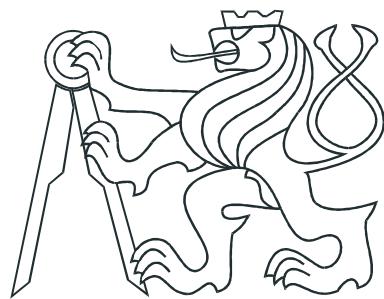


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vizualizace a řízení výukových modelů

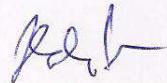
Praha, 2012

Autor: Lukáš Halíř

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne 5. 1. 2012



podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jindřichu Fukovi, za odborné vedení a neocenitelné připomínky a rady, které mi velmi pomohly při přípravě a psaní této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a všem, kteří mě podporovali během dosavadního studia.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá řízením výukových modelů Lineárního dvouosého servomechanizmu a Vznášení, které jsou umístěny v laboratoři Allen-Bradley na Katedře řídicí techniky. Pro společné řízení modelů byl použit programovatelný automat ControlLogix a jejich vizualizaci panel operátora VersaView 1000H. Dále byla vytvořena webová stránka pro modul 1756-EWEB, která umožňuje vzdálené řízení, zobrazení stavu modelů a jejich monitorování pomocí webových kamer.

Abstract

The subject of this bachelor thesis is the control of two educational models the Lathe and the Levitation, which are located in the Allen-Bradley laboratory at the Department of Control Engineering. For common control of the models were used programmable controller ControlLogix and operator's touch screen panel VersaView 1000H. A web site for the 1756-EWEB module was created, which provides remote control, displaying of the status of models and monitoring via web cameras.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: Lukáš Halíř

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: Vizualizace a řízení výukových modelů

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s výukovými modely Vznášení a Soustruh v laboratoři KN:E-23, které je možné řídit programovatelným automatem ControlLogix nebo pomocí RT-toolboxu Matlabu.
2. Proveďte nutné úpravy modelů pro zajištění společného řízení z určeného automatu a napište pro něj demonstrační program. Zachovejte individuální řízení pomocí Matlabu.
3. Realizujte společnou vizualizaci obou systémů panelem operátora VersaView 1000H pomocí softwaru RSView ME. Vizualizace by měla umožnit ovládání modelů a zobrazení základních informací o nich.
4. Seznamte se s modulem 1756-EWEB systému ControlLogix. Pro tento modul vytvořte webové stránky, které umožní monitorování obou modelů pomocí webových kamer, zobrazení jejich stavu a řízení.
5. Popište základní vlastnosti modelů a navrhněte vhodné experimenty pro studenty.
6. Zpracujte podklady pro experimenty na fyzikálních modelech pro výuku s uveřejněním na webu laboratoře.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Jindřich Fuka

Platnost zadání: do konce letního semestru 2011/2012

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 24. 2. 2011

Obsah

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
1 Úvod	1
2 Model Vznášení	2
2.1 Konstrukce	3
2.2 Snímače a akční členy na modelu	6
2.2.1 Akční člen	6
2.2.2 Snímače	6
2.3 Flex I/O	7
2.4 Webová kamera	9
2.5 Napájení	10
3 Model Soustruh	11
3.1 Konstrukce	11
3.2 Snímače a akční členy	13
3.2.1 Akční členy	13
3.2.2 Snímače	13
3.3 Webová kamera	14
3.4 Napájení	14
4 ControlLogix	15
4.1 Hardwarová konfigurace	16
4.2 Připojení signálů k automatu	16
4.3 Datové struktury	18
4.4 Přístup ke vstupům a výstupům	20

4.5	Struktura programu	21
4.6	Řízení modelů	22
4.6.1	Regulace polohy předmětu v trubce	23
4.6.2	Řízení servomotorů	25
5	Panel operátora	26
5.1	Panel VersaView 1000H	26
5.2	Připojení k automatu	27
5.3	Vizualizace	27
5.3.1	Vizualizace modelu Vznášení	29
5.3.2	Vizualizace modelu Soustruh	29
6	Webové rozhraní	32
6.1	Modul 1756-EWEB/A	32
6.2	Data View	32
6.3	Webové stránky	33
6.3.1	Přístup k proměnným automatu	33
6.3.2	Rezervace modelu	34
6.3.3	Vzhled a struktura	34
7	Závěr	37
A	Seznam použitého software	I
B	Seznam použitých zkratek	II
C	Obsah přiloženého CD	III

Seznam obrázků

2.1	Blokové schéma pracoviště	3
2.2	Ovládací panel modelu	4
2.3	Model Vznášení	5
2.4	Moduly vzdálených vstupů a výstupů	7
2.5	Pohled z webové kamery na model Vznášení	9
3.1	Panel ručního ovládání	12
3.2	Schéma konstrukce modelu	12
3.3	Pohled na model z webové kamery	14
4.1	Automat ControlLogix	15
4.2	Definice tagů programu	19
4.3	Struktura programu PLC	22
4.4	Regulace polohy předmětu	24
4.5	Regulace rychlosti otáčení vřetene	25
5.1	Panel VersaView 1000H	26
5.2	Výchozí obrazovka vizualizace	28
5.3	Obrazovka ovládání modelu Vznášení	29
5.4	Obrazovka ovládání modelu Soustruh	30
5.5	Obrazovka ovládání vřetene	31
6.1	Stránka ovládání modelu Soustruh	35
6.2	Stránka ovládání modelu Vznášení	36

Seznam tabulek

2.1	Zapojení svorkovnice modulu 1794-OB16	8
2.2	Zapojení svorkovnice modulu 1794-IB16	8
2.3	Zapojení svorkovnice modulu 1794-IE4XOE2	9
4.1	Hardwarová konfigurace automatu	16
4.2	Zapojení modulu 1756-IF8	17
4.3	Zapojení modulu 1756-OF6VI	17
4.4	Zapojení modulu 1756-IB32	18
4.5	Zapojení modulu 1756-OW16I	18
4.6	Vzorce pro přepočet na inženýrské jednotky	21
5.1	Zobrazované možnosti v informačních boxech	27

Kapitola 1

Úvod

Bakalářská práce navazuje na předchozí práce Ing. Pavla Guby [1] a Ing. Petra Matoucha [2], kteří provedli úpravy a uvedli do provozu modely Vznášení a Soustruh po rekonstrukci laboratoře. Jsou umístěny v laboratoři K23 v budově Fakulty elektrotechnické na Karlově náměstí. Umožňovaly jak individuální řízení z PC pomocí nadstavby Matlabu Simulink, tak řízení z programovatelného automatu (PLC) ControlLogix.

Obě práce se věnovaly řízení modelů nezávisle na sobě na jednom programovatelném automatu. To vedlo k situaci, kdy bylo možné v jeden čas řídit pouze jeden model. Cílem této bakalářské práce tedy bylo zajistit možnost společného řízení z automatu, vytvořit jejich společnou vizualizaci pro panel operátora a webové stránky umožňující vzdálené řízení a zobrazení stavu.

První část obsahuje seznámení čtenáře s koncepcemi modelů a jejich konstrukčním řešením. Popisuje všechny důležité součásti a jejich význam pro řízení z dostupných zařízení.

Další kapitola je věnována programovatelnému automatu ControlLogix. Obsahuje popis připojení modelů k modulům automatu, jejich vlastnosti a konfiguraci. Dále je v ní popsán demonstrační program pro řízení.

Na tuto kapitolu navazuje část o vizualizaci pro operátorský panel VersaView 1000H, který je umístěn u modelů. Z něj je možné jednoduše ovládat jak základní funkčnosti modelů jako je zapínání a vypínání nebo ruční řízení, tak i nastavovat konstanty regulátorů v demonstračním programu.

V poslední části jsou popsány webové stránky pro modul 1756-EWEB, které umožňují vzdálené ovládání modelů bez nutnosti přítomnosti dalších osob v laboratoři.

Kapitola 2

Model Vznášení

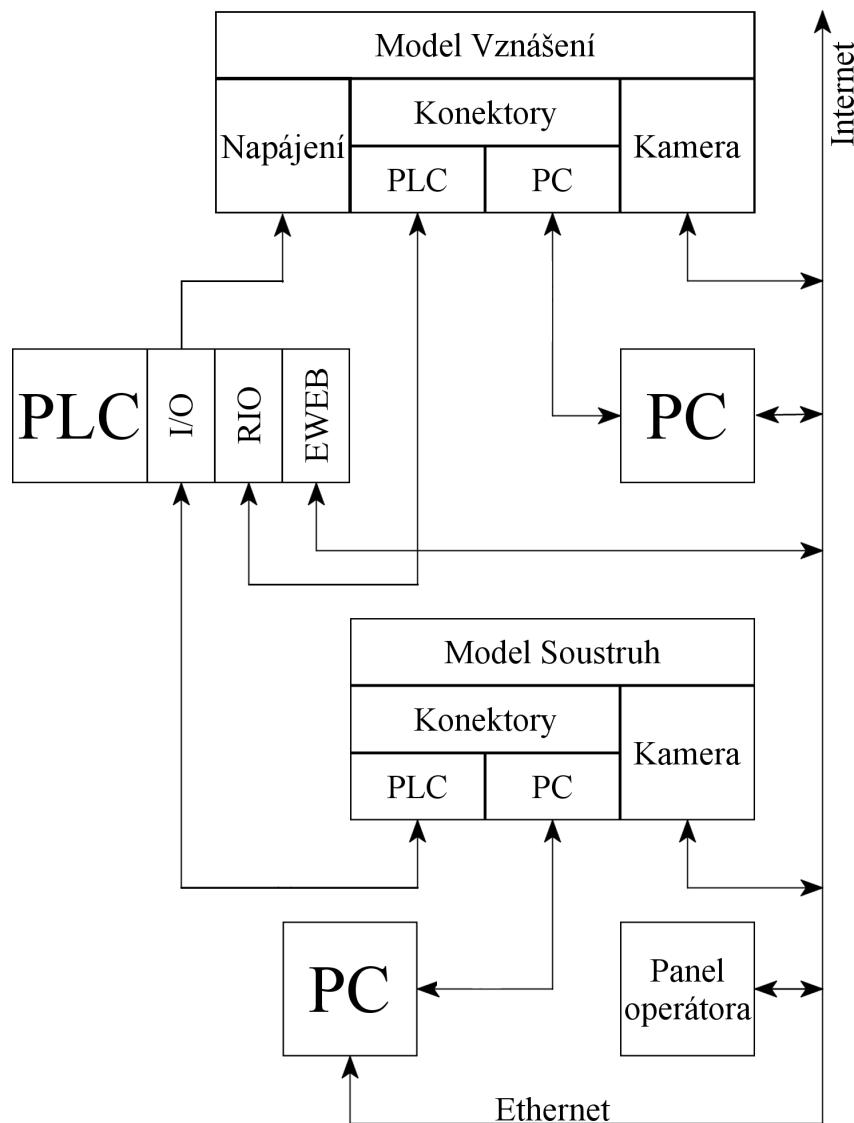
Model představuje jednoduchý systém s jedním vstupem a několika výstupy, který byl navržen tak, aby vyhověl požadavkům na řízení jak z počítačového prostředí Matlab, tak i z programovatelného automatu, ke kterému je připojen.

Byl zkonstruován a popsán Ing. Michalem Kutilem v jeho diplomové práci [3] k výuce a testování řídicích algoritmů s připojením k automatu PLC-5 firmy Rockwell Automation. Po rekonstrukci laboratoře model znova nainstaloval Ing. Pavel Guba v rámci své závěrečné práce [1] a nahradil automat novějším typem ControlLogix od stejné firmy. Zároveň vytvořil webové rozhraní pro modul 1756-EWEB, které umožňovalo základní ovládání a vizualizaci stavu systému přes internet.

Na Obr. 2.1 je celkové schéma pracoviště, jehož centrálním prvkem je modulární programovatelný automat ControlLogix. S modelem komunikuje pomocí vzdálených vstupů a výstupů FLEX I/O po sběrnici RIO. V automatu je možné vytvářet programy pro řízení modelu a ovládání pomocí vizualizačních rozhraní.

V tomto případě je možné k vizualizaci využít panelu operátora VersaView 1000H, který je přes ethernetové rozhraní připojen do počítačové sítě a k modulu 1756-EWEB. Na něm běží webový server, pro který je možné vytvářet stránky pro vzdálené ovládání.

