



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

MODEL LISOVACÍHO ZAŘÍZENÍ S BEZPEČNOSTNÍMI PRVKY

PRESS MODEL INCLUDED SAFETY FUNCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. KAMIL MIKYSKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADEK ŠTOHL, Ph.D.

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Kamil Mikyska
Ročník: 2

ID: 80532
Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Model lisovacího zařízení s bezpečnostními prvky

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Seznámení se s safety PLC a safety komponenty firmy Rockwell Automation.
2. Sestavit a zapojit elektrovýzbroj modelu lisovacího zařízení.
3. Vytvořit program PLC pro řízení modelu lisovacího zařízení.
4. Vytvořit vizualizaci modelu.
5. Ověřit funkčnost modelu lisovacího zařízení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 9.2.2009

Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: Ing. Radek Štohl, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Tato práce popisuje návrh a vytvoření modelu pneumatického lisu řízeného bezpečnostním PLC firmy Rockwell Automation. Srdcem modelu je pneumatický píst firmy Norgren, který má dva řídicí vstupy, vysouvací a zasouvací. Řídicí ventil pouští stlačený vzduch z výkonového obvodu do příslušného vstupu. Ventil je ovládán programem běžícím v PLC. Program je vytvořen v prostředí RS - logix5000 v jazyce příčkové logiky. Automat neustále zpracovává signály od všech vstupních prvků. Základním ovládacím prvkem jsou bezpečnostní tlačítka pro obě ruce, která jsou připojena přes bezpečnostní vstupně/výstupní jednotku. Všechny vstupně/výstupní moduly jsou k řídicímu automatu připojeny přes síť DeviceNet. Model dále zahrnuje bezpečnostní Stop tlačítko, Start tlačítko a další podpůrné ovládací prvky. K modelu je vytvořen vizualizační program v prostředí RS - ViewStudio pro vizualizační modul PanelView Plus 700. Je tak možné kompletní využití ovládacího programu a tím všech možností modelu. Přes panel je navíc možné detailně pozorovat aktuální stav modelu.

Abstract

This thesis describe a design and a creation of press model controlled by safety PLC from Rockwell Automation. A pneumatic drive with two control inputs, one for extrusion of the piston and one for introduction of the piston, from Norgren company is a heart of the model. A control valve admit compressed air into relevant input. The valve is controlled by a programme running in PLC. The programme is created in development system RS – logix 5000 by ladder digram language. PLC proceses signals from every input elements all the time. The two hands switch is basic control element. The switch is connected to safety distributed I/O module. Every I/O modules are connected with PLC throught DeviceNet. Next, model includes safety STOP buton, START buton and other supporting control elements. Service programme for vizualization unit PanelView Plus 700 is created in development system RS – ViewStudio. This make possible complete exploitation of the control programme, that is why every possibilities of the model are used. Moreover we can see in detail actual state of the model through panel.

Klíčová slova

Model lisu, lis, pneumatický, PLC, bezpečnostní PLC, obou ruční ovládání, bezpečnostní funkce

Key words

Press model, press, pneumatic, PLC, safety PLC, two hands control, safety function

Bibliografická citace práce

MIKYSKA, K. *Model lisovacího zařízení s bezpečnostními prvky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 84 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou prací na téma **model lisovacího zařízení s bezpečnostními prvky** jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne: **25. května 2009**

.....
podpis autora

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat svým rodičům za podporu během celého studia. Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za pedagogickou a odbornou pomoc, cenné rady při zpracování mé diplomové práce a toleranci při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat Janu Vodičkovi za pomoc s hardwarovou realizací a Marianu Šímovi za pomoc s konfigurací komunikační sítě.

