody. Mezi ně patří hlavně vysoká spolehlivost i v problémových podmínkách, rychlá realizace systému, odolnost a vnitřní diagnostika systému. Největší výhodou je asi možnost úpravy a rozšíření daného zařízení podle aktuálních požadavků, kdy se během realizace projektu vyskytnou jiné požadavky, než s kterými se na začátku počítalo. [1] [2]

Nejmenší a nejlevnější jsou mikro PLC systémy. Mají předem definovaný počet vstupů a výstupů obvykle jen binárních. Mikro PLC už není možné dodatečně rozšiřovat. Díky své ceně se řadí do kategorie „spotřebního materiálu“ a jejich použití je pro jednoduché mechanismy. Oproti tomu kompaktní PLC nabízejí možnost k základnímu modulu připojit několik přídatných modulů s pevnou kombinací binárních případně analogových vstupů a výstupů. Modulární PLC umožňují větší volnost při rozšiřování. Jednotlivé moduly mohou být připojeny i na větší vzdálenosti až několik stovek metrů. [1]

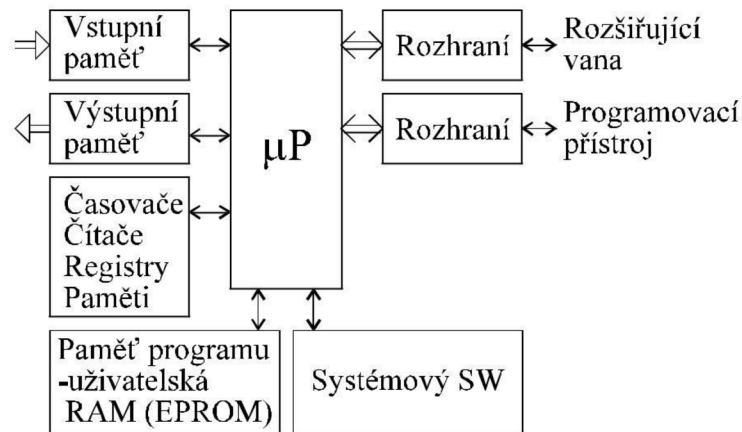


Obr. 1) Programovací relé od firmy TECO [5]

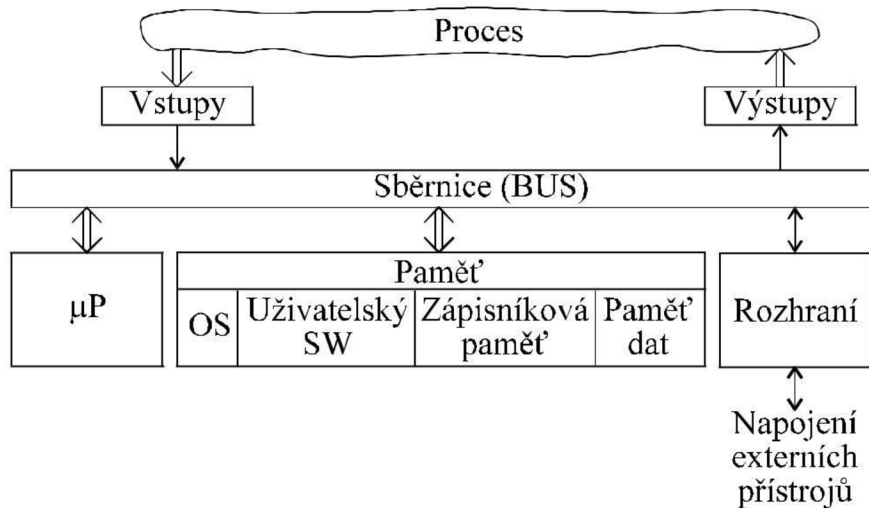
Výrobci PLC postupně přibývá ale mezi nejznámějšími společnostmi na trhu je Německá firma Siemens, Japonské společnosti Omron a Mitsubishi a v USA je to společnost Rockwell automation. Českým výrobcem PLC zařízení je společnost TECO.

## 2.1 Hardware PLC

Na každý PLC systém jsou kladeny určité požadavky. Základním požadavkem je soběstačnost. To znamená, že je potřeba, aby PLC systém byl schopen nějaké základní práce. Pro tyto účely je vybaven alespoň jednou řídicí jednotkou, která vykonává uložený program a zpracovává signály. Dále taky musí být vybaven vstupy a výstupy. Pro rozsáhlejší použití je třeba, aby bylo možné základní řešení rozšířit o přídatné moduly. Přídatné moduly mohou obsahovat další vstupy nebo výstupy v digitální či analogové formě nebo třeba jednotky pro řízení motorů. [1]



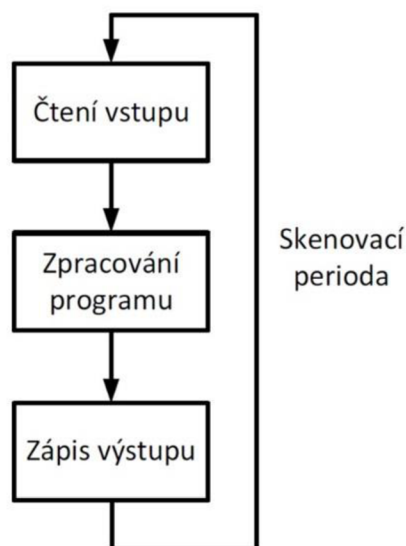
Obr. 2) Blokové schéma malého PLC [1]



Obr. 3) Blokové schéma modulární PLC [1]

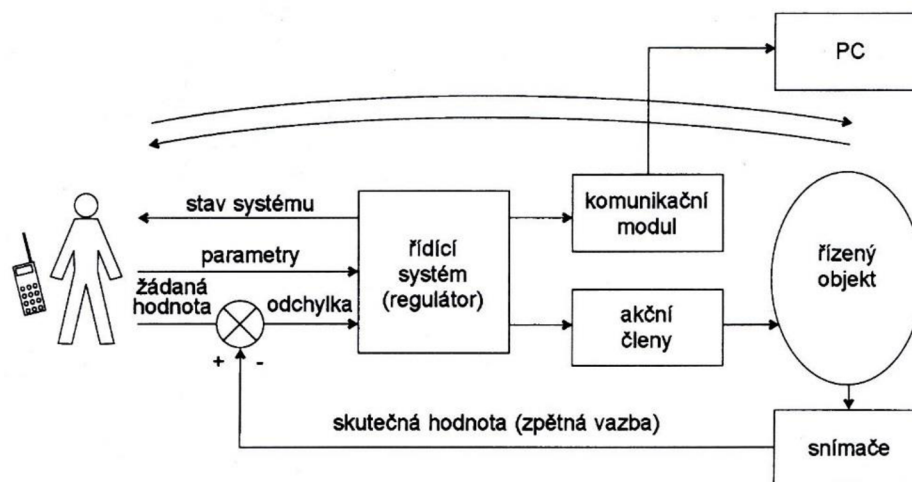
## 2.2 Software PLC

Pro řízení PLC je třeba specializovaný software, který je daný pro konkrétní řídicí jednotku a je schopný komunikovat i se zařízením od jiných výrobců. Program většinou pracuje v tzv. cyklickém režimu v programové smyčce, což znamená, že program se vrátí po dokončení programu na začátek a provádí se znovu. Skenovací perioda na začátku přečte vstupy, poté je program zpracovává a zapíše do výstupů. Hodnoty jsou ukládány do registrů a jsou aktualizovány jednou za skenovací periodu. [2]



Obr. 4) Cyklický režim programu [2]

PLC může být řízeno přímo nebo zpětnovazebně. U použití přímého řízení se program vykonává tak, jak je napsaný bez ohledu na jakýkoliv průběh. V případně zpětnovazebného řízení poskytuje zařízení zpětnou vazbu s aktuálními informacemi o skutečném stavu. K tomu slouží nejrůznější senzory, které jsou připojeny do zpětné vazby a řídicí systém tak může udělit akční zásah do programu. [1, 2]



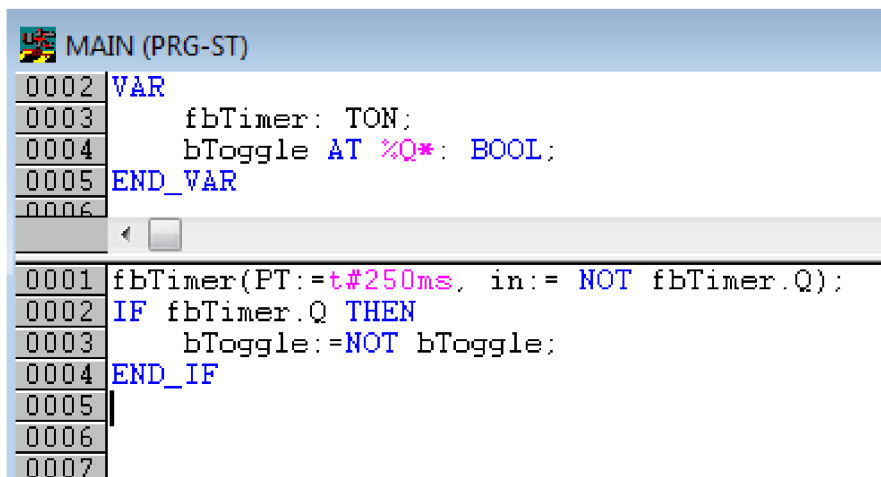
Obr. 5) Zpětnovazebné řízení [1]