Model je připojen k počítači, ve kterém je karta s A/D převodníky. Tím je umožněno ovládání z počítačového programu, nejčastěji je využíváno prostředí Matlab. V něm se dají navrhnut a vyzkoušet libovolné regulátory a naměřená data přehledně zobrazit v grafech nebo je exportovat do různých formátů.



Obrázek 2.1: Blokové schéma pracoviště

2.1 Konstrukce

Tvoří ji vertikálně umístěná plastová trubka, do níž je zespoda ventilátorem vháněn proud vzduchu. Ten nadnáší lehký předmět, kterým je v současné době hnědý plastový kelímek. Aby bylo možné zpětnovazebně řídit polohu předmětu, je měřena jeho vzdálenost laserovým snímačem. Poloha předmětu je také měřena diskrétně reflexními snímači, které detekují přítomnost objektu na jejich úrovni.

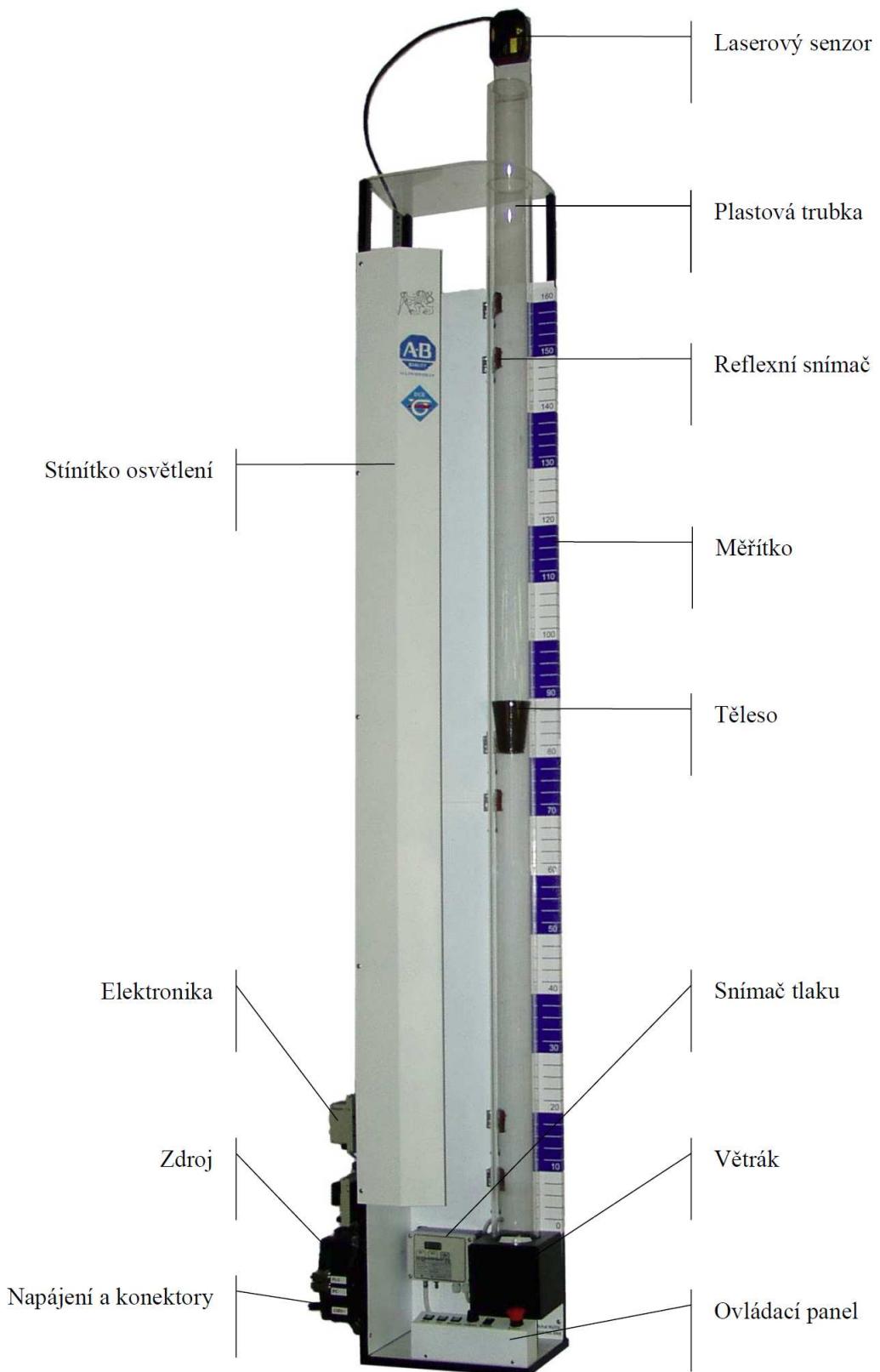
Ve spodní části modelu je umístěn panel pro ruční ovládání (Obr. 2.2) s tlačítky

přepínání režimu řízení, přepínačem osvětlení a ovládáním otáček ventilátoru. Také obsahuje nouzové tlačítko pro odpojení napájení celého modelu.



Obrázek 2.2: Ovládací panel modelu

Po stranách modelu jsou v párech umístěny tři dvojice reflexních snímačů, které vytvářejí jakási patra v poloze vznášeného předmětu. Podél pracovní části trubky je umístěno měřítko pro vizuální odhad vzdálenosti předmětu a zářivka pro osvětlení při špatných světelních podmínkách v laboratoři. Na zadní straně je umístěna výhodnocovací elektronika spolu s moduly vzdálených vstupů a výstupů. Celkový pohled na model je na Obr. 2.3, který vytvořil pro potřeby své práce Ing. Michal Kutil.



Obrázek 2.3: Model Vznášení

2.2 Snímače a akční členy na modelu

2.2.1 Akční člen

Jediným akčním členem v modelu je ventilátor firmy SUNON, typ KD1212PMBX-6A, který do průhledné plastové trubky ze zdola vhání vzduch. Poháněn je bezkomutátorovým stejnosměrným motorem řízeným napětím v rozsahu 0-12 V. Ve ventilátoru je zabudována Hallova sonda, která umožňuje měření rychlosti otáčení v rozsahu 0 - 55 ot./s. Její pulzní výstup je převáděn na napětí v rozsahu 0 - 10 V. Nastavované napětí na ventilátoru tvoří jediný vstup systému.

2.2.2 Snímače

Poloha předmětu v trubce, která je hlavním výstupem systému, je měřena laserovým snímačem od firmy BANNER, typ LT3PU. Jedná se o laser třídy II, který je při náhodném pohledu do zdroje bezpečný, protože oko ochrání mrkací reflex. Na modelu by však jakémukoliv přímému pohledu do zdroje měla zabránit plastová trubka, která ohraňuje pracovní prostor laseru.

Senzor je možné napájet stejnosměrným napětím v rozsahu 12 - 24 V. Důležitým parametrem jsou rozsahy vzdáleností, které lze měřit. Pro bílé těleso se měřicí rozsah pohybuje v rozmezí 0,3 - 5 m. Pro jiné barvy těles se rozsah zkracuje, až pro černé těleso je 0,3 - 2 m. Výstupní napěťový rozsah je standardních 0 - 10 V, kde je hodnota 0 V přiřazena nulové vzdálenosti a 10 V je možné nastavit na libovolnou hodnotu funkcí TEACH.

Hodnota výstupu senzoru je aktualizována každých 10 ms při současném nastavení rychlosti smímání medium.

Po stranách plastové trubky jsou v párech umístěny optické senzory od firmy SICK, typ WT170-N112. Tato čidla svým výstupem NPN detekují přítomnost tělesa v trubce u konkrétního čidla. Výstup je tedy v logické jedničce pokud se objekt nachází na úrovni senzoru.

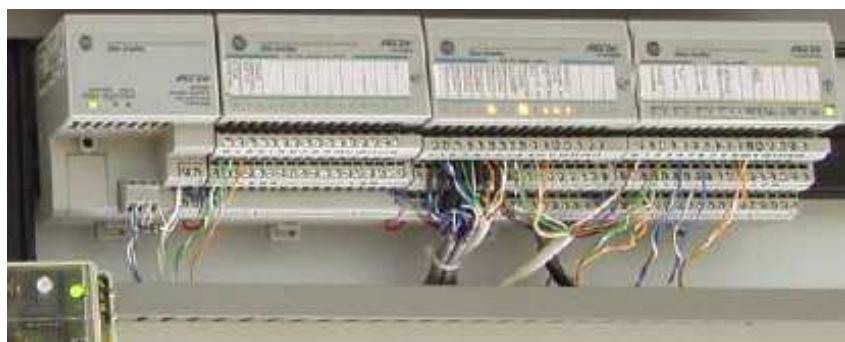
Napájení je stejnosměrné v možném rozsahu 10 - 30 V. Na rozdíl od senzoru polohy, není detekce prováděna laserem, ale červenou LED diodou. Pohled do snímače je tedy možný bez jakéhokoliv rizika. Maximální vzdálenost detekce je 100 mm.

Na dně plastové trubky je umístěn diferenční snímač tlaku od firmy BD SENSORS, který měří rozdíl mezi atmosférickým tlakem a tlakem pod unášeným předmětem.

Senzor je nastavený na rozsah 0 - 100 Pa, s výstupním analogovým rozsahem 0 - 10 V DC, při napájecím napětí 19 - 31 V DC. Tento výstup lze použít pro přesnější řízení modelu.

2.3 Flex I/O

Tento malý modulární systém je určen pro aplikace s distribuovanými vstupy a výstupy. Je umístěn na zadní straně modelu a do svorkovnic vstupních modulů jsou přivedeny signály ze senzorů a obvodů pro úpravu signálů. Po vnitřní sběrnici Flexbus jsou propojeny s komunikačním modulem a ten po sběrnici RIO komunikuje s automatem. Pohled na systém je na Obr. 2.4. Dále jsou popsány jednotlivé moduly, které jsou použity pro ovládání modelu.



Obrázek 2.4: Moduly vzdálených vstupů a výstupů

- **1794 – ASB**

Modul adaptéru ASB je základní stavební prvek systému (Obr. 2.4 úplně vlevo), který po sběrnici RIO komunikuje s automatem a zároveň spravuje svoji interní sběrnici Flexbus. Modul je napájen externě 24 V stejnosměrně a obsahuje přepínače pro nastavení rychlosti sběrnice a počtu modulů na sběrnici Flexbus. Bližší možnosti nastavení je možné najít v manuálu [7] a přesné nastavení pro tento případ v práci Ing. Guby [1].

- **1794 – OB16**

Výstupní digitální modul s 16 výstupy. Logické jedničce na výstupu odpovídá stejnosměrných 24 V. Připojení signálů ke svorkovnici modulu je v Tabulce 2.1.

Svorka	Popis
0	Přepnutí řízení do režimu PLC
1	Ovládání osvětlení modelu
2	Spuštění funkce TEACH laseru

Tabulka 2.1: Zapojení svorkovnice modulu 1794-OB16

- **1794 – IB16**

Vstupní digitální modul s 16 vstupy. Logické jedničce na vstupu odpovídá 24 V DC. Nadřazený systém mapuje digitální data automaticky do prostoru vstupů a výstupů, podle konfigurace přepínačů na komunikačním modulu ASB. Připojení signálů ke svorkovnici modulu je v Tabulce 2.2.

Svorka	Popis
1	Optický senzor 1
2	Optický senzor 2
3	Optický senzor 3
4	Optický senzor 4
5	Optický senzor 5
6	Optický senzor 6
7	Digitální výstup laseru
8	Řízení z PLC
9	Řízení z PC
10	Ruční řízení
11	Stav osvětlení

Tabulka 2.2: Zapojení svorkovnice modulu 1794-IB16

- **1794 – IE4XOE2**

Kombinovaný modul se čtyřmi analogovými vstupy a dvěma analogovými výstupy. Připojení signálů na svorkovnici je v Tabulce 2.3. Analogová data nejsou automaticky mapována do prostoru vstupů a výstupů automatu, hodnoty se musí zapisovat a číst pomocí instrukce MSG, která přenáší pole hodnot včetně informací o rozsazích modulu a další. Vstupy i výstupy se konfigurují na rozsah 0 - 10 V. Bližší

popis struktury zápisu je možné najít v manuálu [8], včetně příkladu pro tento modul.