V Brně dne: **25. května 2009**

.....
podpis autora

OBSAH:

1. ÚVOD	10
2. KOMUNIKACE.....	14
2.1 Základní komunikace.....	14
2.1.1 Ethernet	14
2.2 Safety komunikace.....	15
2.2.1 Protokol CAN.....	16
2.2.2 Protokol DeviceNet	17
3. NÁVRH ZAŘÍZENÍ	20
3.1 Řídicí část.....	20
3.2 Komponenty řídicí části.....	21
3.2.1 Bezpečnostní automat	21
3.2.2 Vstupní prvky	22
3.2.3 Propojovací a podpůrné prvky	25
3.3 Výkonová část	29
3.3.1 Pneumatický píst	29
3.3.2 Řídicí ventil.....	30
3.3.3 Tlakový snímač	31
3.3.4 Redukční ventil	31
3.3.5 Zdroj stlačeného vzduchu	32
4. REALIZACE ZAŘÍZENÍ.....	33
4.1 Mechanická Konstrukce.....	33
4.2 Pospojování	33
4.2.1 Elektrický obvod	33
4.2.2 Pneumatický obvod	42
5. ŘÍDICÍ PROGRAM	44
5.1 Vývojové prostředí	44
5.2 Popis Řídicího programu	46
5.2.1 Proměnné programu	47
5.2.2 Vysvětlení funkce řídicího programu	48
6. VIZUALIZACE SYSTÉMU.....	57

6.1 Vizualizační blok.....	57
6.2 Vývojové prostředí	58
6.3 Návrh displej vizualizace	59
6.4 Spuštění aplikace na panelu	69
7. ZÁVĚR.....	71
8. POUŽITÁ LITERATURA	73
9. SEZNAM ZKRATEK.....	76
10. SEZNAM PŘÍLOH	77

Seznam obrázků

Obr. 2-1 - Fyzické uspořádání sítě CAN [2].....	17
Obr. 2-2 - Model DeviceNet [2].....	18
Obr. 3-1 – Blokové schéma řídicí části.....	20
Obr. 3-2 – Spínací tlačítka pro obě ruce [12].....	23
Obr. 3-3 – Koncový snímač polohy [20]	24
Obr. 3-4 – Indukční snímač přiblížení [17].....	25
Obr. 3-5 – Komunikační moduly [8]	26
Obr. 3-6 – Bezpečnostní I/O modul [14]	27
Obr. 3-7 – Struktura standardního I/O modulu [10].....	28
Obr. 3-8 – Schéma výkonové části [3], [23].....	29
Obr. 3-9 – Pneumatický píst [18]	29
Obr. 3-10 – Tlakový spínač [21]	31
Obr. 3-11 – Redukční ventil [19]	31
Obr. 4-1 – Struktura vnitřního zapojení bezpečnostního I/O modulu [9].....	34
Obr. 4-2 – Zapojení bezpečnostní části elektrického obvodu	36
Obr. 4-3 – Nastavení komunikace s bezpečnostním I/O modulem.....	37
Obr. 4-4 – Konfigurace vstupů bezpečnostního I/O modulu	37
Obr. 4-5 - Konfigurace výstupů bezpečnostního I/O modulu.....	38
Obr. 4-6 – Zapojení standardní části elektrického obvodu [24].....	40
Obr. 4-7 – Nastavení komunikace v prostředí RS – logix 5000	41
Obr. 4-8 – Nastavení komunikace v prostředí RS-NetWorx	42

Obr. 4-9 – Rychlospojka fitting typ T [25]	43
Obr. 5-1 – Vývojové prostředí	44
Obr. 5-3 –Zobrazení tabulky tagů	46
Obr. 5-4 – Hlavní rutina (0, 1)	48
Obr. 5-5 – Bezpečnostní rutina (0)	48
Obr. 5-6 – Bezpečnostní rutina (1, 2, 3)	49
Obr. 5-8 Hlavní rutina (2)	50
Obr. 5-9 - Hlavní rutina (3, 4, 5, 6)	51
Obr. 5-10 – Hlavní rutina (7, 8, 9).....	52
Obr. 5-11- Hlavní rutina (10, 11, 12, 13, 14).....	53
Obr. 5-12 – Hlavní rutina (15, 16, 17, 18)	54
Obr. 5-13 – Hlavní rutina (19, 20, 21).....	55
Obr. 5-14 – Hlavní rutina (22, 23, 24).....	56
Obr. 6-1 – PanelView 700 plus [15].....	57
Obr. 6-2 - Vývojové prostředí s návrhem displeje	58
Obr. 6-4 – Displej pro vypnutý proces (stisknutý STOP).....	60
Obr. 6-6 – Displej pro neaktivní režim	61
Obr. 6-7 – Displej pro spuštěnou aplikaci – nelisuje.....	62
Obr. 6-8 – Displej pro spuštěnou aplikaci – lisuje	64
Obr. 6-11 – Displej při poruše tlaku	66
Obr. 6-12 – Displej při poruše polohy	67
Obr. 6-13 – Displej při poruše snímačů polohy	68
Obr. 6-15 – Displej při poruše snímače tlaku	69
Obr. 6-16 – Nastavení komunikační cesty k panelu	70
Obr. 6-17 – Nahrání vytvořené aplikace do panelu.....	70