## 2.3 Programovací jazyk

K programování PLC se používají specializované programovací jazyky, které sjednocuje mezinárodní norma IEC 1131-3. Každý výrobce zařízení používá svůj programovací jazyk. Ty jsou ale podobné jiným programovacím jazykům od jiných výrobců, ale přenositelnost PLC programů mezi zařízeními pracujícími s jiným programovacím jazykem bez úpravy není možná. Pro programování je možné použít grafické nebo textové programování. [1]

### 2.3.1 Jazyk strukturovaného textu

Jedná se o programovací jazyk, který vychází z programovacího jazyka Pascal nebo C, a proto se jim svou syntaxí velice podobá. Je to ideální jazyk pro klasické programy, kdy se zápis píše v posloupnostech, v jakých se budou příkazy provádět. Jeho využití je ideální hlavně při práci s daty a databázemi, ale taky pro práci s analogovými signály. Výhodou tohoto programovacího jazyka je jeho jednoduchost, kdy pomocí několika příkazů jde naprogramovat i poměrně složité operace. Programování se provádí poměrně rychle a snadno. Nevýhodou je nutnost znát veškeré příkazy, posloupnost zápisu a přehlednost operací. [3]

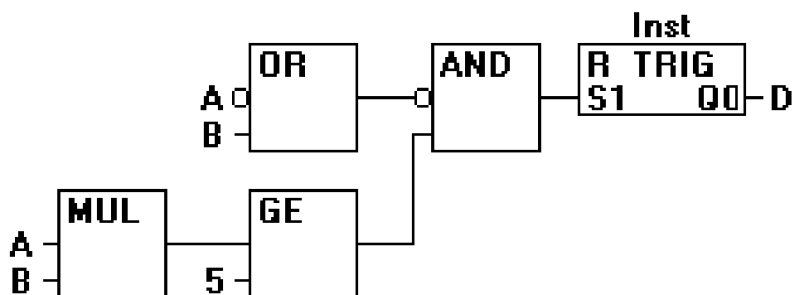


```
MAIN (PRG-ST)
0002 VAR
0003     fbTimer: TON;
0004     bToggle AT %Q*: BOOL;
0005 END_VAR
0006
0001 fbTimer(PT:=t#250ms, in:= NOT fbTimer.Q);
0002 IF fbTimer.Q THEN
0003     bToggle:=NOT bToggle;
0004 END_IF
0005
0006
0007
```

Obr. 6) Jazyk strukturovaného textu [4]

### 2.3.2 Jazyk funkčních bloků

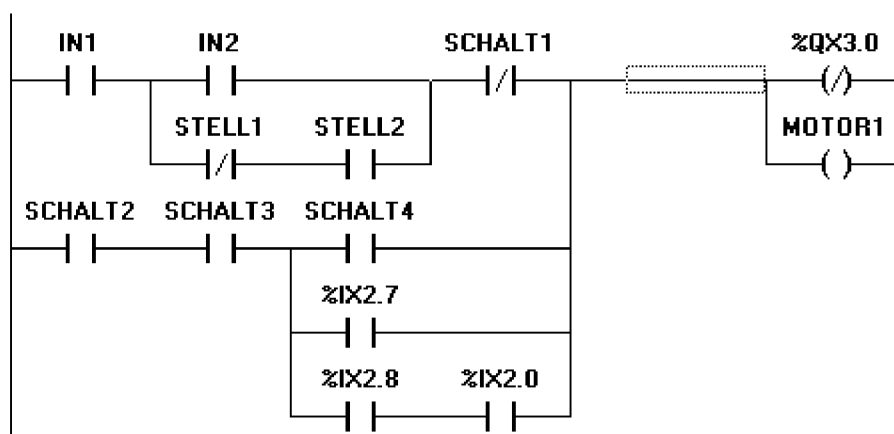
Jedná se o grafický programovací jazyk, který základní logické operace popisuje obdélníkovými značkami. Každá značka má definovanou funkci jako je např. čítače, časovače a jiné logické operace. Zápis programu ve funkčních blocích je přehlednější než zápis ve strukturovaném textu. Jeho využití je dobré pro zpracování většího počtu logických signálů. Nevýhoda tohoto jazyka je při práci s analogovými signály. [3]



Obr. 7) Jazyk funkčních bloků [4]

### 2.3.3 Jazyk reléových schémat

Jedná se taktéž o grafický programovací jazyk, kdy se program se základními logickými operacemi zobrazuje ve formě pro kreslení. Velkou výhodou tohoto programování je jeho přehlednost a jasně definovaná posloupnost programu, ale i rychlost vytváření programu. Jako nevýhodu může být jeho nepochopení od některých programátorů ale i zhoršující se přehlednost při velkých operacích. [3]



Obr. 8) Jazyk reléových schémat [4]

### 2.3.4 Jazyk seznamu instrukcí

Je to textový programovací jazyk, který se podobá assembleru. Program se skládá z posloupností operací tak, jak na sebe mají navazovat. Výhodou tohoto programování je výborný přehled v programu při malých aplikacích a jeho nenáročnost na výpočetní výkon. U velkých programu se z něj stává nepřehledný zápis a jeho zápis se stává zdlouhavým.

```

1 | PROGRAM IL
2 | VAR
3 |     inst1: TON;
4 |     dwVar: DWORD;
5 |     dwRes: DWORD;
6 |     t1: TIME;
7 |     tout1: TIME;
8 |     inst2: TON;
9 |     bVar: BOOL;
10| END_VAR

```

---

```

1 |
2 |

```

LD	bVar		variable
ST	inst1.IN		starts timer with risin...
JMPC	m1		
CAL	inst1(		
	PT:=t1,		
	ET:=>tout1)		
LD	inst1.Q		is TRUE, PT seconds aft...
ST	inst2.IN		starts timer with risin...

```

2 |

```

m1:			
LD	dwVar		
ADD	230		
ST	dwRes		

Obr. 9) Jazyk seznamu instrukcí [4]

### 3. ODMĚŘOVACÍ SENZORY

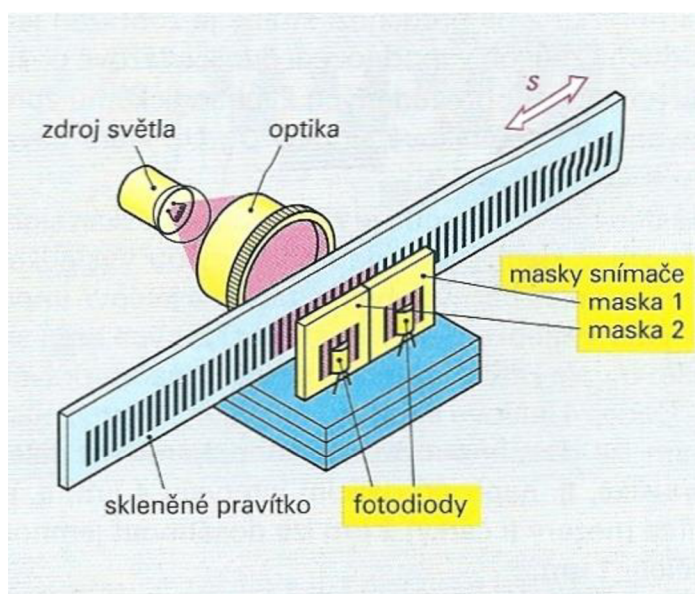
Odměřovací senzory nebo také snímače polohy bývají součástí posuvových soustav u obráběcích strojů a u strojů, kde je třeba zaručit velkou přesnost polohování. Významně se podílejí na kvalitě a přesnosti polohování stroje. Základním parametrem pro délkové snímání je inkrement. Inkrement je minimální délka, jakou lze daným snímačem rozpoznat. Výstupem ze senzoru je sinusový nebo čtvercový signál fázově posunutý o  $90^\circ$ , který udává zpětnovazebnou informaci řídicímu systému o aktuální poloze. [7]

Podle druhu pohybu se polohové snímače dělí na přímé a nepřímé. Pro přímé odměřování se používají lineární snímače, které snímají skutečnou polohu pohybující části stroje. Pravítko je spojeno s pohybující se částí a poloha je snímána vzhledem k snímací hlavě. Pro nepřímé odměřování se využívají rotační snímače polohy. Snímač může být připojen na hřídel kuličkového šroubu nebo servomotoru. Polohové senzory dále rozlišujeme podle způsobu informace o poloze na inkrementální senzory a absolutní senzory. [7]