Svorka	Popis
1	Výstup laserového senzoru
3	Měření otáček ventilátoru
5	Měření tlaku v trubce
7	Měření napětí na ventilátoru
10	Nastavení napětí na ventilátoru

Tabulka 2.3: Zapojení svorkovnice modulu 1794-IE4XOE2

2.4 Webová kamera

Aby bylo řízení přes internet více názorné a bylo možné snáze kontrolovat stav modelu, je zde nainstalována webová kamera AXIS 2100. Pohled na osvětlený model z kamery je na Obr. 2.5.



Obrázek 2.5: Pohled z webové kamery na model Vznášení

2.5 Napájení

Napájení je realizováno zdrojem LWR 1601-6 firmy Power-One. Na vstupu je zdroj připojen k sítovému napětí 230 V a na výstupu je stejnosměrných 24,7 V. Výkon tohoto zdroje 125 W je dostatečný, jak pro model, tak i pro panel operátora VersaView.

Kapitola 3

Model Soustruh

Model představuje systém soustruhu se všemi jeho podstatnými součástmi. Na rozdíl od skutečného systému ale nedovoluje reálné obrábění z důvodu malého výkonu servomotorů, určených k pohybu součástí. Suport svým pohybem jen kopíruje profil povrchu hotového obrobku a místo nože soustruhu je použit dotekový induktivní snímač vzdálenosti.

Model vznikl jako součást diplomové práce Ing. Jiřího Nováka [4], který vyrobil celou konstrukci, navrhl řízení a připojení k automatu ControlLogix. Na něj navázal Ing. Petr Matouch [2] a navrhl nové servozesilovače místo původních. Slouží k demonstraci možností modulu 1756-M02E, který dovoluje řídit dvě nezávislé pohybové osy podle jejich parametrů a zpětné vazby.

Je připojen ke stejnemu automatu jako model Vznášení a tím jsou umožněny stejné možnosti řízení a vizualizace. Na rozdíl od něj však nevyužívá vzdálených vstupů a výstupů, ale signálové vodiče jsou připojeny k modulům přímo v šasi automatu. Také je připojen k PC s kartou A/D převodníků a prostředím Matlab, ze kterého je možné řízení a monitorování modelu.

3.1 Konstrukce

Konstrukci tvoří železný rám se základovou deskou, na které jsou umístěny vodicí tyče suportu, uchycení vřetene a panel ručního ovládání (Obr. 3.1) s tlačítky přepínání režimu řízení a prvky určenými k ovládání pohybu.



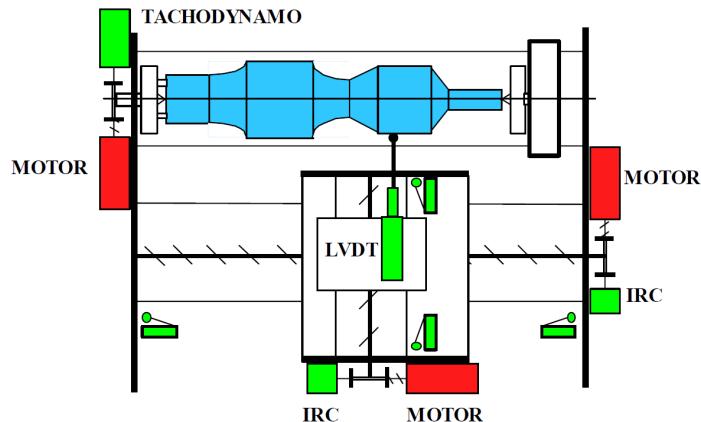
Obrázek 3.1: Panel ručního ovládání

V základové desce jsou umístěny obvody pro úpravu signálů, jejich výstupy jsou vyvedeny do svorkovnic v zadní části modelu pro připojení k PLC a kartě s A/D převodníky v PC.

Na vodicích tyčích podél vřetene je umístěno těleso suportu s příčně posouvaným induktivním snímačem vzdálenosti (LVDT). U obou os je nainstalováno měřítko pro vizuální odhad skutečné polohy. Pohyb součástí je realizován tažnými šrouby spojenými se servomotory přes šnekovou převodovku. Polohy posuvů jsou snímány inkrementálními rotačními čítači na osách pohonů. Vřeteno je poháněno taktéž přes šnekovou převodovku, ale jeho rychlosť otáčení je snímána tachodynamem.

Krajní polohy jsou detekovány koncovými spínači, umístěnými ve dvojicích na koncích vodicích tyčí. Vnitřní je provozní, připojený ke vstupům PLC a vnější havají je hardwarově propojen na modelu a oděpíná zesilovač pro pohyb osy v daném směru.

Celkové schéma konstrukce je na Obr. 3.2 od Ing. Jiřího Nováka [4].



Obrázek 3.2: Schéma konstrukce modelu

3.2 Snímače a akční členy

3.2.1 Akční členy

Pohyb v podélné a příčné ose k vřetenu a otáčení vřetene je realizováno stejnosměrnými 24 V servomotory. Řízeny jsou analogovým signálem ± 10 V, určujícím směr a rychlosť otáčení. Servomotory se vyznačují pásmem necitlivosti v oblasti řídicího napětí přibližně $\pm 0,7$ V v okolí nuly, které je způsobeno úbytkem napětí na tranzistorech servozesilovačů.

3.2.2 Snímače

Pro měření poloh os soustruhu jsou použity inkrementální snímače od firmy Megatron, konkrétně typ MOZ30. Jsou umístěny na osách servomotorů. Napájeny jsou stejnosměrně 5 V. Mají zabudovány kotouče s 500 otvory na otáčku, což při kvadraturném snímání a čtyřnásobné přesnosti dává $N_{IRC} = 2000$ pulzů na otáčku. Ze známeho stoupání pohybových šroubů $S = 25$ mm/ot a poměru šnekové převodovky $K_{prev} = 50 : 1$ lze vypočítat podle vzorce 3.1 počet pulzů na mm posunu osy $N = 4000$.

$$N = \frac{K_{prev} \cdot N_{IRC}}{S}, [\text{N/mm}; -; \text{n/ot}; \text{mm/ot}] \quad (3.1)$$

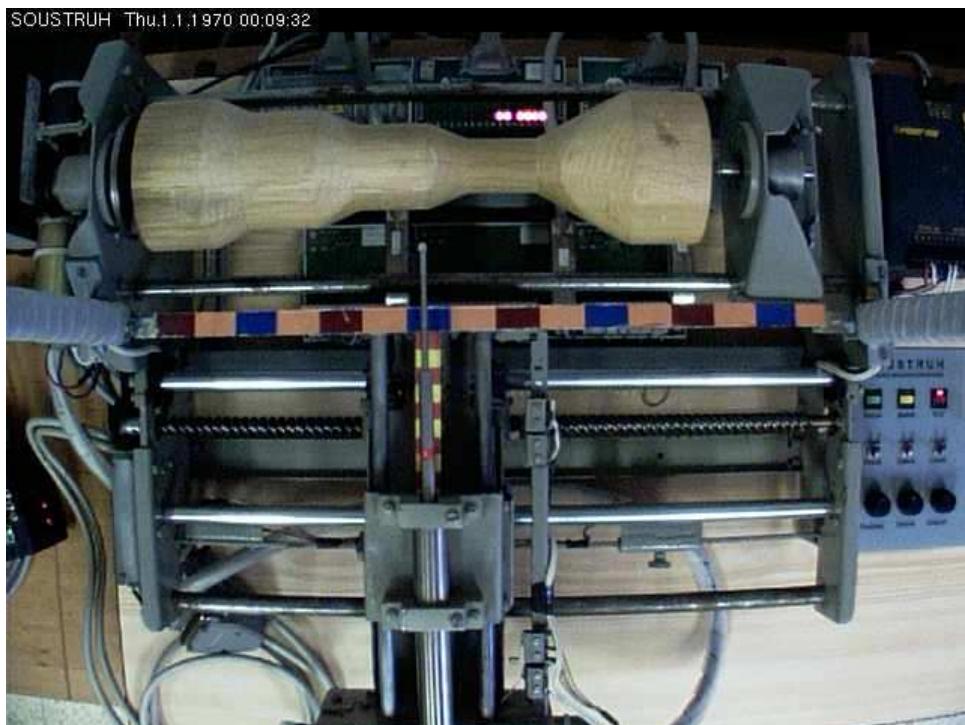
Ke snímání vzdálenosti mezi vřetenem a příčnou osou je použit snímač MDCT50 firmy Megatron. Je založen na principu lineárního diferenciálního transformátoru s pohyblivým jádrem, které se zasouvá proti pružině dovnitř. Měřicí rozsah se pohybuje v rozmezí 0 - 50 mm s napěťovým výstupem 0 - 10 V.

Rychlosť otáčení vřetene je snímána tachodynamem K4A2 firmy MEZ Náchod. Převodní konstanta je 2 V/1000 ot./min při maximální rychlosti 5000 ot./min. Výstup je napěťový v rozsahu ± 10 V.

Na obou koncích podélné i příčné osy pohybu jsou umístěny ve dvojicích koncové spínače. Jeden provozní, který je připojen k programovatelnému automatu a druhý havajní, který hardwarově odepíná zesilovač pro pohyb osy v daném směru, tak aby nedošlo k poškození modelu.

3.3 Webová kamera

Pro zobrazení modelu na webovém rozhraní je na vrcholu rámu nainstalována kamera, která je připojena přes ethernet do počítačové sítě laboratoře. Pohled na model z kamery je na Obr. 3.3.



Obrázek 3.3: Pohled na model z webové kamery

3.4 Napájení

Napájení modelu je realizováno zdrojem LWN 2660-6 firmy Power One, který je podobný zdroji použitém na modelu vznášení. Rozdílem je možnost využití dvou výstupů a maximální zatížení 250 W.

Kapitola 4

ControlLogix

Programovatelný automat ControlLogix patří do nejnovější rodiny modulárních řídících systémů Logix od firmy Rockwell Automation. Je tvořen šasi (Obr. 4.1), do něhož jsou vkládány různé moduly dle potřeby. Základní jednotkou je procesor, který disponuje velkým výpočetním výkonem, rychlostí a širokou škálou struktur programů. Za zmínu stojí možnost umístit do jednoho šasi více procesorů, jejich počet je omezen pouze možnostmi napájení. Procesor dokáže najednou zpracovávat až 32 úloh, 128 000 logických vstupů a výstupů nebo 4000 analogových kanálů. Dále zajišťuje konfiguraci modulů v šasi po vnitřní paralelní 64 bitové sběrnici ControlBus.



Obrázek 4.1: Automat ControlLogix

Moduly se dají rozdělit do několika kategorií. První jsou vstupní a výstupní, které zpracovávají informace z technologického procesu. Lze sem například zařadit analogové/digitální vstupy a výstupy, reléové výstupy a jiné. Další kategorie jsou komunikační moduly, sloužící k přenosu dat mezi různými řídícími systémy, decentralizovanými periferiemi a panely operátora. Poslední kategorie jsou speciální moduly, enkodéry, redundantní moduly, pohybové moduly nebo webový server popsaný dále v kapitole 6.

4.1 Hardwarová konfigurace

V tabulce 4.1 je přehled používaných modulů v rámci automatu, který má celkem 13 slotů číslovaných od nuly. Kromě nich jsou nainstalovány i další moduly pro použití k jiným účelům, než je řízení modelů Soustruh a Vznášení. Například k modulu digitálních vstupů ve slotu 1 jsou přivedeny i signály z polohovacího přípravku, který slouží k výuce předmětů zaměřených na programovatelné automaty.

Znalost konfigurace je důležitá pro možnost programování automatu. Před samotným začátkem je potřeba v prostředí RSLogix 5000 vytvořit tuto konfiguraci. Konkrétní nastavení všech modulů se lze dočíst v diplomových pracích Ing. Guby [1] a Ing. Matoucha [2], ve které je i konfigurace pohybových os pro řízení modulem 1756-M02AE.

Slot	Modul	Popis
0	1756-L1	Procesor Logix 5550
1	1756-IB32/A	32 digitálních vstupů
3	1756-IF8	8 analogových vstupů se společnou zemí
4	1756-OF6VI	6 analogových výstupů
5	1756-M02AE	Ovládání servomotorů
6	1756-OW16I	16 reléových spínačů
9	1756-DHRI0/B	RIO modul
12	1756-EWEB/A	Ethernetový modul

Tabulka 4.1: Hardwarová konfigurace automatu

4.2 Připojení signálů k automatu

Signály z modelu Soustruh jsou přivedeny přímo do modulů v rámci automatu, naopak signály z modelu Vznášení jsou připojeny do vzdálených vstupů a výstupů umístěných na modelu a k automatu jsou připojeny sběrnicí RIO. Jejich zapojení již bylo popsáno v kapitole 2.