Seznam tabulek

tabulka 3.1 - Parametry logické jednotky [8].....	21
tabulka 3.2 – Parametry optické záclony [14].....	24
tabulka 3.3 – Parametry koncových snímačů polohy [20].....	25
tabulka 3.4 – Parametry komunikačních modulů [8]	26
tabulka 3.5 – Parametry pneumatického pístu [18].....	30

tabulka 4.1 – Označení svorek bezpečnostního I/O modulu [14]	34
tabulka 4.2 – Rozpis připojených zařízení k bezpečnostnímu I/O modulu	35
tabulka 4.3 – Rozpis připojených zařízení k vstupnímu modulu	39
tabulka 4.4 – Rozpis připojených zařízení k výstupnímu modulu	39
tabulka 5.1 – Proměnné programu.....	48

1. ÚVOD

Každý inteligentní tvor na této planetě se snaží dělat každou svoji činnost co možná nejlépe při nejmenším vynaloženém úsilí. Čím více mu bude záležet na výsledku práce, tím více úsilí své činnosti bude věnovat. Bude-li používat nástroje, musí i tyto nástroje být kvalitní, aby dosáhl kvalitních výsledků. Stejně pravidlo platí pro jakýkoli proces. V případě částečně nebo plně automatizovaného procesu musí být i jeho řízení precizní a měli by být kvalitní i součástky, ze kterých je sestaven. Na rozdíl od manuální práce, kde případné závady a poškození pracovních nástrojů odhalíme a odstraníme sami, musí automatický proces řešit případné nedostatky sám, nebo na ně případně upozornit obsluhu.

Je zřejmé, že podle důležitosti a rozsáhlosti systému budou různě nebezpečné jeho případné poruchy. Nefunkčnost teplotního čidla vyhřívání obytné místnosti bude mít jako svůj nejhorší následek přetopení nebo nevytopení místnosti, kdežto nefunkčnost teplotního čidla v primárním obvodu jaderné elektrárny by mohla mít nedozírné následky. Aby se tak nestalo, musí být již při konstrukci takových zařízení řešena bezpečnost a poruchovost systému. Musíme si navíc uvědomit platnost základního pravidla.

„Dokonalá je pouze myšlenka, nikoli její realizace.“

Proto cokoli, co je vytvořeno chybučím tvorem (člověkem), může chybovat. Tím připustíme, že v každém systému může nastat chyba. Záleží pouze na možných následcích a podle nich se většinou musí řešit zabezpečení systému. Systémy, jejichž selhání může mít za následek finanční ztráty, poškození zařízení, ohrožení životního prostředí, nebo dokonce ohrožení lidského zdraví či života, by se měli navrhovat jako systémy s vysokou funkčností a bezpečností (v anglické literatuře Fault-Tolerant systems). Podle způsobu obrany proti přechodu chyby v poruchu a následně v selhání se systémy liší. [6]

Definujme nejdříve několik pojmů:

Chyba je fyzický defekt nebo závada, která se vyskytne na některém programovém nebo mechanickém prvku systému. [1]

Porucha je projevem chyby. Spočívá v ukončení schopnosti systému plnit požadovanou funkci a to z jakékoliv příčiny a do jakéhokoliv stupně. [1]

Selhání je projevem poruchy. Projeví se tím, že systém nevykonává činnost, která je od něho požadována a navíc způsobuje další škody. [1]

Havárie znamená, že systém selže takovým způsobem, že dojde ke ztrátám na životech, k poškození životního prostředí, nebo k finančním ztrátám. [1]

Funkčnost systému je jeho schopnost správně vykonávat požadovanou činnost.