#### 3.1 Inkrementální senzor

Inkrementální nebo taky přírůstkový je typický senzor používaný pro zpětnovazebné řízení polohy, rychlosti a zrychlení. Princip činnosti spočívá v otáčení se disku nebo posuvu lineárního pravítka mezi led diodou a fototranzistorem. Po určitých, přesně definovaných rozestupech rysky se střídají průhledné a neprůhledné plochy, kterými prochází světlo. Do cesty světelnému paprsku je umístěna ještě maska se stejnou roztečí rysek, jako je na disku nebo pravítku. Intenzita světelného toku se snímá jak z pravítka, tak z masky a mění se v závislosti na poloze. Výsledné signály mají proto sinusový průběh s fázovým posuvem  $180^\circ$  což umožňuje určit směr pohybu. [7]

Nevýhodou inkrementálních senzorů je, že nemají informace o aktuální poloze po výpadku elektrické energie. Proto je třeba, po zapnutí stroje najet do referenčních bodů a určit tak počátek, odkud se bude vzdálenost určovat. [7]



Obr. 10) Inkrementální lineární senzor [6]

### 3.2 Absolutní senzor

Tento typ senzoru pracuje na stejném principu jako inkrementální senzor. Má komplikovanější kódování než inkrementální a je potřeba, aby bylo obsaženo více snímacích prvků. Na pravítku jsou navíc rysky, které udávají informaci o vzdálenosti od počátku souřadného systému i po výpadku elektrické energie. Proto není třeba najíždět do referenčních bodů ale i po zapnutí víme, v jaké vzdálenosti se zrovna zařízení nachází. [7]

### 3.3 Optický senzor

Základem optického senzoru je světelný paprsek, který prochází přes stupnici na měřítku nebo se od ní odráží a poté přes masku se stupnicí dopadá na fotodetektory, které vygenerují elektrický signál. Protože v masce jsou otvory od sebe fázově posunuty tak vzniká při pohybu pravítka dvojice signálů podobné sinusovce, které jsou od sebe vzájemně fázově posunuty o  $90^\circ$  s pravidelnou periodou. Ze signálu můžeme zjistit směr pohybu a ujetou dráhu. Aby mohla být zjištěna co nejpřesněji poloha, často se výstupní signál ještě zpracovává pomocí interpolace, čímž se docílí lepšího rozlišení. Stupnice může být vytvořena na skleněném nebo kovovém jádře. Nevýhodou optických senzorů je, že se díky teplotním roztažnostem se mění absolutní vzdálenost stupnice. Vhodnou montáží je možné chybu ovlivnit. Další chybou může být nerovnoměrnost dělení stupnice, která má spíše místní vliv na změnu polohy rysek. Použití optických senzorů je vhodné tam, kde je třeba snímat polohu s rozlišením až 1 nm za pomoci interpolátoru. Přesnost senzorů dosahuje hodnoty  $\pm 2 \mu\text{m}$ . Příkladem použití mohou být měřicí stroje nebo obráběcí stroje. Délka stupnice optického senzoru je možno přizpůsobit měřené ose a mohou dosahovat až několik desítek metrů. [8]

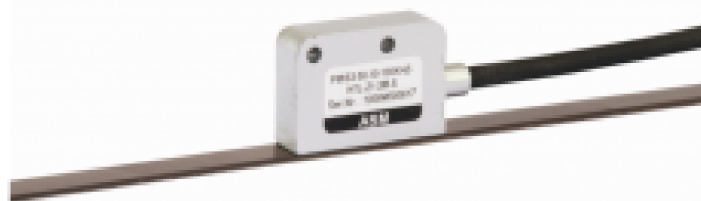


Obr. 11) Optický lineární senzor od výrobce HEIDENHAIN [9]



### 3.4 Magnetický senzor

Princip magnetického senzoru je založen na snímání změny polarity magnetického pole permanentního magnetu pomocí Hallového senzoru. K měření se používá dlouhý magnetický pásek, který může mít i několik desítek metrů a je umístěný na rovnou plochu podél pohybujícího se objektu. Na pohybující se objekt je umístěný magnetický snímač, který obsahuje i Hallův senzor. Magnetický pásek je permanentní magnet, kde se pravidelně střídají jižní a severní póly. Při snímání se proto generuje střídavý impulzní nebo analogový elektrický signál. Přesnost měření u tohoto senzoru je až  $\pm 10 \mu\text{m}$  s rozlišovací schopností senzoru až  $1 \mu\text{m}$ . [10]



Obr. 12) Magnetický lineární senzor [11]

### 3.5 Laserový senzor

Princip měření laserovým senzorem je založen na měření doby letu pulzu světelného paprsku, který se vyšle z vysílače. Následně se odrazí o měřený objekt a vrací se do optického přijímače. Puls se vždycky vyšle v krátkých impulzech, který má většinou délku  $5\text{ns}$ . Tím se umožní častější opakování měření, to má za následek, že se měřený objekt může pohybovat větší rychlostí. Nepřesnost s rostoucí vzdáleností se zvětšuje, proto se používá jen pro aplikace, kde není potřeba tak velká přesnost nebo pro měření na malé vzdálenosti. [12]

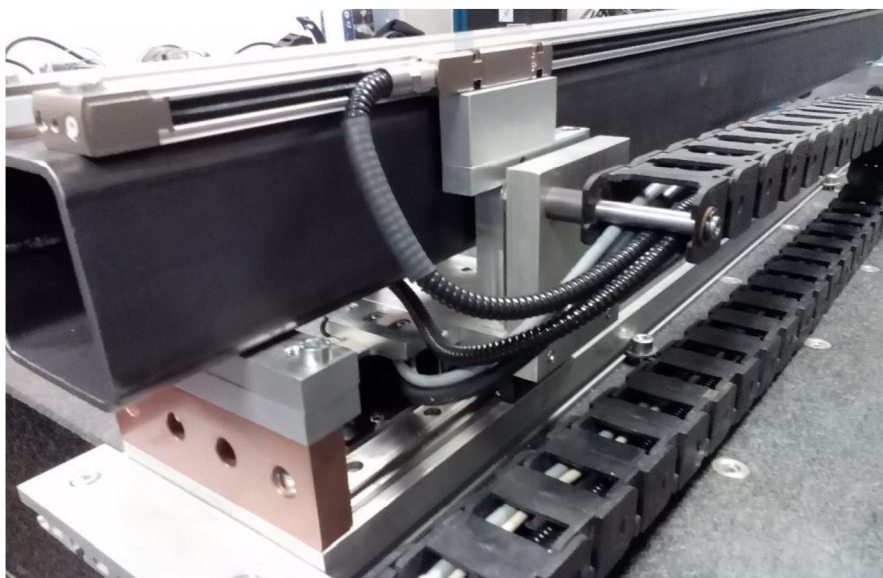


Obr. 13) Laserový senzor [12]



## 4. KONSTRUKCE TESTOVACÍHO STANDU

V konstrukci testovacího zařízení se vycházelo z již konstrukčně hotového zařízení, které bylo k tomuto účelu k dispozici. Zařízení se dále rozšířilo o několik málo komponent pro účely zjištění přesnosti měřících senzorů. Testovací zařízení obsahuje lineární motor, který uvádí do pohybu pojezdovou část. Pro vedení pojezdové části je zde dvojice lineárních vedení. Zpětná vazba je zde zajištěna pomocí magnetického odměřovacího systému, který je připevněn k motoru. Aby nedošlo ke kolizi, je testovací zařízení osazeno na každé straně indukčním čidlem. Na jedné straně je navíc indukční čidlo, které se používá při referování. Energetický řetěz je zde použit pro vedení kabelů od motoru a odměřovacích senzorů.



*Obr. 14) Konstrukce testovacího zařízení*

### 4.1 Lineární motor

Testovací zařízení je osazeno lineárním motorem od firmy Beckhoof typové označení na štítku motoru je AL2403-0001-0000 FLEX. Je to trojfázový synchronní lineární servomotor, který je tvořen primárním a sekundárním dílem.