Jedinou výjimku u modelu Vznášení tvoří signály pro zapínání a vypínání napájení modelu. Jelikož moduly vzdálených vstupů a výstupů jsou napájeny ze zdroje modelu, není jimi možné tento zdroj ovládat. Proto byl nově nainstalován přípravek pro vzdálené ovládání napájení, který je připojen k reléovým výstupům přímo v šasi automatu.

- **Analogové vstupy - modul 1756-IF8**

Pro řízení z PLC má význam především informace z LVDT a rychlosť vŕetene snímaná tachodynamem.

Kanál	Popis
0	Polohovací přípravek
1	Tachodynamo
2	LVDT
3	Potenciometr podélná osa
4	Potenciometr příčná osa
5	Potenciometr vŕeteno
6	Signál z karty MF614
7	Ampérmetr

Tabulka 4.2: Zapojení modulu 1756-IF8

- **Analogové výstupy - modul 1756-OF6VI**

Pro řízení modelu soustruhu je využit pouze jediný analogový výstupní signál a to pro řízení rychlosť otáčení vŕetene. Napěťový rozsah výstupu se může pohybovat v rozsahu $\pm 10\text{ V}$. Vŕetenem je tedy možné otáčet v obou smerech.

Kanál	Popis
0	Polohovací přípravek
1	Řídicí signál vŕetene
2	Signál do karty MF614
3 - 5	Nepřipojeny

Tabulka 4.3: Zapojení modulu 1756-OF6VI

- **Digitální vstupy - modul 1756-IB32/A**

Signály jsou na napěťových úrovních 0 a 24 V, jejich připojení k modulu je v tabulce 4.4. K modulu jsou připojeny i signály z polohovacího přípravku, který není s modelem Soustruh spojen a slouží k výuce programovatelných automatů.

Kanál	Popis
0 - 14	Polohovací přípravek
15 - 24	Nepřipojeny
25	Ruční řízení
26	Řízení z PC
27	Řízení z PLC
28	Koncový spínač podélná osa - levý
29	Koncový spínač podélná osa - pravý
30	Koncový spínač příčná osa - levý
31	Koncový spínač příčná osa - pravý

Tabulka 4.4: Zapojení modulu 1756-IB32

- **Reléové spínače - modul 1756-OW16I**

Reléovými spínači je ovládáno zapínání a vypínání modelů a také přepínání modelu Soustruh do režimu řízení z PLC.

Kanál	Popis
0 - 10	Nepřipojeny
11	Zapnutí modelu Vznášení
12	Vypnutí modelu Vznášení
13	Přepnutí přepínače pro řízení z automatu
14	Zapnutí modelu Soustruh
15	Vypnutí modelu Soustruh

Tabulka 4.5: Zapojení modulu 1756-OW16I

4.3 Datové struktury

Proměnné v automatu jsou uchovávány v tazích (jedn. číslo tag). Tag je textově vyjádřené jméno pro paměťovou oblast s určenou reprezentací. Každý takto vytvořený tag zabírá v paměti automatu ControlLogix minimálně 4 byty, bez ohledu na to kolik skutečně využívá. Například tag typu BOOL využívá pouze jediný bit z celkových 32,

ostatních 31 bitů zůstává nevyužitých. Pro efektivnější využití paměti je lepší nadefinovat tag typu DINT a k jeho bitům přistupovat pomocí aliasů, které jsou popsány dále.

Scope:	soustruh_vznesenic	Show:	Show All	Sort:	Tag Name		
P	Tag Name		Alias For	Base Tag	Type	Style	Description
►	+ FLEX_I0:I				AB:RIO_4DGROUP:I:0		
	+ FLEX_I0:0				AB:RIO_4DGROUP:0:0		
	+ Local:1:C				AB:1756_DI:C:0		
	+ Local:1:I				AB:1756_DI:I:0		
	+ Local:2:C				AB:1756_DO:C:0		
	+ Local:2:I				AB:1756_DO_Fused:I:0		
	+ Local:2:0				AB:1756_DO:0:0		
	+ Local:3:C				AB:1756_IF8_Float:C:0		
	+ Local:3:I				AB:1756_IF8_Float:I:0		
	+ Local:4:C				AB:1756_AO6_Float:C:0		
	+ Local:4:I				AB:1756_AO6_Float:I:0		
	+ Local:4:0				AB:1756_AO6_Float:0:0		
	+ Local:6:C				AB:1756_D0:C:0		
	+ Local:6:I				AB:1756_D0:I:0		
	+ Local:6:0				AB:1756_D0:0:0		
	+ Local:9:I				AB:1756_DHRI0:I:0		
	s_per_get_bool_desk_control_manual	Local:1:I.Data.25	Local:1:I.Data.25	BOOL	Decimal	Rizeni manualne NC	
	s_per_get_bool_desk_control_PC	Local:1:I.Data.26	Local:1:I.Data.26	BOOL	Decimal	Rizeni z PC NC	
	s_per_get_bool_desk_control_PLC	Local:1:I.Data.27	Local:1:I.Data.27	BOOL	Decimal	Rizeni z PLC NC	
	s_per_get_bool_x_left_end	Local:1:I.Data.28	Local:1:I.Data.28	BOOL	Decimal	Koncak podekna levy NC	
	s_per_get_bool_x_right_end	Local:1:I.Data.29	Local:1:I.Data.29	BOOL	Decimal	Koncak podekna pravy NC	
	s_per_get_bool_y_left_end	Local:1:I.Data.30	Local:1:I.Data.30	BOOL	Decimal	Koncak pricna levy NC	
	s_per_get_bool_y_right_end	Local:1:I.Data.31	Local:1:I.Data.31	BOOL	Decimal	Koncak pricna pravy NC	
	s_per_get_real_current	Local:3:I.Ch7Data	Local:3:I.Ch7Data	REAL	Float	Odberany proud	
	s_per_get_real_LVDT	Local:3:I.Ch2Data	Local:3:I.Ch2Data	REAL	Float	LVDT	
	s_per_get_real_pol_long	Local:3:I.Ch3Data	Local:3:I.Ch3Data	REAL	Float	Potenciometr podelna	
	s_per_get_real_pol_trans	Local:3:I.Ch4Data	Local:3:I.Ch4Data	REAL	Float	Potenciometr pricna	
	s_per_get_real_tacho	Local:3:I.Ch1Data	Local:3:I.Ch1Data	REAL	Float	Tachodynamo	
	s_per_set_bool_PLC	Local:6:0.Data.13	Local:6:0.Data.13	BOOL	Binary	Prepnuti do rizeni z PLC	
	s_per_set_bool_start	Local:6:0.Data.14	Local:6:0.Data.14	BOOL	Decimal	Zapnuti napajeni modelu	
	s_per_set_bool_stop	Local:6:0.Data.15	Local:6:0.Data.15	BOOL	Decimal	Vypnuti napajeni modelu	
	s_per_set_real_spindle_voltage	Local:4:0.Ch1Data	Local:4:0.Ch1Data	REAL	Float	Napeti na vrtecko	
	[] s_pro_input			S_INPUT		PRO	
	[] s_pro_PID_Control				PID		
	[] s_pro_Support				MOTION_GROUP		
	[] s_pro_var				S_PROGRAM		
	[] s_pro_x				AXIS_SERVO		
	[] s_pro_y				AXIS_SERVO		
	[] s_TIMER_activity_timer			TIMER			

Obrázek 4.2: Definice tagů programu

Při vytváření tagů je třeba u každého definovat několik atributů. Na obrázku 4.2 je příklad jejich definice. Sloupec „Tag Name“ určuje pod jakým jménem se bude k datům přistupovat, toto jméno musí být unikátní v celém rozsahu dosažitelnosti. Dále sloupec „Type“ definuje typ tagu, na výběr je několik možností:

- **Base** - Tag pro uchovávání hodnot proměnných základních typů, například BOOL, DINT, REAL nebo datová struktura.
- **Alias** - Reprezentuje jiný tag pod jiným jménem než původní. Je vhodný pro pojmenování vstupů a výstupů modulů, které jsou uložené v datovém typu, který odpovídá modulu automatu. Také je možné jej využít pro efektivnější práci s pamětí.
- **Produced** - Produkovaný tag pro automatické odesílání dat.
- **Consumed** - Konzumovaný tag pro automatické přijímání dat.

Tagy stejného typu lze sdružovat do polí doplněním „[x]“ za název typu, kde x je délka pole. K jednotlivým položkám se přistupuje pomocí indexů v hranatých závorkách z jménem tagu (jmenoTagu[i]).

Datové struktury sdružují několik atomických datových typů, případně dalších struktur do jediného datového typu. V programovém prostředí RSLogix 5000 jsou některé předdefinovány, jako například struktury čítačů (COUNTER) nebo časovačů (TIMER). Další si může uživatel vytvořit podle svých potřeb. V programu potom nemusí být vytvořené nepřehledné množství tagů pro různé účely, ale právě pomocí struktur se dají uspořádat. K vnitřním proměnným strukturám se potom přistupuje přes tečkovou konvenci, obdobně jako ve vyšších programovacích jazycích.

Protože vstupy z webového rozhraní i panelu operátora jsou shodné pro jednotlivé modely, jsou v programu vytvořeny datové typy, které tyto vstupy sdružují. V definici tagů jsou potom vytvořeny dva tagy tohoto typu a program pracuje s jednou, nebo druhou sadou proměnných v závislosti na tom, které rozhraní má přístup k ovládání modelu.

Tagy se dají vytvářet ve více rozsazích dosažitelnosti. Konkrétně ve dvou - Controller scoped a Program scoped. První jsou globálně dosažitelné a je možné s nimi pracovat ve kterémkoliv programu v automatu, dají se využít k výměně dat mezi programy, Program scoped slouží pouze jako lokální a jsou dosažitelné pouze z příslušného programu, ve kterém jsou vytvořeny.

4.4 Přístup ke vstupům a výstupům

Vytvořením hardwarové konfigurace se v Controller Tags vygenerují tagy, které jsou obrazem hardwarových vstupů a výstupů. Ve struktuře tagů jsou jejich hodnoty a diagnostická data. Pro hodnoty jsou vytvořeny tagy typu ALIAS, které umožňují přistupovat k obrazům pod jiným, čitelnějším jménem. Práce se vstupy a výstupy je díky jejich obrazům stejná jako s jakýmkoliv jiným tagem. Přepočet na inženýrské jednotky u analogových vstupů je prováděn automatem podle nastavení konkrétního kanálu v hardwarové konfiguraci.

Odlišnost tvoří práce s analogovými moduly FLEX I/O, jak již bylo zmíněno v kapitole 2. Jejich hodnoty nejsou automaticky mapovány do obrazů vstupů a výstupů, ale musí se přenášet pomocí instrukce MSG (Message). Tato instrukce pracuje s polí celých čísel, do kterých zapisuje nebo čte analogová data. V poli pro čtení, v tomto případě

typu INT[5] jsou kromě dat zapsána i diagnostická data. Pole pro zápis je typu INT[8] a jsou v něm hodnoty výstupů, bezpečné hodnoty výstupů pro případ chyby modulu a konfigurační data jak vstupů tak výstupů. Všechny vstupy i výstupy se konfigurují na napěťové rozsahy 0 - 10 V.

Získané analogové hodnoty však nejsou v inženýrských jednotkách, ale v bezrozměrných číslech. Je nutné provést jejich konverzi podle tabulky 4.6. Poslední řádek není pro převod ze vstupu, ale k obrácenému výpočtu výstupu ze skutečného napětí.

Veličina	Konstanta pro převod	Jednotka po převodu
Poloha tělesa	1/16,38	mm
Tlak	1/327,67	Pa
Otačky ventilátoru	5,33/(3276,7 + 1,53)	ot./s
Napětí na ventilátor	1/3276,7	V
Napětí na ventilátor	3276,7	-

Tabulka 4.6: Vzorce pro přepočet na inženýrské jednotky

4.5 Struktura programu

Programy napsané pro PLC se obecně provádějí v nekonečných smyčkách a jednomu běhu cyklu se říká sken. Program se vyhodnocuje neustále a po svém dokončení je opět spuštěn od začátku. Doba trvání cyklu je závislá na rychlosti procesoru a na délce programu. Není stálá a může se měnit v závislosti na náročnosti kódu.