Bezpečnost systému je pravděpodobnost, že systém bude buďto pracovat správně, nebo ukončí svoji činnost takovým způsobem, že nenaruší činnost jiného systému nebo neohrozí lidské životy. [1]

Nezákladnější obranou proti chybám jakéhokoli systému je jim **předcházet**. Uvědomíme-li si to již při návrhu, můžeme účinným testováním a kontrolou kvality eliminovat většinu chyb a návrhářských omylů. Navrhujeme-li jednoduchý systém, můžeme většinou vybírat všechny části tak, aby mohly efektivně spolupracovat a jejich spojení bylo jednoduché a nejlépe již ověřené. Tím se sníží riziko dalších komplikací. Menší systémy mají navíc tu výhodu, že je lze testovat již v průběhu návrhu i jako celek. V průmyslové automatizaci u větších systémů tato možnost neexistuje, protože jednotlivé systémy přímo spolupracují, nebo několik (občas i desítky) subsystémů jsou podřízeny nadřazenému systému řízení. Jednotlivé části jsou tak navrhovány samostatně a na místě pracovního procesu jsou poté teprve propojovány a zkoušeny jako celek.

Někdy jsme navíc při návrhu nuceni ponechat určitou část starého systému, nebo do zaběhlého systému přidat nějaký subsystém, či do něj implementovat nové prvky. Důvodem je většinou cena pořízení nového zařízení, minimalizování časové odstávky celého zařízení, nutnost zachování běhu některé části systému nebo neexistující možnost výměny některé části. Občas se vyskytne situace, kdy jsme k obnově donuceni poruchou části zařízení a totožný náhradní díl již není k dispozici. Při zapojení nových prvků je pak důležité, aby byly spolehlivě ovládány řídicím systémem bez ztráty své funkčnosti, a spolupracující subsystémy spolehlivě komunikovaly s řídicím systémem. Některá starší zařízení mají vlastní uzavřený, již

nepodporovaný způsob řízení a jeho doplnění nebo rozšíření je značně problematické. Kombinování stávajících a nových technologií je nejsložitější částí realizace návrhu, ale bohužel nezbytnou, ať již jsou důvody jakékoli. O zjednodušení v této oblasti se snaží standardizační organizace sjednocováním a zpřesňováním komunikačních protokolů a norem pro jednotlivé druhy sítí. Většina výrobců se snaží dodržovat zavedené standardy a zachovávat kompatibilitu nově vyráběných komponent vůči starším. Tím se usnadňuje propojování jednotlivých částí a předchází se finančním ztrátám a následně i zbytečným chybám. [1],[7]

Ale i přes kvalitní kontrolu a testování musí být vysoce bezpečné a vysoce funkční systémy navrhovány tak, že se chyba při jejich provozu vyskytne. Pro systémy, kde je kladen hlavní důraz na bezpečnost provozu musí být vždy stanovena sekvence úkonů, které systém musí okamžitě provést při zjištění chyby. U většiny systémů je to zastavení činnosti a přechod do bezpečného stavu. Takové systémy bývají označovány jako „fault – stop“. Systém je bezpečně odstaven a je možné ho opravit, jeho funkčnost je však dočasně zastavena. U systému, kde by mohlo selhání ohrozit lidské zdraví nebo způsobit větší škody bývají i bezpečnostní obvody duplikovány nebo jištěny dalším obvodem (např. dvojité a jistící brzdy u výtahů, mnohonásobné snímání teploty při vyhřívání pecí, ...). Někdy se pro dodatečné zajištění systému využívá působení fyzikálních zákonů (např. gravitace či dostředivosti pro poutové atrakce při výpadku primárního i záložního napájení, kdy se vlastní otáčivou setrvačností a hmotností dostanou zpět do bezpečné polohy a zastaví se).