Primární díl je pohyblivý a tvoří jej soustava cívek. Jednotlivé cívky obsahují drážkové jádro s měděným vinutím. Cívky splňují ochranou třídu IP 64 a proto je možné jej použít i v agresivním prostředí. Šířka verze AL2403 je stejná, jako šířka verze AL2406 a AL2412. Díky tomu mohou být použity stejné magnetické desky. Verze AL2403 neobsahuje vodní chlazení motoru, teplo je odváděno z motoru pouze vzduchem. O zjištění teploty se stará dvojice teplotních senzorů PTC-1k a KTY21-6. Snímač PTC vykazuje prudký nárůst odporů, pokud se teplota blíží ke kritickým hodnotám. KTY snímač má stabilní a mírný teplotní koeficient kdy je schopen měřit i vysoké teploty. [4]

Sekundární díl je díl nepohyblivý a je tvořen ocelovou deskou, ke které jsou připevněny permanentní magnety. Vyrábějí se ve třech délkových provedeních, kdy se mohou za sebe skládat a získat tak požadovanou délku. [4]



Obr. 15) Lineární motor [4]

Tab 1) Parametry lineárního motoru AL 2403 [4]

Vrcholová síla	105 N
Vrcholový proud	4,1 A
Kontinuální síla s chlazením vzduchem	60 N
Kontinuální proud	1,5 A
Napájecí konstanta	39 N/A
Motorová konstanta	95 N <sup>2</sup> /W
Magnetická přitažlivá síla	300 N
Rozteč magnetů	24 mm
Šířka	51 mm
Výška	40 mm
Délka	93 mm

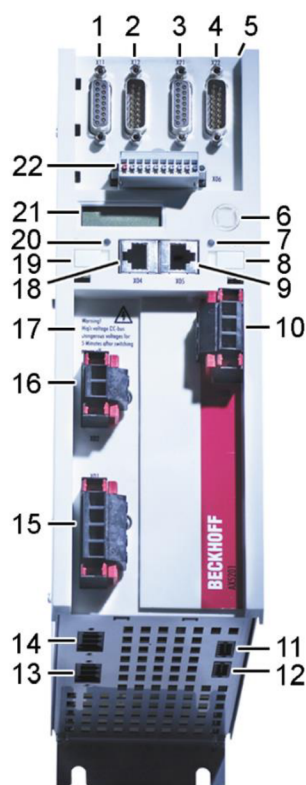
## 4.2 Servoměnič

Pro řízení lineárního motoru je použit servoměnič od společnosti Beckhoff s označením AX5103-0000-0011. Jedná se o jednobanálový servopohon ze série AX5100, které jsou optimalizovány z hlediska funkčnosti, nákladů a účinnosti a vyvinuty speciálně pro ethernetový systém EtherCAT. EtherCAT umožňuje spojení s dalšími servoměniči. Série AX5100 mají integrovanou technologii vysokorychlostního řízení s řídicím cyklem až 62,5  $\mu$ s. Podporují rychlé a vysoce dynamické určování polohy. K servoměniči mohou být připojeny motory nejrůznějších velikostí a typů. K servoměniči je připojen enkodér, který udává zpětnou vazbu. Dále jsou připojeny koncové snímače, které v případě sepnutí vypnou pohon a dojde k zastavení lineárního motoru. [4]

Pro zjištění polohy z odměřovacích pravítek je použit další servoměnič taky od společnosti Beckhoff ale s označením AX5203-0000-0200. Jedná se o servoměnič, který má oproti AX5103 dva kanály a může tak ovládat dva motory pomocí jednoho servoměniče. Pro účely měření je servoměnič použit pouze pro připojení zpětné vazby a zjištění tak aktuální polohy senzorů. Parametry jsou skoro totožné, jen některé hodnoty se mohou nepatrně lišit. [4]

Tab 2) *Parametry servoměniče AX5103 [4]*

Jmenovitý výstupní proud	3 A
Maximální výstupní proud	7,5 A
Maximální výstupní stejnosměrné napětí	875 V DC
Jmenovité napájecí napětí jedné fáze	100-240 V AC
Jmenovité napájecí napětí tři fáze	100-480 V AC
Ztráta výkonu	50 W
Maximální brzdový výkon	14kW
Vstupní frekvence	50/60 Hz
Výstupní frekvence	1-1000 Hz
Váha	4 kg
Šířka	92 mm
Výška	274 mm
Délka	232 mm



Obr. 16) *Dvoukanálový servoměnič [4]; 1 - Zpětná vazba – enkodér; 2 – Zpětná vazba – resolver; 3 – Zpětná vazba enkodér kanál B; 4 – Zpětná vazba – resolver kanál B; 5 – Volitelný slot pro bezpečnostní kartu; 6 – Navigační tlačítko 7 – LED kontrolka; 8 – Označovací pole; 9 – EtherCAT výstup; 10 – Napájení 24 V DC vstup; 11- Snímač teploty motoru a brzdy; 12 – Snímač teploty motoru a brzdy kanál B; 13 – Připojení motoru kanál B; 14 – Připojení motoru; 15 – Napájení 100 – 480 V; 16 – DC výstup; 17 – Varování; 18 – EtherCAT vstup; 19 – Označovací pole; 20 – Led kontrolka; 21 -Displej; 22 – konektor pro digitální vstupy a výstupy*

### 4.3 Magnetický odměřovací systém (MES)

Magnetický odměřovací systém typové označení AL2200-000 od společnosti Beckhoff poskytuje zpětnovazební signál pro lineární motory řady AL2xxx. Dosažená přesnost se pohybuje kolem  $\pm 0,1\text{ mm}$  což postačuje pro základní určování polohy. Umístění čtecí hlavy je přímo na lineárním motoru. Tento systém nepotřebuje žádnou další magnetickou stupnici. Jako magnetická stupnice jsou používány magnetické desky lineárního motoru. Při pohybu dochází k detekci magnetického pole pomocí Hallova snímače umístěného v čtecí hlavě a tím generování signálu z magnetických desek. Výstupní signál je analogový a je přiveden do servoměniče. [4]



Obr. 17) Magnetický odměřovací systém (MES) [4]

Tab 3) Parametry MES [4]

Rozteč stupnice	24 mm
Rozlišení	5–10 $\mu\text{m}$
Opakovatelnost	< 50 $\mu\text{m}$
Přesnost	< 100 $\mu\text{m}$
Napájení	5 V <sub>DC</sub>
Výška	31,25 mm
Šířka	42,5 mm
Délka	55 mm

## 4.4 Optické odměřování

Další senzory, které jsou osazeny na testovacím zařízení jsou optické senzory od společnosti HEIDENHAIN. Jedná se o dva zapouzdřené lineární snímače. Jsou výhodné z důvodu zamezení vniku prachu, vody nebo jiných nečistot, a proto jsou vhodné pro obráběcí stroje. Pro testování byly zvoleny senzory typové označení LF 485 a LS487. Jedná se o inkrementální lineární senzory s výstupním analogovým signálem v sinus-kosinus formě. V případě užití senzoru v uzavřených obráběcích centrech může dojít vlivem teplotního rozdílu mezi obrobkem a senzorem k nepřesnostem. Proto se doporučuje, aby senzor měl podobnou teplotu jako má obrobek.

U verze LF485 se jedná o lineární senzor s ocelovým měřítkem a délkou měření 1220 mm. Verze LS487 je lineární senzor se skleněným měřítkem a délkou měření 1240 mm.



Obr. 18) Optický lineární senzor [9]

Tab 4) Parametry LF485 a LS487 [9]

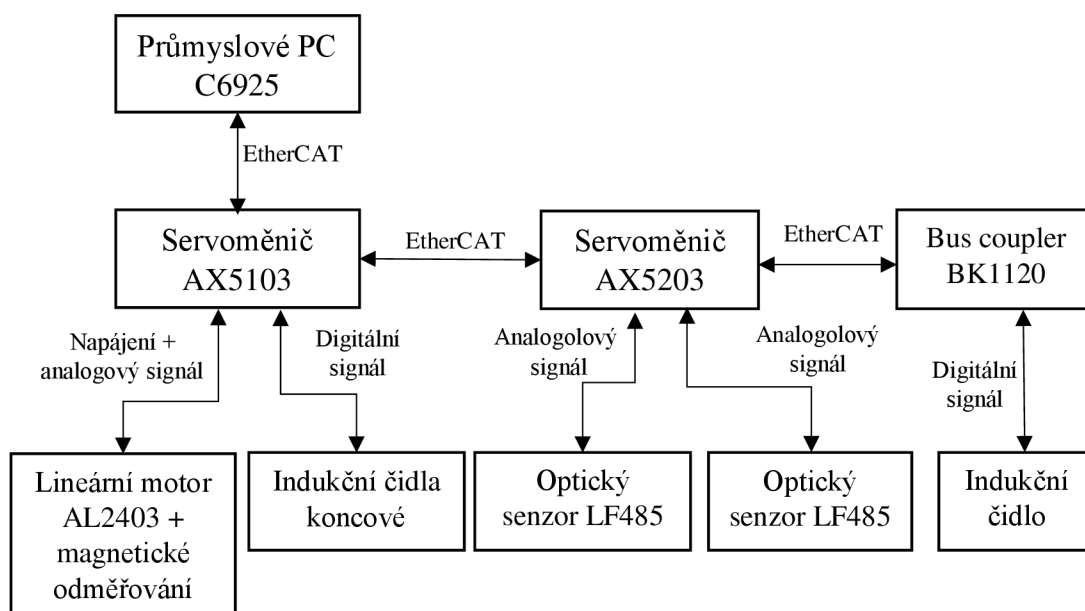
	LF485	LS487
Přesnost	$\pm 3 \mu\text{m}$	$\pm 3 \mu\text{m}$
Perioda signálu	$4 \mu\text{m}$	$20 \mu\text{m}$
Napájení	5 V	5 V
Výstupní signál	Analogový	Analogový
Rychlost pojezdu	$\leq 60 \text{ m/min}$	$\leq 120 \text{ m/min}$
Požadovaná pohyblivá síla	$\leq 4 \text{ N}$	$\leq 5 \text{ N}$
Provozní teplota	$0^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}$
Ochrana	IP53	IP53





## 5. ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ

Pro správnou funkci je celého zařízení je důležité správné propojení všech částí. Je třeba, aby celý systém pracoval se zpětnou vazbou a mohl být tak řízen akčními zásahy. Celý systém řídí průmyslové PC, které přes EtherCAT komunikuje se servoměničem. První servoměnič řídí lineární motor a zpracovává zpětnou v podobě vazbu v podobě analogového signálu z magnetického odměřování. K prvnímu servoměniči jsou dále připojeny koncové čidla. Ty slouží pro zastavení pojezdu. Druhý servoměnič je připojen k prvnímu pomocí EtherCAT, kdy servoměnič neslouží k řízení žádného pohonu ale pouze pro připojení dvojice optických senzorů. Ze senzorů se získává analogový signál, který určuje vzdálenost od referenční značky. Bus coupler slouží pro připojení dalších zařízení jako jsou například teplotní senzory nebo referenční indukční čidlo. Sběrnice je připojena k druhému servoměniči taktéž pomocí EtherCAT.