V automated ControlLogix jsou programy vytvořeny v úlohách (angl. tasks). Ty definují způsob vykonávání programů v nich napsaných a liší se svým určením. Typem, který spouští sken programu ihned po dokončení svého předchozího běhu je průběžná úloha (Continuous Task). Má nastavenou nejnižší prioritu 16 a může být přerušena kdykoliv jinou úlohou s vyšší prioritou (1 - 15).

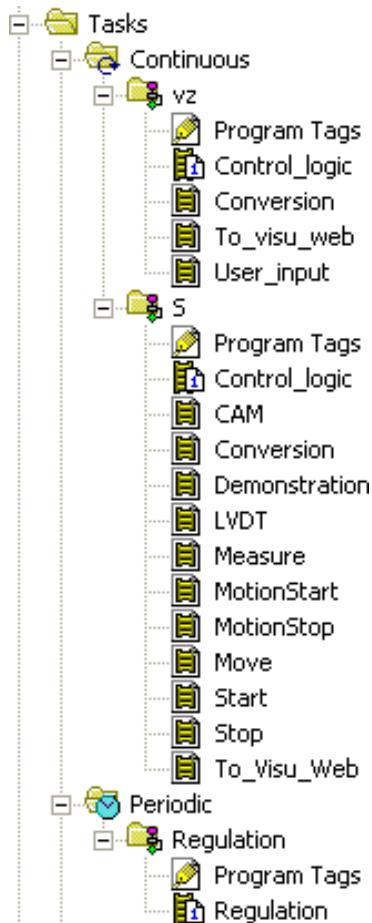
Dalším typem úlohy je periodická (Periodic Task). Program je spuštěn s předem danou periodou v rozmezí 0,1 ms až 2000 s. Při vyvolání této úlohy dojde k přerušení všech úloh s nižší prioritou, provede se jeden sken programu a řízení se vrátí původnímu vlastníkovi.

Poslední typ úlohy je úloha spouštěná při události (Event Task). Může být vyvolána při změně hodnoty vstupu, některými pohybovými operacemi, konzumovaným tagem

nebo instrukcí EVENT. Další podrobnější informace o programových strukturách jsou k nalezení v manuálu [10].

Každá úloha musí obsahovat minimálně jeden program, který je v ní spouštěn. Program dále obsahuje hlavní rutinu, která je spuštěna při vyvolání programu. Další rutiny jsou spouštěné z této pomocí instrukce JSR (Jump to Subroutine).

Struktura vytvořeného demonstračního programu je na Obr. 4.3. Dále jsou popsány programy pro řízení a demonstraci možností modelů.



Obrázek 4.3: Struktura programu PLC

4.6 Řízení modelů

Programy ovládání mají stejnou základní strukturu pro oba modely. Musejí se vyprádat s možností současného přístupu uživatele z panelu operátora a více uživatelů z webového rozhraní. Protože není možné připustit zásah někoho jiného do řízení uživate-

le, který by o tom nevěděl, byl vytvořen systém rezervací modelů. Veškerá práce s modely je umožněna až v okamžiku rezervování, čímž se zajistí zablokování ovládání ostatním uživatelům. Pro identifikaci uživatele webového rozhraní je definován tag typu STRING, kam modul 1756-EWEB zapíše hodnotu cookie, která je zároveň uložena v prohlížeči uživatele. Více o rezervacích z webového rozhraní je napsáno v kapitole 6. Protože panel operátora je na pracovišti jen jeden, stačí si uchovat informaci o rezervaci z vizualizace v podobě jednoho bitu, který je nastaven na logickou jedničku v případě platnosti rezervace. Platnost rezervace automaticky vyprší po uplynutí doby 10 minut, pokud nedojde k jejímu obnovení původním vlastníkem. Po vypršení rezervace dojde k automatickému vypnutí modelu.

Programy dále zajišťují realizaci vlastního řízení. Pro model Vznášení jde o regulaci polohy předmětu v trubce nebo nastavování uživatelem navoleného napětí na ventilátoru. Pro model Soustruh to jsou funkce ovládání pohybu os pomocí pohybových instrukcí a regulace rychlosti otáčení vřetene.

Program pro model Vznášení realizuje přenos analogových hodnot mezi automatem a moduly vzdálených vstupů a výstupů pomocí instrukcí MSG. Ta je asynchronní a je volána v co nejkratších možných intervalech, kdy se střídá zápis se čtením.

Vizualizační rozhraní nastavují určené logické proměnné v automatu na jedničku v případě požadavku od uživatele. Automat je po zpracování požadavku nastavuje na nulu a tím potvrzuje jejich zpracování.

Výstupy pro panel operátora i webové rozhraní programy upravují tak, aby se všechny logické proměnné jevily z pohledu vizualizací „Normally Open“. To to znamená, že jsou v logické jedničce pokud jsou aktivní.

4.6.1 Regulace polohy předmětu v trubce

Pro řízení polohy předmětu v trubce modelu Vznášení lze v PLC napsat libovolný regulátor, zde však postačil regulátor PID implementovaný v automatu jako instrukce. Pro její použití je třeba zajistit, aby byla volána v pravidelných okamžicích s pevnou periodou. Ta byla odvozena od obnovovací frekvence laserového senzoru popsaného v kapitole 2. Algoritmus výpočtu je tedy volán každých 10 ms pro přesnější řízení a co nejrychlejší reakci.

Pro dodržení krátké a přesné periody byl nakonfigurován Periodic Task, procesor automatu dokáže dodržet periodu v rámci deseti milisekund. Ten periodicky přerušuje Continuous Task a vykonává vlastní program, ve kterém vypočítává regulační zásah po-

mocí instrukce PID. Tuto instrukci je možné nakonfigurovat velmi různorodě. V našem případě tak, že regulační zásah je vypočítáván obdobně jako spojitým regulátorem popsaným v rovnici 4.1.

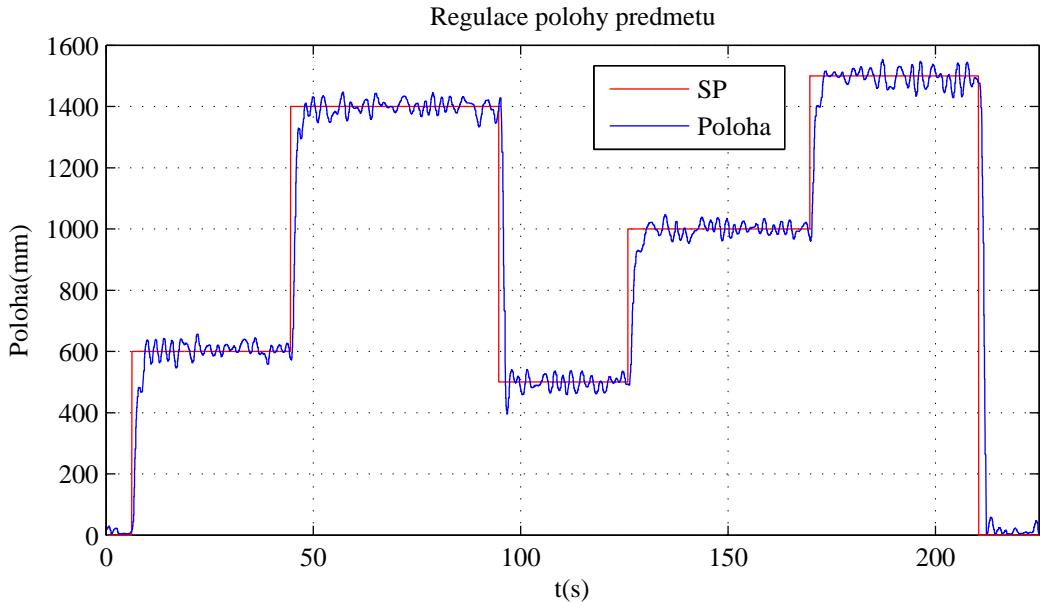
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} + BIAS \quad (4.1)$$

Jelikož automat je ze své podstaty diskrétním systémem, regulátor je realizován také diskrétně 4.2.

$$u(kT) = K_p e(kT) + K_i T \sum_{i=0}^{k-1} e(iT) + K_d \frac{e(kT) - e((k-1)T)}{T} + BIAS \quad (4.2)$$

K_p , K_i a K_d jsou konstanty regulátoru a e rozdíl žádané hodnoty a procesní proměnné (regulované veličiny). Konstanta $Bias$ je offset nastavovaný na výstupu regulátoru. Toho je využito pro posunutí modelu do pracovního bodu ($U = 4,6$ V), ve kterém byl identifikován Ing. Pavlem Gubou [1]. T je perioda výpočtu PID instrukce 10 ms, která jí je předávána jako parametr (Loop Update Time).

Na Obr. 4.4 je znázorněna regulace polohy předmětu touto instrukcí pro konstanty $K_p = 0,4$, $K_i = 0$ a $K_d = 0,1$.



Obrázek 4.4: Regulace polohy předmětu

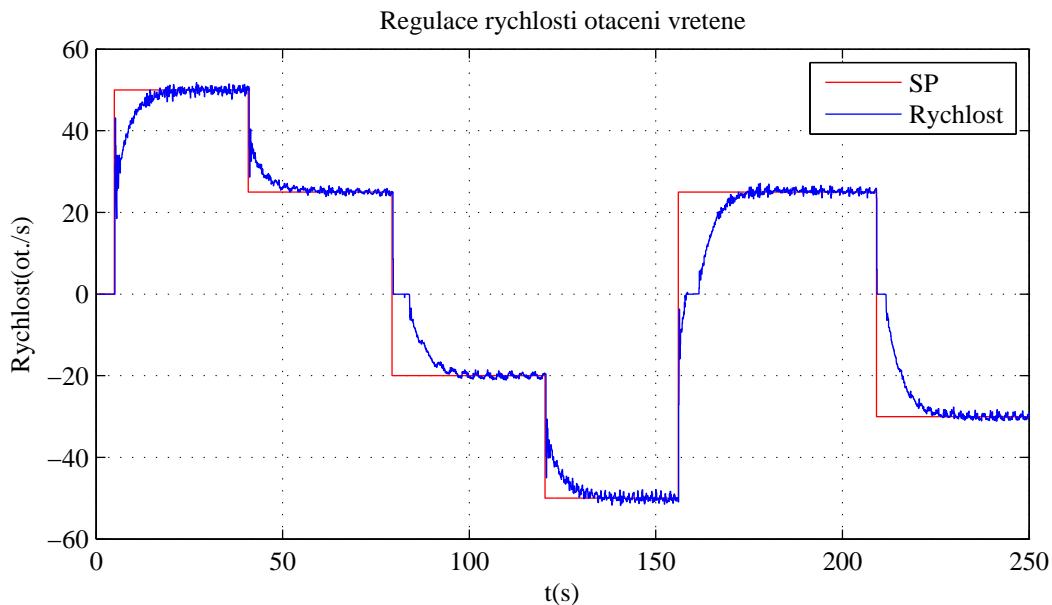
4.6.2 Řízení servomotorů

Pohyb os soustruhu je řízen modulem 1756-M02AE, ke kterému jsou připojeny IRC kanály, provozní koncové spínače a řídicí signály motorů. Kvadraturní dekodér signálů z IRC poskytuje informaci o relativní poloze pohybové osy. Snímání absolutní polohy je řešeno dojetím na koncový spínač a vynulováním aktuální polohy.

Nakonfigurované pohybové osy je možno ovládat instrukcemi, které jsou popsány v manuálu [9] nebo česky v diplomové práci Ing. Nováka [4]. S jejich pomocí Ing. Matouch [2] vytvořil rutiny pro základní práci s modelem. Z těchto rutin byl vytvořen demonstrační program, který kalibruje senzor vzdálenosti, změří profil a následně pohybem příčné a podélné osy zkopiuje profil obrobku.