Systémy, u kterých je důležité i zachování funkčnosti, se musí již navrhovat tak, aby byly při vzniku chyby schopné pracovat správně dál. Pak mluvíme o „plně“ fault-tolerant systémech. Takové systémy jsou schopné případnou chybu **zamaskovat** (zabránit chybě v šíření dále) nebo ji **eliminovat**. Maskování lze provádět různými opravnými kódy (softwarové řešení) nebo majoritním hlasováním – TMR (je porovnáván výstup tří paralelně řazených subsystémů, čímž se porucha jednoho ze subsystémů dále vůbec neprojeví – většinou se pro vyhodnocení používá medián výstupních hodnot subsystémů). Eliminování chyb se nejčastěji provádí redundancí (zdvojováním) obvodů (může být i obyčejný vodič!), kdy výpadek

jednoho, neznamená výpadek celého systému. Některé systémy umí při zjištění chyby změnit svoji vnitřní strukturu tak, aby bylo dosaženo požadovaného FT chování (rekonfigurace systému).[1]

Někdy není systém při chybě plně funkční, ale je schopen vykonávat svoji činnost správně při snížení výkonnosti systému (např. záložní motory, odstavení jedné z více výkonové části). Je-li chyba závažná, nebo nastane-li sekvence určitých chyb, může být i plně FT systém donucen ukončit bezpečně svoji činnost, bez ohledu na funkčnost. Proto každý systém musí mít svoji chybovou sekvenci pro bezpečné odstavení a obsluha musí být seznámena s postupem pro případ poruchy. Při každém návrhu bychom měli počítat se všemi možnými chybami a jejich kombinacemi, nehledě na to jak nepravděpodobné jsou! [1], [2]

2. KOMUNIKACE

Tvoříme-li jakýkoli systém, musíme jeho jednotlivé části spojovat v celek. Správně a kvalitně fungující spojení všech prvků bude základní podmínkou provozuschopnosti zařízení. Při zvýšených nárocích na bezpečnost systému, musí být i připojení jednotlivých částí více spolehlivé. Bezpečnostní řízení představuje možnost zabezpečení systému bez nezbytné nutnosti redundance systému nebo jeho složek, čímž je možné snížit cenu, a proto se tato oblast bude neustále rozrůstat. Navíc tyto systémy umožňují detekci vzniklé chyby, čímž umožňují efektivnější opravu případných poruch, a mohou tak snižovat ztráty. Tyto systémy jsou podskupinou FT systémů a řešení bezpečnostní funkce je realizováno již provedením hardwarových součástí celého zařízení. Jedná se o nový směr, který je nyní díky standardizaci komunikačních sítí možné zabudovávat i do stávajících systémů. [1], [6]

2.1 ZÁKLADNÍ KOMUNIKACE

Nepožadují-li se zvýšené nároky na zabezpečení komunikace (přesné deterministické řízení, vícenásobné jištění přenášených dat,...), můžeme využít snadno dostupných sítí, které navíc pro tyto účely mají i své výhody.

2.1.1 Ethernet

Z původní sériové sběrnice s nedeterministickou přístupovou metodou (CSMA/CD) ze 70. let se časem vyvinul v současnosti využívaný „Fast“ Ethernet, který odlišným řešením fyzické vrstvy umožňuje přenosovou rychlost až 100Mb/s. Pro komunikaci již většinou nevyužívá referenční model ISO/OSI, ale model TCP/IP s příslušnými protokoly pro způsob přenosu dat. Tato síť je plně kompatibilní s nejrozšířenějšími sítěmi (LAN, Internet), což usnadňuje její používání a díky velkému množství vyráběných součástek snižuje cenu na fyzické pořízení. Tato síť se výborně hodí pro připojování větších systémů informačního charakteru pro svou vysokou rychlost. Naopak není vhodná pro malé součástky, protože jejich připojení je příliš drahé, ani pro nepříznivé průmyslové podmínky, protože je náchylná na rušení a její prvky mají malý teplotní rozsah. I při použití aktivních prvků (mosty,

přepínače) je díky náhodné přístupové metodě větší šance ke kolizi přístupu než u průmyslových sítí, a proto se pro řídicí systémy nepoužívají. Na propojení automatu s vizualizačním panelem je však naprosto postačující! [4]