Obr. 19) Schéma zapojení

### 5.1 Průmyslové PC

O řízení se stará průmyslové PC od společnosti Beckhoff. Jedná se o zařízení s označením C6925-0000. Díky svým malým rozměrům a konstrukčním řešení je ideální pro instalaci do rozvaděčů. Tento PC obsahuje 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> palcovou základní desku s procesorem Intel® Celeron® M 1.0 GHz a pamětí 256 MB DDR-RAM. Kapacita pevného disku je 40 GB na kterém je nainstalován operační systém Microsoft Windows Embedded. Napájení je ze zdroje o velikosti 24 V stejnosměrného proudu. Pro připojení EtherCAT jsou na přední straně dva konektory ethernet. Přídavné zařízení je možné připojit pomocí čtyř USB konektorů taktéž umístěné na přední straně. Dále je zde grafický konektor DVI-I a RS232 konektor. [4]



Obr. 20) Průmyslové PC [4]

## 5.2 EtherCAT

EtherCAT je real-time technologie pro komunikaci mezi řídicími systémy a distribuovanými zařízeními. Tato technologie byla vyvinuta společností Beckhoff a stala se celosvětově rozšířenou technologií používanou mezi průmyslovými sběrnici, které jsou založeny na ethernetu. Princip práce spočívá ve zpracovávání dat za chodu. EtherCAT pracuje s velice krátkými časy cyklů většinou v řádech  $\mu\text{s}$ , díky tomu zvyšuje efektivitu a synchronizace mezi jednotlivými zařízeními. [13]

## 5.3 Bus Coupler

Bus Coupler BK1120 je sběrnice, která spojuje systém s elektrickými svorkami pomocí EtherCAT. Jednotka se skládá ze sběrnice spojky, svorek jejichž počet může být libovolný a jednoho koncového terminálu. Díky jednomu ethernet vstupu a jednomu výstupu může být připojeno více bus couplerů do série. Napájení je řešeno pomocí 24 V.



Obr. 21) Bus Coupler [4]

K bus coupleru je připojen terminál KL 1408, který obsahuje osm digitálních vstupů. K terminálu je poté připojen indukční senzor, který se používá pro referování.

## 6. NÁVRH ŘÍDÍCÍHO PROGRAMU

Řídící program pro testovací zařízení je vytvořen v programu TwinCAT 3. Tento program byl vyvinut společností Beckhoff a umožňuje komunikaci pomocí EtherCAT. Program TwinCAT 3 umožňuje programování, konfiguraci ale i řízení z jakéhokoliv počítače v reálném čase. Je zde umožněno použít více programovací jazyků, než je například C nebo C++. [4]

Hlavní částí programu je program MAIN. Ten je spuštěn vždy a udává, které podprogramy se budou dále spouštět. Může být v něm případně vytvořen samotný program. Pokud se vytvoří podprogramy, je možnost si vybrat jakou formou se budou jednotlivé podprogramy psát. Výběr hned několika možností, zda to bude pomocí strukturovaného textu nebo grafickou formou.

Pro řízení lineárního motoru je potřeba pracovat s knihovnami pro pohyb. Jednou z takových knihoven je knihovna Tc2\_MC2. Knihovna Tc2\_MC2 obsahuje funkční bloky pro nabuzení motoru, pro referování motoru, ale i pro pohyb a zobrazování hodnot případně další funkce spojené s pohybem. [4]

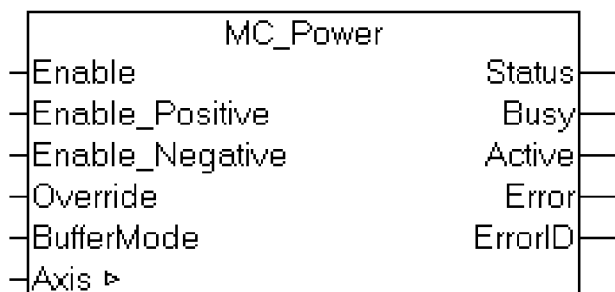
Aby bylo možné s jednotlivými funkčními bloky pracovat, je potřeba jim přiřadit, s kterou osou mají pracovat. Přiřazení se provádí pro každý funkční blok zvlášť, neboť jeden druh funkčního bloku může pracovat s více osami.

### 6.1 Knihovna Tc2\_Mc2

Jak již bylo zmíněno, knihovna Tc2\_Mc obsahuje funkční bloky, které se používají pro řízení pohybu. Rozdělení knihovny je i podle toho, k čemu jsou funkční bloky určeny. Jsou zde například funkční bloky organizační, funkční bloky pro pohyb nebo datové funkční bloky. Práce s funkčními bloky je možná jak v podobě strukturovaného textu nebo v podobě leader diagramu. [4]

#### 6.1.1 Funkční blok MC\_Power

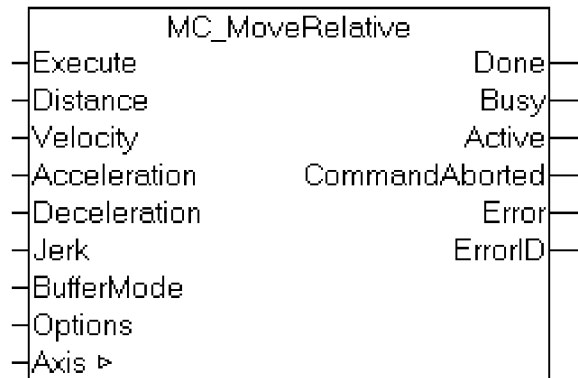
Funkční blok provádí aktivaci motoru a povoluje možnost pojezdu v jednom směru nebo v obou směrech. Bez tohoto funkčního bloku by nebyla možnost pohybovat s motorem v PLC režimu. Kromě nabuzení motoru je zde nastavení procentuálně rychlost pohybu. [4]



Obr. 22) Funkční blok MC\_power [4]

### 6.1.2 Funkční blok MC\_MoveRelative

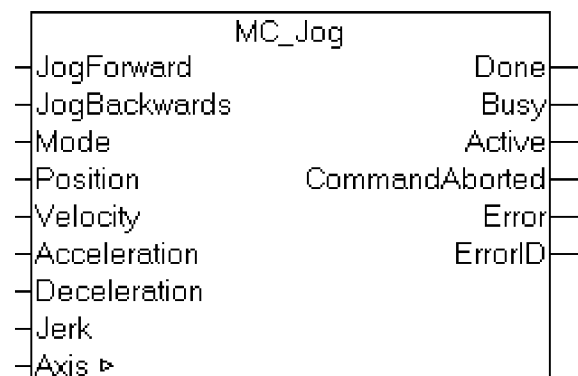
Funkční blok spouští relativní pohyb osy vůči poslední souřadnici, které je dosáhnuto. Po ujetí zadané vzdálenosti vystaví signál o dokončení pohybu nebo v případě, že dojde k chybě tak vystaví chybovou hlášku. Funkční blok reaguje na náběžnou hranu. Je třeba zadat vzdálenost, o jakou je potřeba aby se motor posunul a jakou rychlostí. Pokud se nezadá zrychlení, program pracuje s hodnotou, která je nastavena v konfiguraci osy. [4]



Obr. 23) Funkční blok MC\_MoveRelative[4]

### 6.1.3 Funkční blok MC\_Jog

Funkční blok MC\_Jog umožňuje pohyb osy v manuálním režimu. Po přivedení signálu na JogForward a podle zvoleného módu se osa začne pohybovat směrem dopředu plynule dokud příkaz bude aktivní nebo pouze o vzdálenost, která je zadána. Stejné fungování má i vstup JogBackward. Vždy je ale důležité mít zadanou rychlost pohybu a pokud se jedná o mód, kdy se posune osa jen o jeden krok, tak je třeba zadat i délku kroku. [4]