Rychlosť otáčení vřetene je řízena regulátorem PID ve stejném programu jako je regulace polohy předmětu pro model Vznášení. Aktuální rychlosť je měřena tachodynamem, jehož výstup je připojen k analogovému vstupu modulu 1756-IF8. Řídicí signál servomotoru je nastavován na výstupním modulu 1756-OF6VI. V tomto případě je konstanta BIAS v rovnici 4.2 nastavena na 50%, tak aby bylo možné řídit nejen rychlosť, ale i směr otáčení. Při výstupu regulátoru 50% je na výstupním modulu nastaveno napětí 0 V a vřeteno se neotáčí.

Na Obr. 4.5 je znázorněna regulace rychlosti otáčení pro konstanty $K_p = 1$, $K_i = 1$ a $K_d = 0$. V okolí nulových otáček je vidět i vliv pásma necitlivosti servomotorů.



Obrázek 4.5: Regulace rychlosti otáčení vřetene

Kapitola 5

Panel operátora

5.1 Panel VersaView 1000H

Panel VersaView 1000H (Obr. 5.1) je umístěn v polohovatelném stojanu u modelu Vznášení, ze kterého je napájen. Jeho čelní část je tvořena z velké části dotykovým displejem s rozlišením 640 x 480 bodů a úhlopříčkou 26,4 cm. Dále je na čelní straně numerická klávesnice a funkční klávesy pro snadnější ovládání. Na spodní straně se nachází konektor pro napájení, dva USB porty a po jednom ethernetovém a sériovém konektoru.



Obrázek 5.1: Panel VersaView 1000H

Na rozdíl od jiných operátorských panelů, které často dovolují pouze spouštění vizualizačních aplikací, je tento vybaven operačním systémem Windows CE. Díky tomu je možné, kromě spouštění runtime aplikací RSView ME, prohlížení dokumentů ve formátu PDF, MS Excel a MS Word, přehrávání videí nebo prohlížení webových stránek. Další užitečnou funkci tvoří FTP server pro přenos souborů.

5.2 Připojení k automatu

Panel je k automatu připojen ethernetovým rozhraním přes počítačovou síť laboratoře a modul 1756-EWEB v šasi automatu. Protože ve vizualizaci se jedna proměnná automatu využívá pro více grafických objektů, bylo by nepraktické každý navázat přímo na tag v automatu. Změnou názvu tagu v automatu by bylo nutné opravit každý objekt tento tag využívající. Místo toho jsou grafické objekty navázány na interní tag vizualizace a až u něj je definováno připojení k proměnné automatu. Tak se při změně jména nebo umístění tagu v automatu musí toto opravit pouze na jednom místě vizualizace.

5.3 Vizualizace

Vizualizace byla vytvořena v programu RSView ME s rozlišením 640 x 480 bodů. Není vytvořena pro konkrétní typ panelu, ale je přenosná mezi zařízeními se stejným rozlišením a verzí firmware. Po spuštění vizualizace se načte výchozí obrazovka (Obr. 5.2), která obsahuje informace o základních vlastnostech modelů. V tabulce 5.1 je výčet možností, které mohou nastat při ovládání modelů.

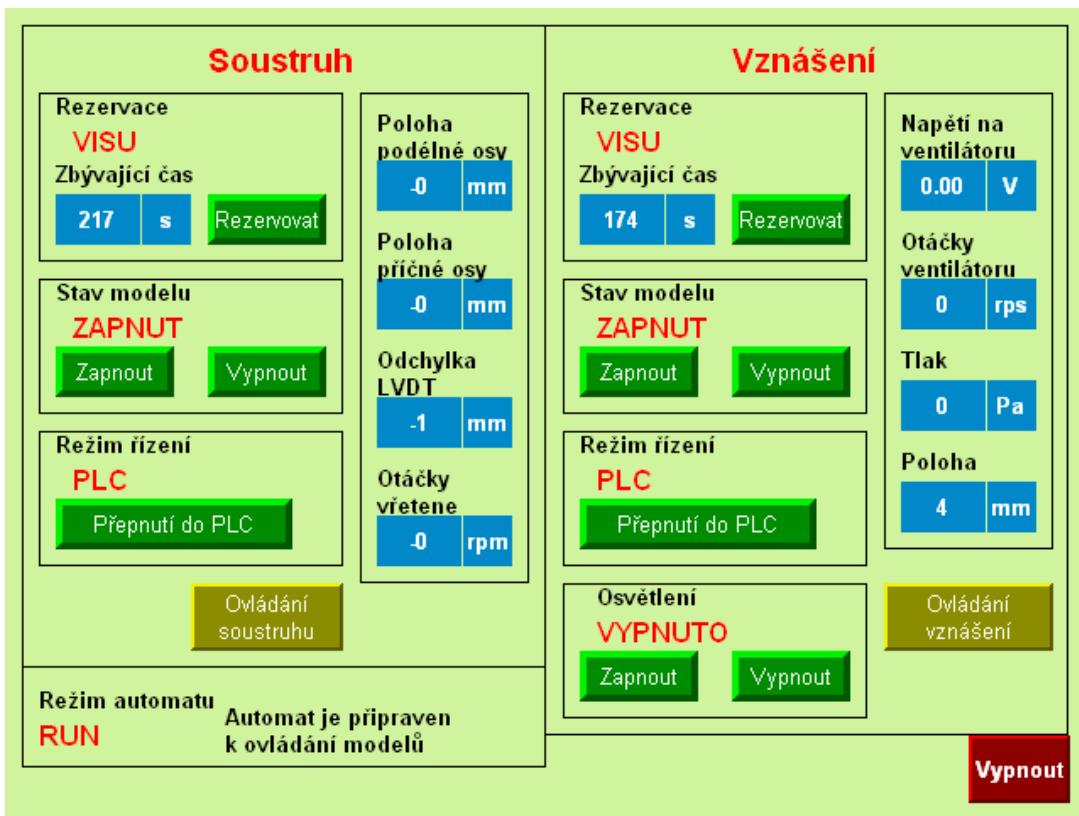
Box Rezervace		Box Režim řízení	
VISU	Vlastníkem je vizualizace	PLC	Řízení z PLC
WEB	Vlastníkem je webové rozhraní	PC	Řízení z PC
—	Model není rezervován	MANUAL	Ruční řízení

Tabulka 5.1: Zobrazované možnosti v informačních boxech

Pro oba modely je zobrazen vlastník rezervace, její zbývající čas a tlačítko pro možnost

rezervace. Oba umožňují vzdálené zapnutí a vypnutí napájení, které je možné ovládat tlačítka ve vizualizaci. Také je realizována možnost přepnout do režimu řízení z PLC. Pro model Vznášení je umožněno zapínání a vypínání osvětlení, pokud to vyžadují světelné podmínky v laboratoři.

V částech určených pro vizualizaci modelů jsou umístěny informace o aktuálních hodnotách výstupů senzorů.



Obrázek 5.2: Výchozí obrazovka vizualizace

Ve spodní části je informační box s režimem automatu. Detekce probíhá pomocí makra, které porovnává minulou a současnou hodnotu akumulované hodnoty časovače v PLC. Pokud jsou hodnoty rozdílné, časovač je spuštěn a automat je v režimu RUN. Pokud nejsou rozdílné časovač není spuštěn a dá se vyvozovat, že automat je v režimu PROGRAM.

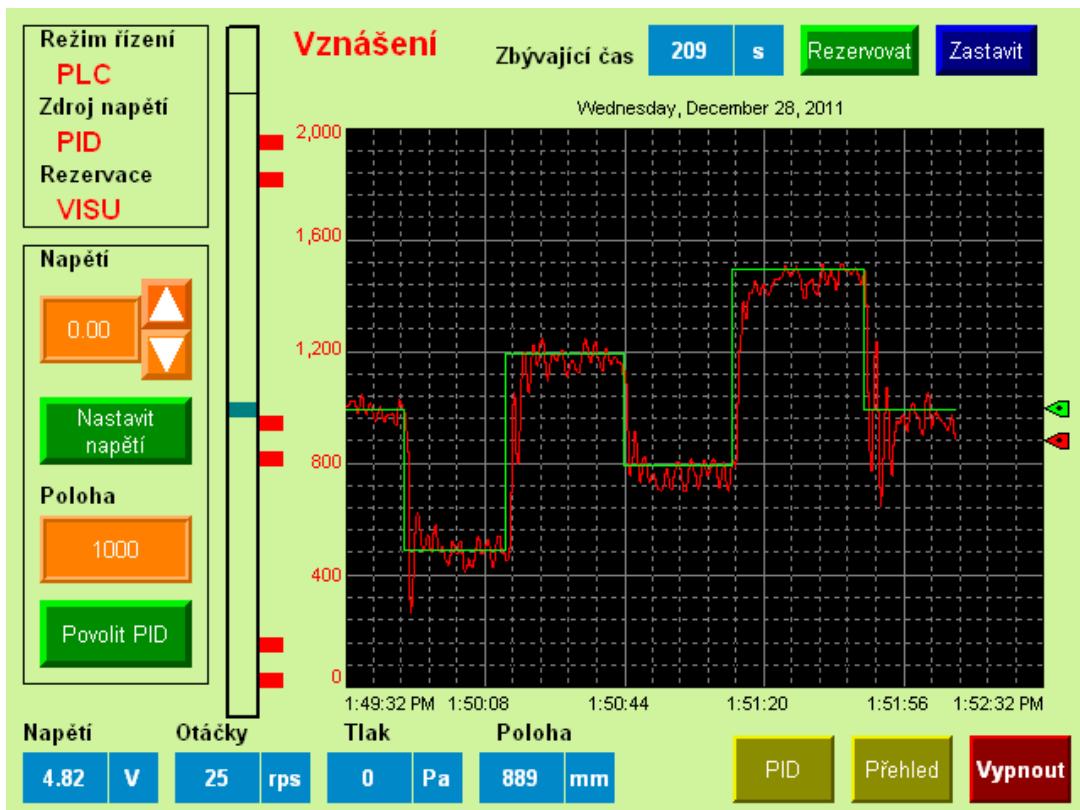
Pomocí tlačítek pro přepínání obrazovek je možné přepnout vizualizaci do částí určených pro řízení modelů, ve kterých jsou podrobnější nastavení řízení a vizualizace průběhů.

5.3.1 Vizualizace modelu Vznášení

Velkou část obrazovky (Obr. 5.3) zabírá trend (graf) znázorňující vývoj polohy předmětu v trubce v čase. Po levé straně obrazovky je informační box s vlastníkem rezervace a stavem přepínačů režimu řízení modelu popsanými v Tab. 5.1. Dále je zobrazen zdroj ovládacího napětí ventilátoru, které je možné nastavovat ručně, nebo regulátorem PID.

Nalevo od trendu se nachází animace znázorňující polohu předmětu a stav snímačů, které jsou aktivní v případě pohybu předmětu na jejich úrovni.

Ve spodní části jsou zobrazeny hodnoty výstupů ze senzorů a tlačítka pro přepínání mezi obrazovkami. Tlačítkem PID je možné přejít k nastavení konstant regulátoru a omezení jeho výstupu.