2.2 SAFETY KOMUNIKACE

Asociace ODVA (průmyslové konsorcium pod které spadá i firma Rockwell Automation) vyvinula standardizovaný protokol CIP Safety pro síť DeviceNet, (je plánováno rozšířit jeho dostupnost pro zařízení připojená přímo k síti typu EtherNet/IP Safety). Tím mohou být bezpečnostní zařízení připojena na stejné „dráty“ jako běžná zařízení, která ovšem nebudou vybavena protokolem CIP Safety. To také umožní komunikaci safety systémů (PLC) se standardními systémy (PLC) nebo jejich zařízeními (senzory...), které tak mohou přispívat ke zvýšení bezpečnosti celého systému, aniž by sama byla vybavena safety funkcí. Kombinace místních, rychle reagujících bezpečnostních sběrnic s funkcemi směrování bezpečnostních dat mezi sběrnicemi umožní vytváření bezpečnostních aplikací s krátkými dobami odezvy. Zvýšená flexibilita, kterou přináší protokol CIP Safety, bude navíc urychlovat konfiguraci, testování a zprovoznování systémů. [6], [7]

Ochranná opatření, která jsou součástí protokolu CIP Safety, zajišťují vysokou úroveň integrity komunikace i tehdy, jedná-li se o smíšenou bezpečnostní a standardní, nebo bezpečnostní řídicí jednotky vedle standardních jednotek PLC a bezdotykových spínačů. Ať již je použita jakákoli kombinace zařízení, nikdy nemůže dojít k nepříznivému ovlivnění bezpečnostní smyčky kterýmkoli ze standardních řídicích zařízení. [6]

DeviceNet Safety poskytuje Safety integrity level (SIL) 3 bez snížení přenosové rychlosti. Nabízí rozdělení částí sítě na spojené smyčky, a pro každou optimalizovat vlastní časově hodnotící bezpečnostní funkci. Umožňuje vícenásobnou kontrolu dat, časové sledování a koordinaci bezpečnostních dat a je kompatibilní s mezinárodními standardy. [1], [6]

Protokol DeviceNet definuje sériový přenosový kanál mezi prvky a systémy průmyslové automatizace. Je jednou z variant 7. vrstvy modelu ISO/OSI, která je definována nad protokolem CAN.[1]

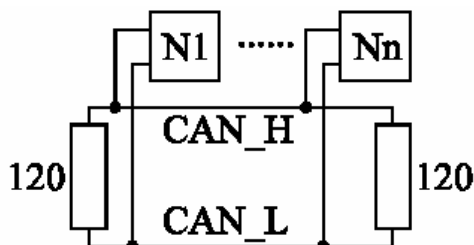
2.2.1 Protokol CAN

Jedná se o sériový komunikační prostředek, který umožňuje časově nedeterministické řízení v reálném čase. Tomu je přizpůsobena rychlost (do 1Mb/s) i přístupová metoda (multimaster), která dovoluje každému účastníkovi sítě být na určitou chvíli řídicím členem. Tato metoda je kombinována s náhodným přístupem k síti, čímž řeší kolize na základě prioritního rozhodování. Komunikace na síti probíhá prostřednictvím předávání zpráv (datová zpráva a žádost o data). Řízení sítě (jako signalizace chyb, pozastavení komunikace) je pak zajištěno pomocí dvou speciálních zpráv (chybové zprávy a zprávy o přetížení).[1]

Zpráva vysílaná po sběrnici neobsahuje adresu příjemce a je přijímána všemi ostatními zařízeními. Každá zpráva je uvozena identifikátorem nesoucím informaci o významu zprávy a její prioritě. Nejvyšší prioritu má zpráva s identifikátorem 0. CAN protokol zajišťuje, aby zpráva s nejvyšší prioritou byla v případě kolize přenesena přednostně, čímž se řeší i současné vysílání více přístroji. Každá další zpráva se vysílá, až po odvysílání předchozí zprávy (sběrnice je volná), nejedná-li se o chybové rámce, které se dají vysílat ihned po identifikaci chyby kterýmkoli účastníkem. Pomocí identifikátoru je také možné zajistit, aby daná stanice přijímala jen ty zprávy, které se jí týkají (acceptance, filtering). [1], [4]