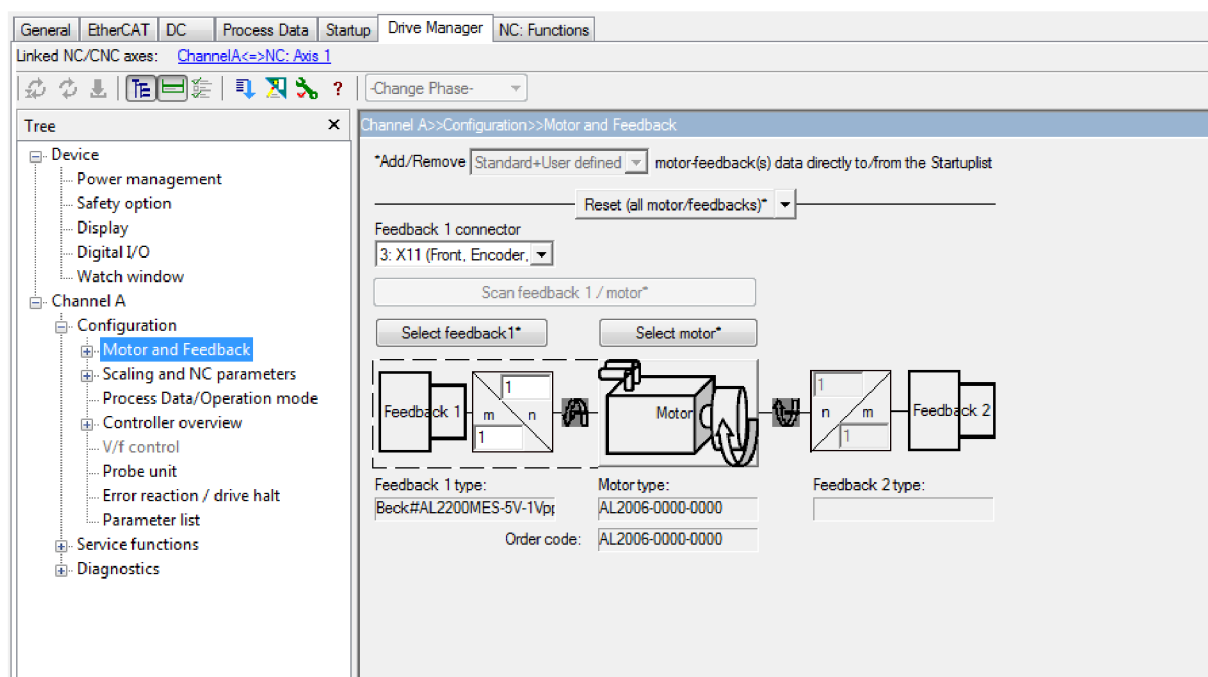
Obr. 24) Funkční blok MC\_Jog [4]

## 6.2 Nastavení vstupů

Po připojení zařízení k vstupům je třeba správně nakonfigurovat vstupy a výstupy. Nejprve je proto třeba jednotlivé vstupy a výstupy do programu načít. Po načtení vstupů a výstupů se mohou přiřadit proměnné, které náleží dané funkci a s kterou se bude pracovat. Pro práci s lineárním motorem je třeba provést nastavení řízení v Driver Manageru. Zde se provede výběr vhodného motoru, zařízení zpětné vazby a provede se další nastavení. Z nabídky se vybere výrobce motoru a potom daný typ. Není zde nastavení pouze pro motory od společnosti Beckhoff, jsou zde i motory od jiných výrobců.

Pro lineární motor AL2403 je třeba vybrat nastavení pro motor AL2006. Je to způsobeno tím, že nastavení od výrobce motoru nepracuje s motorem AL2403 správně, i když se jedná o nastavení pro typ uvedený na štítku motoru. Je třeba toto nastavení ještě nepatrně doladit, jelikož parametry motorů jsou od sebe odlišné.

Jako zpětná vazba je zde vybráno magnetické zařízení od společnosti Beckhoff. Toto zařízení je pouze v jedné variantě, proto výběr správného nastavení není takový problém. Další věc, kterou je třeba nastavit je vzdálenost rozestupů jednotlivých magnetických částí na sekundárním dílu lineárního motoru.



Obr. 25) Drive Manager

### 6.3 Hlavní část programu

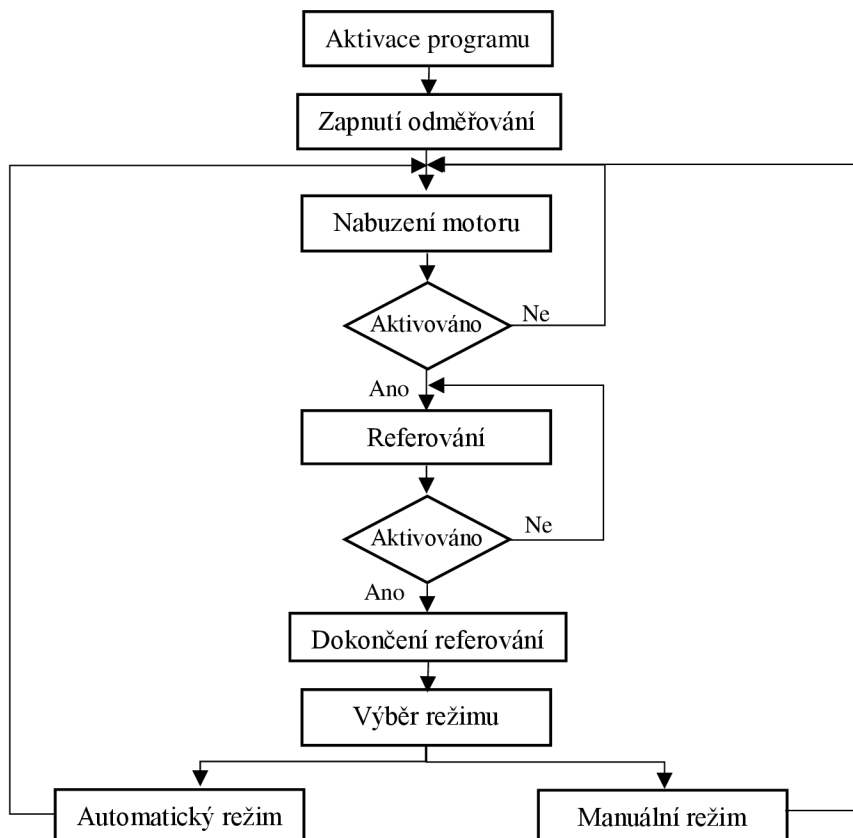
V hlavní části programu se provádí ty úkony, které budou následovat před samotným měřením, ale bez nich by nebylo možné měření provádět. Program je psaný jako strukturovaný text. To umožňuje, že při použití některých funkčních bloků není třeba pracovat s celým blokem, ale bude stačit pouze část kterou potřebujeme. Jako první je třeba nadefinovat proměnné a načíst funkční bloky s kterými se bude pracovat.

Jelikož se program MAIN provádí vždy a odkazuje na další programy, jsou zde použity funkční bloky, s kterými se po celou dobu pracuje.

Program je členěn na jednotlivé úseky. Každý úsek má předem definovanou funkci. Mezi úseky se přechází pomocí CASE struktury. To umožňuje, že pokud je úsek splněn, program přeskočí danou část a pokračuje v té následující. Pokud není splněn, program se může opakovat do doby, než bude splněn daný úsek nebo může přejít do jiné části programu, kde se provedou příkazy daného úseku.

Po aktivaci programu se program odkáže na podprogram, který aktivuje odměřování. Poté je třeba provést nabuzení motorů. To se provede pomocí funkčního bloku MC\_Power. Zároveň se provádí ověření, zda program proběhl. Po nabuzení je třeba provést referování osy. K tomu slouží funkční blok MC\_Home. Opět se provádí ověření, zda se provádí příkaz a pokud ano, program čeká se na signál z referenčního čidla. Poté je už jen třeba vybrat pracovní režim.

Program je dále ještě doplněn o možnosti jako je reset osy nebo zastavení osy a taky o text, který se zobrazuje v nápovědě ve vizualizaci.



Obr. 26) Vývojový diagram hlavní části programu

## 6.4 Manuální režim

Manuální režim slouží pro pohyb s osou. Je zde použit převážně funkční blok MC\_Jog který je doplněn funkčním blokem MC\_MoveAbsolute. U funkčního bloku MC\_Jog se pracuje s možností plynulého přejezdu a s možností krokování. Krokování je navíc doplněno ještě o funkci předdefinovaného krokování. Pohyb není možné realizovat bez zadání rychlosti a u krokování bez zadání délky kroku.

```

//Manuální krokování
fbManual.JogForward:=man_plus;
fbManual.JogBackwards:=man_minus;
fbManual.Position:=man_krok;
fbManual.Velocity:=man_rychlost;
IF jizda THEN
  gvl.text:=8;
fbManual.mode:=MC_JOGMODE_CONTINUOUS;
ELSE
fbManual.mode:=MC_JOGMODE_INCHING;
END_IF

//Absolutní posuv
fbAbsolute.Execute:=start;
fbAbsolute.Position:=pozice;
fbAbsolute.Velocity:=man_rychlost;
IF fbAbsolute.Done THEN
  start:=false;
END_IF

```

Obr. 27) Manuální režim

## 6.5 Automatický režim

Automatický režim se používá pro samotné měření. Pro měření je třeba, aby byla prodleva mezi posuvy. To je dosaženo pomocí časovače TON. Dále je třeba celý cyklus měření několikrát opakovat. K tomuto účelu je použit čítač CTU, který počítá proběhlé signály směrem nahoru tzn. pouze přičítá. Pohyb osy je zde zajištěn dvěma funkčními bloky. Tím prvním je MC\_MoveAbsolute, který najíždí na požadovanou hodnotu absolutně. Poté se pracuje s MC\_MoveRelative. Ten zabezpečuje pohyb mezi jednotlivými měřeními. Vzdálenost, kterou je potřeba urazit je proměnlivá. Pro tento účel je použita CASE struktura, která udává, jakou vzdálenost má motor ujet v dané části programu.