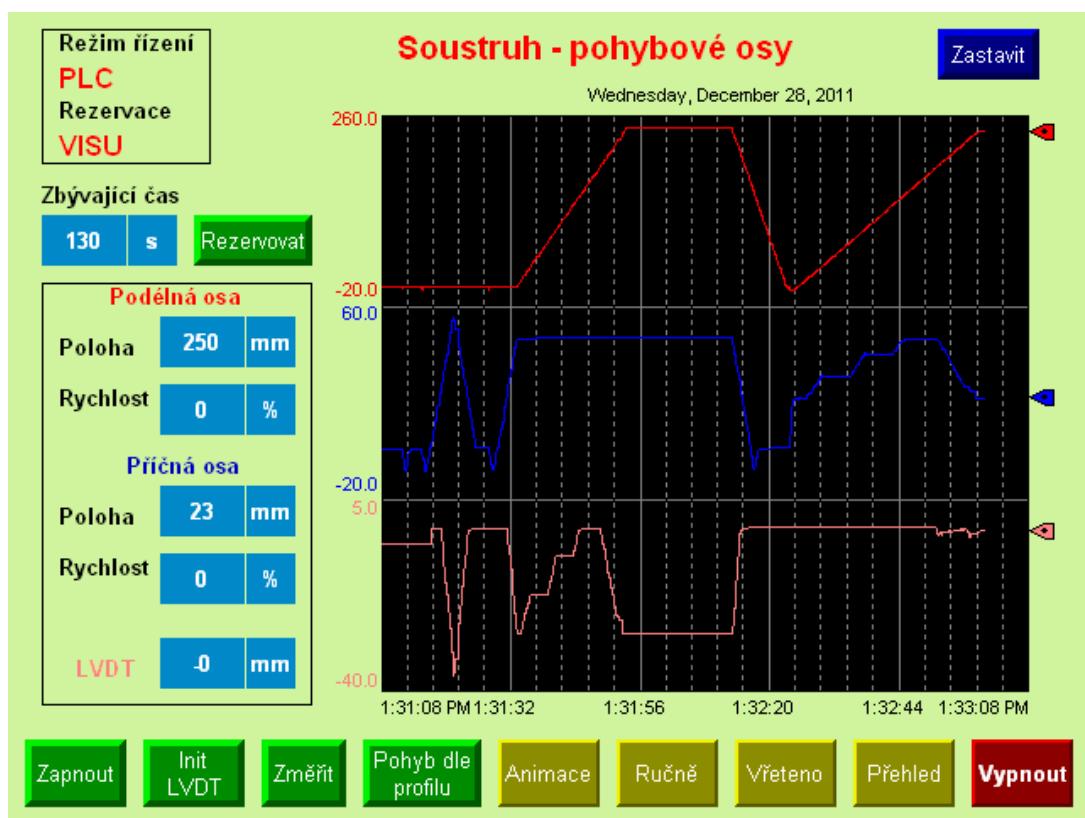
Obrázek 5.3: Obrazovka ovládání modelu Vznášení

5.3.2 Vizualizace modelu Soustruh

Největší část je tvořena grafem znázorňujícím polohu os soustruhu a odchylku měřenou snímačem vzdálenosti. Pro každý průběh je v grafu vyhrazena jedna třetina z důvodu

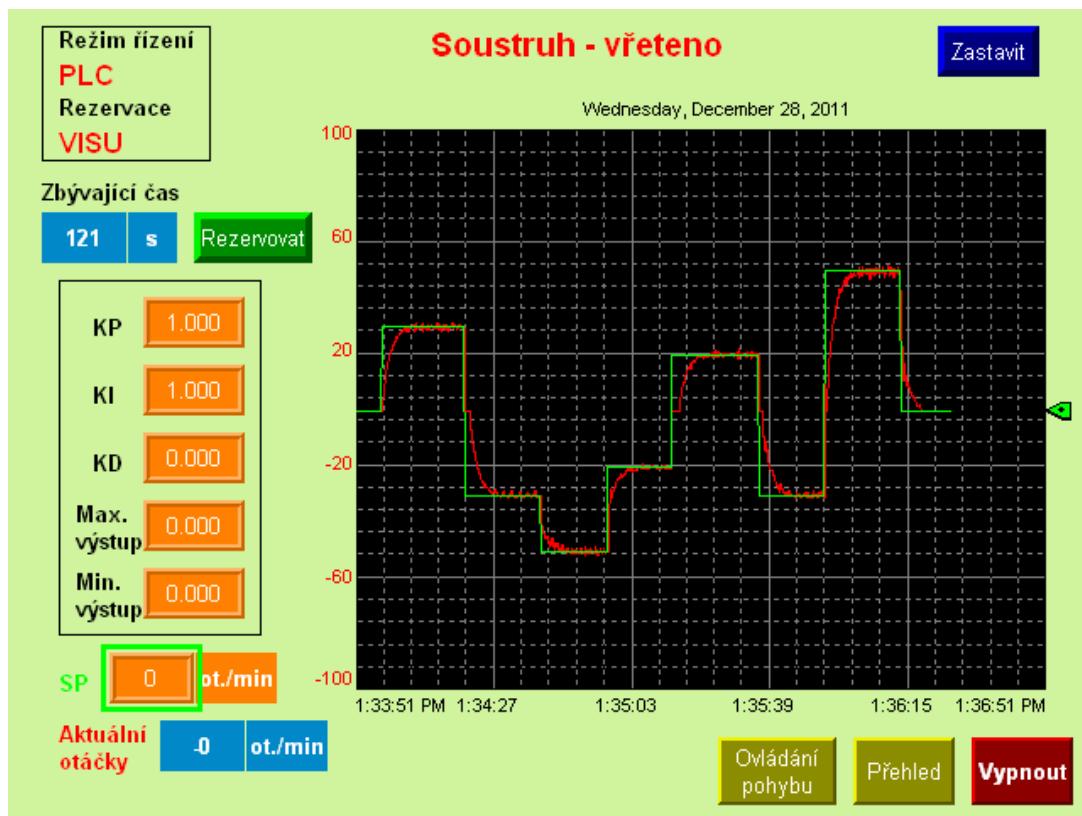
různých měřitelných rozsahů. Při zobrazení v jednom grafu s jednotným měřítkem by byly některé průběhy nečitelné.

Tlačítkem Animace ve spodní části obrazovky lze přepínat mezi zobrazením grafu nebo animace, která zjednodušeně znázorňuje polohu os. V levém horním rohu se nachází informační box se stavem přepínače režimu řízení na desce modelu a informace o vlastníkovi rezervace. Pod ním je box se zbývajícím časem rezervace a tlačítko pro rezervaci. Dále jsou zobrazeny číselné hodnoty rychlosti a polohy pohybových os a odchylka snímače vzdálenosti.



Obrázek 5.4: Obrazovka ovládání modelu Soustruh

Tlačítkem Vřeteno je možné přepnout na obrazovku (Obr. 5.5) určenou pro řízení rychlosti otáčení vřetene. Na ní je zobrazen trend rychlosti otáčení a požadované hodnoty pro jednoduché odladění regulátoru, jehož konstanty je možné nastavovat v levé části obrazovky.



Obrázek 5.5: Obrazovka ovládání vřetene

Kapitola 6

Webové rozhraní

6.1 Modul 1756-EWEB/A

Modul poskytuje ethernetové rozhraní pro automat v němž je použit. Kromě zprostředkování komunikace mezi procesorem a okolními zařízeními je také důležitá možnost vytvoření uživatelských webových stránek, které mohou být přístupné ze sítě internet. Přes tyto stránky je pak možné modifikovat proměnné v automatu a v tomto případě řídit modely Soustruh a Vznášení.

Konfigurace modulu se provádí přes webové rozhraní, které je v modulu implementováno od výrobce. Přístup k němu je přes nastavenou IP adresu. Pokud jako výchozí stránka není nastavená defaultní, je nutné za adresu doplnit „index.html“, jinak dojde k přesměrování na uživatelské stránky. Příkladem může být adresa pro přístup ke konfiguraci modulu použitého v této práci:

`http://147.32.87.135/index.html`

Popis konfiguračních možností modulu česky popsal Zdeněk Prokůpek ve své sejmistrální práci [6].

6.2 Data View

Data View slouží k zapisování a čtení hodnot proměnných v automatu. Jedná se o XML soubor, ve kterém jsou uloženy informace o proměnných, které chceme používat. Vytváří se pomocí formuláře v konfiguračním rozhraní modulu. Takto lze přistupovat

pouze k proměnným ve stejném rámci jako je modul a musí být atomického typu (BOOL, SINT, INT, DINT, REAL, STRING). Není možné definovat proměnnou typu pole nebo uživatelského typu.

6.3 Webové stránky

6.3.1 Přístup k proměnným automatu

Přístup k tagům automatu lze rozdělit na dvě části, zapisování a čtení. Modul podporuje platformu ASP, která je využita pro čtení proměnných z procesoru. To znamená, že stránka je před svým odesláním klientovi zpracována interpretem ASP a v našem případě doplní hodnoty proměnných do kódu webové stránky.

Funkce ASP pro čtení dat z automatu, napsaná v JavaScriptu má následující tvar:

```
<%ReadLogixTag("path","tagname","tagtype")%>
```

Text ohrazený `<% %>` je zpracováván serverem. Parametr path určuje cestu k procesoru, v našem případě „1,0“. První číslo je číslo backplane a druhé je číslo slotu, ve kterém je umístěn procesor. Parametr tagname je jméno tagu a tagtype jeho typ. Tag, který chceme vyčíst z procesoru musí být nadefinován v Data View.

Zápis hodnot do automatu je řešen pomocí formulářů HTML a JavaScriptu. Po vyplnění formuláře a jeho odeslání dojde k zápisu hodnoty do tagu v automatu. Dále je příklad formuláře pro zápis hodnoty do tagu.

```
<form action='/rokform/WriteLogixTags' method='POST'>
<input type='hidden' name='redirect' value='redirect'>
<input type='hidden' name='numtags' value='1'>

<input type='hidden' name='t_1_tagname' value='tagname'>
<input type='hidden' name='t_1_slot' value='0'>
<input type='hidden' name='t_1_type' value='REAL'>
<input type='hidden' name='t_1_display' value='Decimal'>
<input type='hidden' name='t_1_changed' value='1'>
<input type='hidden' name='t_1_value' value='0'>
</form>
```

V následujícím výčtu jsou popsány jednotlivé položky formuláře pro zápis dat. V jednom formuláři je možné zapsat do více tagů nadefinováním dalších položek jako „`t_2_tagname`“ atd. a upravením parametru numtags.

- **redirect** - Webová adresa, kam bude prohlížeč přesměrován po odeslání formuláře.
- **numtags** - Počet tagů, které jsou ve formuláři odeslány.
- **tagname** - Jméno tagu, do kterého bude zapsána hodnota.
- **slot** - Číslo slotu, ve kterém je procesor do jehož tagu se bude zapisovat.
- **type** - Typ tagu, zapsat je možné pouze do tagů atomických typů.
- **display** - Formát zobrazení.
- **changed** - Označuje, zda byl tag změněn.
- **value** - Hodnota tagu, která bude zapsána.

6.3.2 Rezervace modelu

Jak bylo zmíněno v kapitole 4, modely je nutné rezervovat po dobu práce, tak aby nedocházelo ke kolizím v přístupu k řízení modelů. Z webového rozhraní je nutné identifikovat uživatele, který zadal rezervaci. Toto je nutné provádět uložením identifikační informace na straně klienta i serveru.

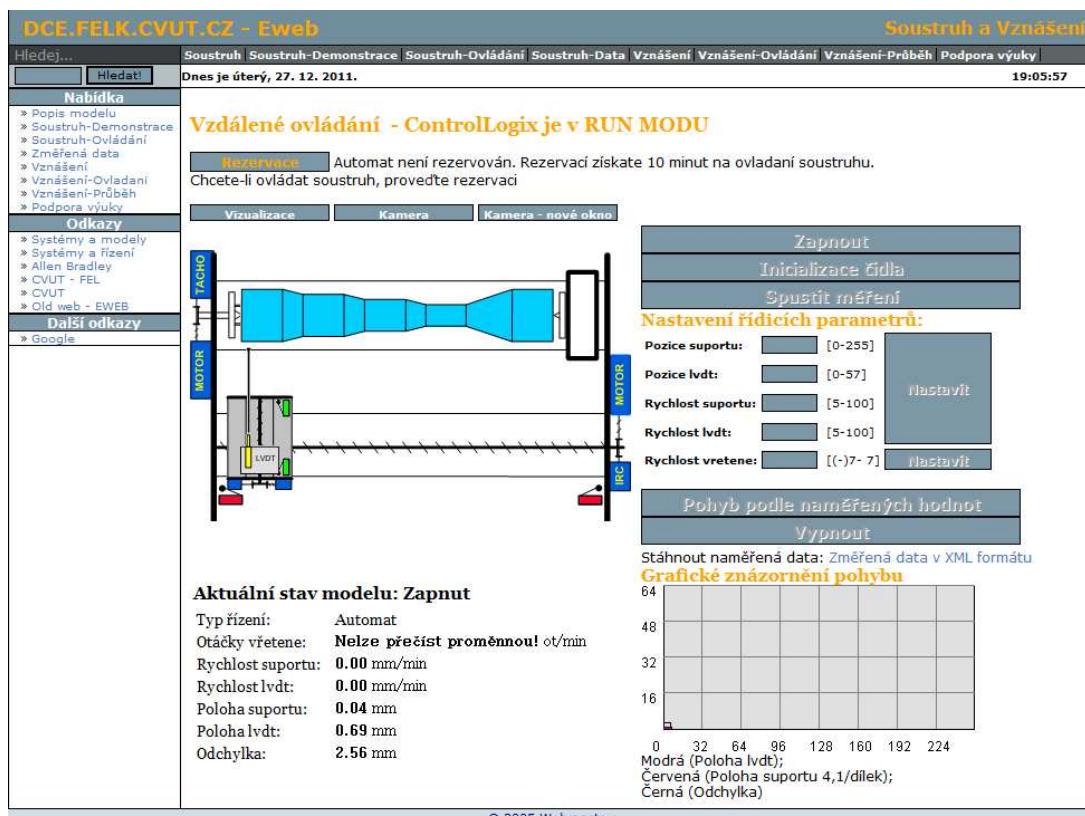
Na straně serveru je identifikace uložena v tagu procesoru spolu s bitem, který je nastaven na logickou jedničku po dobu platnosti rezervace. U klienta není možné informaci uložit například do proměnné JavaScriptu, protože by došlo k jejímu smazání po první znovounačtení stránky. Proto je využito cookie, ve kterém je zachována uložená hodnota nezávisle na načítání stránek.

Jako identifikace se využívá hodnoty aktuálního času v době rezervace, která se uloží na obou stranách. Pokud jsou tyto hodnoty stejné a bit s platností rezervace je nastaven na jedničku, jsou povoleny řídicí prvky na webovém rozhraní, a je možné modely ovládat.

6.3.3 Vzhled a struktura

Vizualizace na webovém rozhraní svým vzhledem (Obr. 6.1) vychází ze semestrální práce Zdeňka Prokůpka [5]. Byla vytvořena nová struktura stránek pro snazší editaci ob-

sahu a přidávání komponent. Základ zobrazované stránky je tvořen tabulkou (<table>), v níž je vytvořeno menu pro přepínání mezi jednotlivými podstránkami. Jejich zdrojový kód je v samostatných html souborech a do tabulky jsou vloženy jako plovoucí rámy (<iframe>).



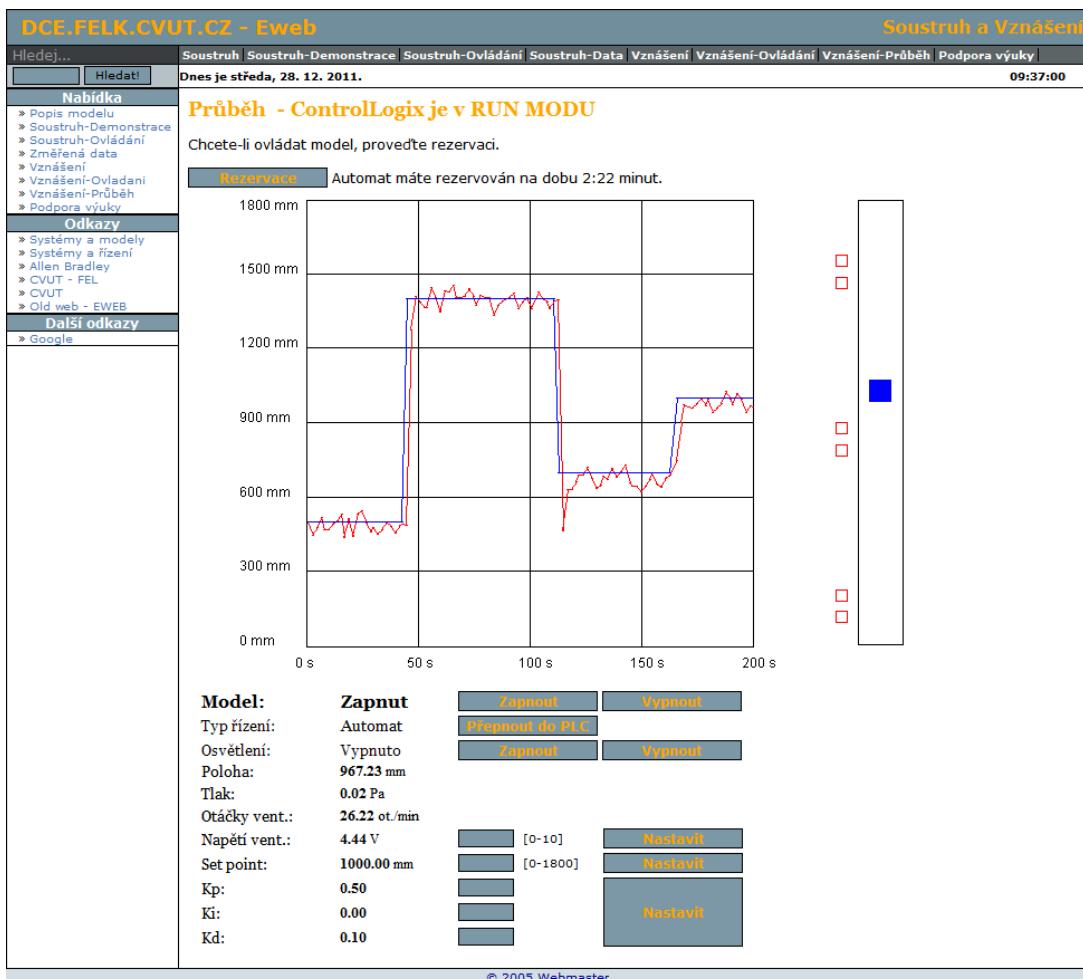
Obrázek 6.1: Stránka ovládání modelu Soustruh

Na Obr. 6.1 je stránka věnovaná ovládání modelu Soustruh. V horní části obrazovky se nachází informace o aktuálním stavu automatu. Rozlišovány jsou dva - režimy RUN a PROGRAM. Způsob detekce je stejný jako u vizualizace pro panel operátora, tedy porovnáváním minulé a aktuální akumulované hodnoty časovače. Pokud jsou hodnoty stejné, časovač není spuštěn a automat je v režimu PROGRAM.

Pod stavem automatu se nachází tlačítko pro rezervaci modelu a informace o jejím stávajícím stavu.

Aktuální stav modelu je zobrazen pomocí animace grafických objektů a výčtem aktuálních hodnot výstupů modelu. Animaci je možné přepnout na pohled z webové kamery.

Dále je možné přepnout na stránku s grafickým zobrazením změřeného profilu.



Obrázek 6.2: Stránka ovládání modelu Vznášení

Na Obr. 6.2 je stránka s ovládáním modelu Vznášení. Obsahuje stejné informace o stavu automatu jako stránka modelu Soustruh. Byl vytvořen applet v programovacím jazyku Java, který zobrazuje průběh regulace polohy předmětu pomocí PID regulátoru. Dále obsahuje applet, který vytvořil Ing. Guba [1]. Ten zobrazuje polohu předmětu jako animaci grafických objektů včetně stavu reflexních senzorů po stranách trubky.

Další stránka věnovaná modelu Vznášení místo appletu s vývojem polohy předmětu v čase obsahuje pohled z webové kamery, která byla nově umístěna na vhodnější místo v laboratoři.

Kapitola 7

Závěr

Tato práce se věnovala společnému řízení a vizualizaci výukových modelu Soustruh a Vznášení v laboratoři Allen-Bradley v budově Fakulty elektrotechnické na Karlově náměstí.

K řízení byl použit automat ControlLogix, pro který byl vytvořen program sloužící k demonstraci hlavních možností obou modelů. Pro model Vznášení jde především o regulaci polohy předmětu v trubce pomocí instrukce PID, která v automatech ControlLogix implementuje stejnojmenný regulátor. Program pro model Soustruh reguluje rychlosť otáčení vřetene a řídí pohybové osy využitím funkcí modulu 1756-M02AE. Pro oba modely je realizován systém rezervací pro zajištění jedinečnosti přístupu z více vizualizačních rozhraní.

Byla vytvořena vizualizace pro panel operátora VersaView 1000H v programovém prostředí RSView ME, která umožňuje základní ovládání modelů a vizualizaci jejich stavu.

Vizualizace na webovém rozhraní pro server modulu 1756-EWEB byla vytvořena především s pomocí jazyků HTML, JavaScript a ASP. Pro vzdálené zapínání a vypínání modelu Vznášení byl nainstalován přípravek pro ovládání napájení řízený reléovými výstupy automatu.

Na modelu Vznášení si mohou studenti prakticky vyzkoušet identifikaci a návrh regulátoru především v programovém prostředí Matlab. Studenti předmětů, zaměřených na programovatelné automaty, si mohou vyzkoušet též regulaci polohy pouze za využití výstupů snímačů po stranách trubky.

Model Soustruh poskytuje možnost identifikace servomotoru pro otáčení vřetene a jeho regulaci. Stejně možnosti jsou i u servomotorů pro řízení pohybu os, u kterých je vhodné regulátory navrhnout tak, aby nedocházelo k překmitům, které jsou nežádoucí

u skutečného soustruhu. Pro studenty se zájmem o programovatelné automaty je zajímavá práce s modulem 1756-M02AE, který dokáže řídit dvě nezávislé pohybové osy.

Pro oba modely byly zpracovány podklady pro experimenty, které jsou uveřejněny na webu laboratoře. Obsahuje stručný popis vlastností modelů a jejich ovládání.

Literatura

- [1] GUBA, P. *Řízení a vizualizace modelu vznášení*. Praha, 2010. 63 s. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2010.
- [2] MATOUCH, P. *Model víceosého servosystému*. Praha, 2004. 61 s. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2004.
- [3] KUTIL, M. *Řízení modelu s využitím Internetu*. Praha, 2004. 106 s. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2004.
- [4] NOVÁK, J. *Model lineárního servomechanismu a jeho řízení*. Praha, 2004. 80 s. Diplomová práce. ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2004.
- [5] PROKŮPEK, Z. *Web na EWEBu*. Praha, 2005, 9 s. Semestrální práce. ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2004.
- [6] PROKŮPEK, Z. *Popis modulu 1756-EWEB*. Praha, 2005, 15 s. Semestrální práce. ČVUT, Fakulta elektrotechnická, 2005.
- [7] ROCKWELL AUTOMATION, INC. *Remote I/O Adapter Module User Manual* [online]. 2004. Dostupné z WWW: <http://www.ab.com/literature>, číslo publikace: 1794-UM009D-EN-P.
- [8] ROCKWELL AUTOMATION, INC. *FLEX I/O Analog Modules User Manual* [online]. 1996. Dostupné z WWW: <http://www.ab.com/literature>, číslo publikace: 1794-6.5.2.
- [9] ROCKWELL AUTOMATION, INC. *Logix5000 Controllers General Instructions* [online]. 1996. Dostupné z WWW: <http://www.ab.com/literature>, číslo publikace: 1756-RM003M-EN-P.

- [10] ROCKWELL AUTOMATION, INC. *Logix5000 Controllers Tasks, Programs, and Routines* [online]. 2009. Dostupné z WWW: <http://www.ab.com/literature>, číslo publikace: 1756-PM005C-EN-P.
- [11] FRANKLIN, GENE F.; POWEL, J. DAVID; ABBAS EMAMI-NAEINI *Feedback control of dynamic systems*. 5th ed. Upper Saddle River : Prentice Hall , 2006. ISBN: 0131499300.

Příloha A

Seznam použitého software

- RSLogix 5000
- RSLinx
- RSView ME
- Gimp
- TeXnicCenter
- Opera
- Internet Explorer

Příloha B

Seznam použitých zkratek

- A/D - (Analog to Digital) Převod analogového signálu na digitální
- AC - (Alternating Current) Střídavý proud
- ASP - (Active Server Pages) Aktivní serverové stránky
- DC - (Direct Current) Stejnosměrný proud
- FTP - (File Transfer Protocol) Protokol pro přenos souborů
- I/O - (Input/Output) Vstupy/Výstupy
- IRC - (Incremental Rotary Encoder) Inkrementální rotační čítač
- LED – (Light Emitting Diode) Světlo vyzařující dioda
- LVDT - (Linear Variable Differential Transformer) Lineární diferenciální transformátor
- PC - (Personal Computer) Osobní počítač
- PID – (Proportional Integral Derivative controller) Regulátor s proporcionální, integrační a derivační složkou
- PLC - (Programmable Logic Controller) Programovatelný logický automat
- RIO - (Remote I/O) Vzdálené vstupy/výstupy
- SW - (software)
- USB - (Universal Serial Bus) Univerzální sériová sběrnice

Příloha C

Obsah přiloženého CD

- Tato bakalářská práce ve formátu PDF
- Projekt s programem pro PLC
- Projekt s vizualizací pro panel operátora
- Zdrojové soubory pro webové rozhraní
- Materiály použité při tvorbě