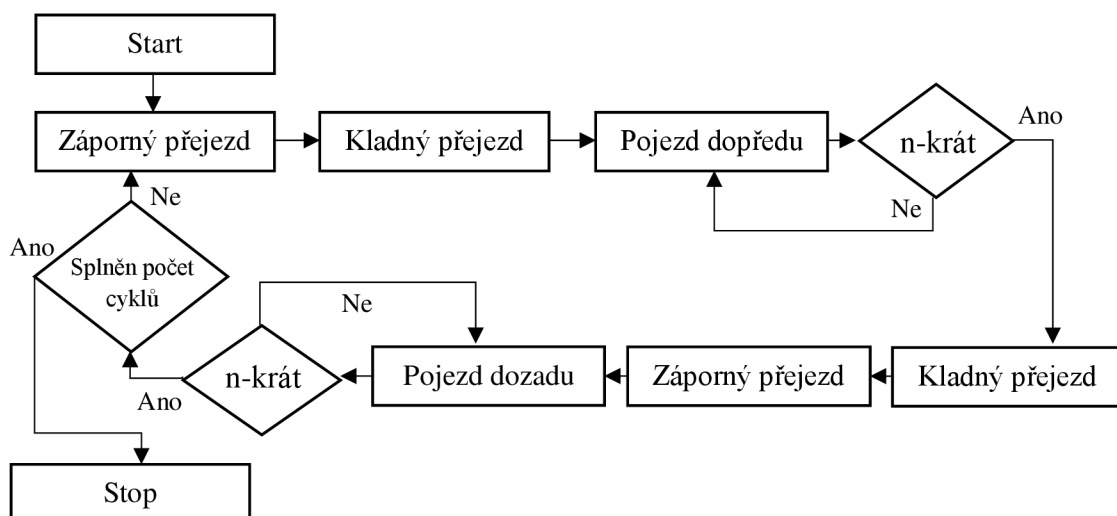
Program je doplněn i o sledování, zda jsou všechny parametry zadány správně. Pokud tomu tak není, nedojde k zapnutí měření.

```

//Změna délek posuvů
CASE prikaz OF
0: //délka levého přejezdu
delka := -prejezd_l;
cas2:=T#1S;
IF MAIN.fbPosition.Position > pocatek-prejezd_l-tolerance AND
    MAIN.fbPosition.Position < pocatek-prejezd_l+tolerance THEN
    prikaz := 1;
END_IF
1: // vrácení na původní hodnotu
delka := prejezd_l;
IF MAIN.fbPosition.Position > pocatek-tolerance AND
    MAIN.fbPosition.Position < pocatek+ tolerance THEN
    prikaz := 2;
    ctul.CU := FALSE;
    cas2:=cas1;
END_IF
2: // krokování na požadovanou délku směrem dopředu
delka := delka_kroku;
IF MAIN.fbPosition.Position > pocatek -tolerance + pocet_kroku * delka_kroku AND
    MAIN.fbPosition.Position < pocatek+tolerance + pocet_kroku * delka_kroku THEN
    prikaz := 3;
    ctul.CU := true;
END_IF
3: //délka pravého přejezdu
delka := prejezd_p;
IF MAIN.fbPosition.Position > pocatek + pocet_kroku * delka_kroku + prejezd_p-tolerance AND
    MAIN.fbPosition.Position < pocatek + pocet_kroku * delka_kroku + prejezd_p + tolerance THEN
    prikaz := 4;
    cas2:=T#1S;
END_IF
4: //vrácení se na požadovanou hodnotu
delka := -prejezd_p;
IF MAIN.fbPosition.Position > pocatek -tolerance + pocet_kroku * delka_kroku AND
    MAIN.fbPosition.Position < pocatek +tolerance + pocet_kroku * delka_kroku THEN
    prikaz := 5;
    cas2:=cas1;
END_IF
5: //krokování na požadovanou hodnotu směrem dozadu
delka := -delka_kroku;
IF MAIN.fbPosition.Position > pocatek -tolerance AND MAIN.fbPosition.Position < pocatek +tolerance THEN
    prikaz := 0;
    Start := NOT CTU1.Q;
END_IF
END_CASE

```

Obr. 28) Automatický režim



Obr. 29) Blokové schéma automatického režimu



## 6.6 Vizualizace

Snaha u vytváření vizualizace je co nejpřívětivější prostředí pro uživatele, který s ní pracuje. Ve spodní části vizualizace je okno s nápovědou, kde se postupně zobrazují kroky, které je třeba provést. Samotná vizualizace je rozdělena na několik částí pro snadné zorientování a přehlednost.

V levém horním rohu jsou tlačítka pro nastavení aktivace samotné osy. Je totiž potřeba, aby se motor nejprve aktivoval a poté proběhlo referování. Poté se uživatel dostane do části, kde si vybere pracovní režim. Standartní režim po provedení referování je nastaven na manuální. Zvolením automatického režimu se deaktivuje manuální režim. Pokud při pohybu nastane nějaká chyba, je na horní části dvojice tlačítek, kterými se zastaví pohyb a nebo v případě chyby provede reset osy.

Nabudit motor	STOP	Aktuální rychlost	Aktuální pozice 1	Aktuální pozice 2	Aktuální pozice 3
Referování	Reset osy	0.00	0.0000	0.0000	0.0000

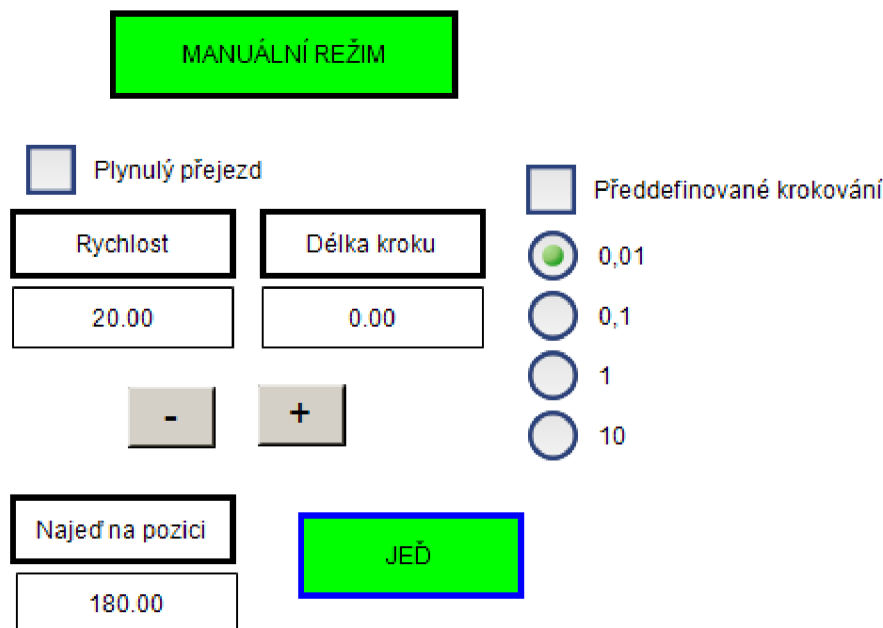
AUTOMATICKÝ REŽIM					MANUÁLNÍ REŽIM				
Délka řezjedu	Počátek	Délka měření	Celková délka	Délka řezjedu	<input type="checkbox"/> Plynulý přejezd	<input type="checkbox"/> Předdefinované krokování			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Rychlost	Délka kroku	<input checked="" type="radio"/> 0,01 <input type="radio"/> 0,1 <input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 10		
Počet opakování	Rychlost	Délka kroku	Počet kroků	Časová pauza	0.00	0.00			
0	0.00	0.00	0	0	-	+			
STOP PAUZA START					Najeď na pozici	JEĎ			
					0.00				
Provedte nabuzení motoru									

Obr. 30) Vizualizace

### 6.6.1 Vizualizace manuálního režimu

Po aktivaci manuálního režimu je třeba zadat rychlost. Poté je už na výběr, zda se bude pohyb provádět po krocích nebo zda se použije plynulý přejezd. V pravé části je možnost si vybrat z nadefinovaného krokování. Po aktivaci předdefinovaného krokování se vybraná hodnota zapíše do proměnné pro délku kroku.

Je zde možnost jízdy i na určitou hodnotu. Stačí zadat hodnotu a po stisknutí tlačítka motor najeď na požadovanou hodnotu.



Obr. 31) Vizualizace manuálního režimu

### 6.6.2 Vizualizace automatického režimu

Ve vizualizaci automatického režimu je toho mnohem více k nastavení před samotným měřením. Je potřeba, všechny pole správně vyplnit, jinak nedojde ke spuštění měření. U měření je potřeba, aby na každé straně byl přejezd. V horní části jsou dvě pole, které slouží pouze pro zobrazení délky, na které bude probíhat měření a zobrazení celkové délky tzn. délka na které probíhá měření a přejezd na každé straně osy popřípadně posunutý počátek měření. Celková délka nesmí přesáhnou hodnotu 987 což je maximální délka osy od referenčního čidla. Pokud by tak se stalo, program zobrazí chybovou hlášku o překročení hodnoty.

Minimální počet kroků je stanoven normou ISO 230-2, která udává parametry pro testování polohových senzorů. Na vzdálenost do jednoho metru je potřeba provést alespoň pět měření. Z toho důvodu je zadávání ošetřeno tak, že není možné zadat hodnotu menší než pět. Počet měření je počet kolikrát se provede celé měření tzn. měření směrem vpřed i vzad. Časová pauza je prodleva mezi pohyby během které dochází k ustálení pohybu na dané poloze.

Po spuštění měření se zablokuje u některých oken možnost provádět změny během programu. Pokud by tak nebylo, mohly by se měnit parametry samotného měření během provádění cyklu což je nežádoucí. Běh programu je možné pozastavit a poté znovu spustit nebo běh celého programu úplně ukončit. Po dokončení programu se odblokuje možnost úpravy parametrů a je možné provést opětovné měření.

**AUTOMATICKÝ REŽIM**

Délka řezdu	Počátek	Délka měření	Celková délka	Délka řezdu
2.00	0.00	500.00	504.00	2.00
Počet opakování	Rychlost	Délka kroku	Počet kroků	Časová pauza
5	100.00	100.00	5	5

**STOP**      **PAUZA**      **START**

Obr. 32) Vizualizace automatického režimu



## 7. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit rešerši odměřovacích senzorů a prostředků pro automatizaci. Další částí bylo zkompletování hardwaru testovacího standu. Poslední částí bylo vytvořit řídicí program pro testování.

V konstrukční části se vycházelo z již vytvořeného základu lineární osy, které bylo pro tento účel již k dispozici a plně funkční. Aby bylo možné připevnit senzory pro měření, byla osa rozšířena o ocelový profil, ke kterému byly připevněny odměřovací pravítka. Vedení kabelů je zabezpečeno pomocí energetického řetězu podél jedné strany lineární osy.

Pro napájení a řízení pohonu lineárního motoru je použit servoměnič. Zpětná vazba je zde realizována pomocí magnetického senzoru umístěného na jedné straně motoru. Aby bylo možné přijímat signál z odměřovacích pravítek, bylo třeba je připojit k dalšímu servoměniči, který je použit jenom pro účely zpětné vazby.

Řídicí software je vytvořen v programu TwinCAT 3 od společnosti Beckhoff. Bylo třeba nakonfigurovat jednotlivé vstupy a výstupy tak, aby přesnost byla co největší. Nejprve se pracovalo ve virtuálním prostředí, což bylo pro účel sestavení programu poměrně dostačující. Až samotné odladění programu se provádělo na připojeném testovacím zařízení. Při vytváření programu se vycházelo z normy, která určuje parametry testování senzorů.

Vizualizace je vytvořena tak, aby bylo možné celou osu jednoduše ovládat. Snahou bylo dosažení co největší přehlednosti celé vizualizace a snadné ovládání jak pro manuální, tak pro automatický režim.

Na závěr se provedlo ověření pomocí interferometru, zda program bude schopen pracovat tak, jak je pro měření požadováno.



## 8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ŠMEJKAL, L. a M. MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace 1. *Základní pojmy, úvod do programování*. BEN, 2002. ISBN 80-86056-58-9.
- [2] ELUC. *Princip činnosti PLC*. [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupný z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/967>
- [3] AUTOMATIZACE.HW.CZ *Programovací režimy pro PLC dle IEC 61131-3* [online]. [cit. 2017-02-28]. Dostupný z: <http://automatizace.hw.cz/programovaci-rezimy-pro-plc-dle-iec-611313-codesys>
- [4] BECKHOFF. Beckhoff Information system. [online]. [cit. 2017-03-02]. Dostupný z: <http://www.beckhoff.com/>
- [5] ELUC. *Mikro PLC*. [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupný z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/973>
- [6] ELUC. *Snímače polohy*. [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupný z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/960>
- [7] MAREK, J. *Konstrukce CNC obráběcích strojů. 2*. Praha: MM publishing, s.r.o., 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [8] AUTOMA. *Lineární optické snímače polohy*. [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupný z: [http://automa.cz/cz/casopis-clanky/linearni-opticke-snimace-polohy-2006\\_05\\_31121\\_1673/](http://automa.cz/cz/casopis-clanky/linearni-opticke-snimace-polohy-2006_05_31121_1673/)
- [9] HEIDENHAIN. Produkty HEIDENHAIN a jejich aplikace. [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupný z: [http://www.heidenhain.cz/cs\\_CZ/](http://www.heidenhain.cz/cs_CZ/)
- [10] AUTOMATIZACE.HW.CZ *Magnetické lineární snímače pro měření posunu i rychlosti polohy*. [online]. [cit. 2017-03-13] Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/magneticke-linearni-snimace-pro-mereni-posunu-i-rychlosti-pohybu>
- [11] REM-Technik s.r.o. *PMIS3 magnetický polohový senzor*. [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupný z: <https://www.rem-technik.cz/senzorika/polohove-senzory/pmis3-magneticky-polohovy-senzor-242.html>
- [12] AUTOMATIZACE.HW.CZ *Laserový snímač vzdálenosti optoNCD ILR 1030*. [online]. [cit. 2017-03-13] Dostupný z: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/laserovy-snimac-vzdalenosti-optoncdt-ilr-1030.html>
- [13] AUTOMATIZACE.HW.CZ *EtherCAT Automation Protocol* [online]. [cit. 2017-05-14] Dostupný z: <http://automatizace.hw.cz/ethercat-automation-protocol.html>





## 9. SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1)	Programovací relé od firmy TECO [5] .....	17
Obr. 2)	Blokové schéma malého PLC [1] .....	18
Obr. 3)	Blokové schéma modulární PLC [1].....	18
Obr. 4)	Cyklický režim programu [2].....	19
Obr. 5)	Zpětnovazební řízení [1] .....	19
Obr. 6)	Jazyk strukturovaného textu [4].....	20
Obr. 7)	Jazyk funkčních bloků [4] .....	21
Obr. 8)	Jazyk reléových schémat [4].....	21
Obr. 9)	Jazyk seznamu instrukcí [4].....	22
Obr. 10)	Inkrementální lineární senzor [6].....	23
Obr. 11)	Optický lineární senzor od výrobce HEIDENHAIN [9] .....	24
Obr. 12)	Magnetický lineární senzor [11].....	25
Obr. 13)	Laserový senzor [12] .....	25
Obr. 14)	Konstrukce testovacího zařízení .....	27
Obr. 15)	Lineární motor [4] .....	28
Obr. 16)	Dvoukanálový servoměnič [4] .....	29
Obr. 17)	Magnetický odměřovací systém (MES) [4].....	30
Obr. 18)	Optický lineární senzor [9] .....	31
Obr. 19)	Schéma zapojení.....	33
Obr. 20)	Průmyslové PC [4] .....	34
Obr. 21)	Bus Coupler [4].....	34
Obr. 22)	Funkční blok MC_power [4] .....	35
Obr. 23)	Funkční blok MC_MoveRelative[4].....	36
Obr. 24)	Funkční blok MC_Jog [4].....	36
Obr. 25)	Drive Manager.....	37
Obr. 26)	Vývojový diagram hlavní části programu .....	38
Obr. 27)	Manuální režim .....	39
Obr. 28)	Automatický režim.....	40
Obr. 29)	Blokové schéma automatického režimu .....	40
Obr. 30)	Vizualizace .....	41
Obr. 31)	Vizualizace manuálního režimu .....	42
Obr. 32)	Vizualizace automatického režimu.....	43
Tab 1)	Parametry lineárního motoru AL 2403 [4] .....	28
Tab 2)	Parametry servoměniče AX5103 [4] .....	29
Tab 3)	Parametry MES [4] .....	30
Tab 4)	Parametry LF485 a LS487 [9].....	31



## 10. SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy na CD

Příloha 1 - Ukázka vizualizace

Příloha 2 - Ukázka práce lineární osy

Příloha 3 – Zdrojový kód TwinCAT3