Další výhodou je zabezpečení přenosu. Současně působí pět ochranných mechanismů. **Monitoring** – vysílač porovnává hodnotu bitu s úrovní na sběrnici. Při shodě vysílá další bit. Při neshodě se hlásí chyba bitu, nebo se přeruší vysílání a přístup získá stanice s vyšší prioritou, probíhá-li právě fáze řízení přístupu ke sběrnici. **CRC kód** – 15 bitový kód, který tvoří poslední pole zprávy, je generovaný ze všech dosud odvysílaných bitů zprávy podle vzorce. Při nahlášení chyby CRC kterýmkoli zařízením je generováno hlášení o chybě bitu. **Vkládání bitu** - jedná se o vložení jednoho bitu opačné úrovně, když se ve zprávě objeví 5 bitů stejné úrovně. **Kontrola zprávy** – provádí se porovnáním zprávy s pevným formátem zprávy, uvedeným ve specifikaci. Pokud je na některém bitu zjištěna nepovolená hodnota, je vygenerováno hlášení o chybě rámce. **Potvrzení přijetí zprávy** – každé zařízení, které je připojeno na sběrnici, musí správně přijatou zprávu potvrdit změnou bitu v poli ACK z *receive* - vysílané vysílačem na *dominant*. [1], [2]

Fyzicky je sběrnice realizována dvěma vodiči CAN_H a CAN_L spojenými na obou koncích zakončovacími odpory 120 ohmů.



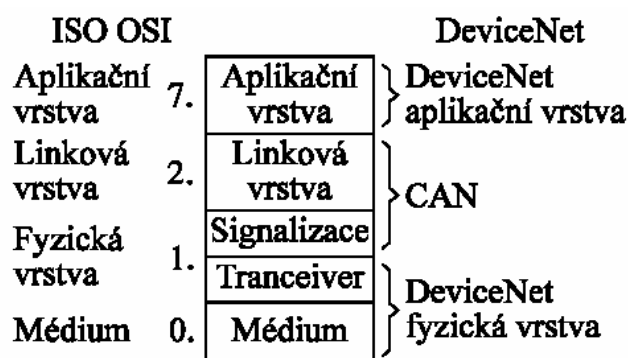
Obr. 2-1 - Fyzické uspořádání sítě CAN [2]

Definují se tak dvě plovoucí stejnosměrné úrovně jejich rozdílového napětí: *receive* a *dominant*. Jestli vysílá alespoň jedno zařízení bit *dominant*, pak je na této úrovni celá sběrnice (napětí 0V). Když budou všechna zařízení na úrovni *receive*, bude celá sběrnice na této úrovni (napětí 2V).

2.2.2 Protokol DeviceNet

Jeho základní vlastnosti:

- podpora až 64 účastníků sítě
- připojení/odpojení bez přerušení funkce sítě
- přenosová rychlost 125/250/500kBd
- společný rozvod datových signálů i napájení pro účastníky
- SW prostředky pro komunikaci typu žádost/odpověď
- prostředky pro efektivní přenos I/O dat
- fragmentace dlouhých bloků dat
- detekce duplicitních adres zařízení
- vzájemná zaměnitelnost zařízení od různých výrobců (specifikace obsahuje standardy pro typy konektorů, diagnostiku a profily různých typů zařízení) [2]



Obr. 2-2 - Model DeviceNet [2]

2.2.2.1 Fyzická vrstva v síti DeviceNet

Fyzická vrstva se skládá z tranceiveru, oddělovacích obvodů a ochranných obvodů. Optické oddělení není povinné pro zařízení napájené ze sběrnice. Přenosové médium se využívá i pro napájení stanic napětím 24V DC. Proudové omezení celé sběrnice je nastaveno na 8A. Proud jednotlivými přípojnými vedeními na 3A. [1]

2.2.2.2 Aplikační vrstva protokolu DeviceNet

Definuje komunikační model (DeviceNet Messaging), profily zařízení a knihovnu aplikačních a pomocných objektů. Komunikační model zahrnuje způsob využití CAN zpráv, význam datového pole a rozdělení CAN identifikátorů, fragmentaci zpráv delších než 8 bytů, potvrzování přijetí. Obsahuje profily zařízení a knihovny objektů umožňující dosažení vzájemné zaměnitelnosti (interchangeability) a propojitelnosti (interoperability) produktů různých výrobců. [1]

DeviceNet definuje pro předávání zpráv způsob poskytovatel/příjemce. Identifikační pole zprávy neobsahuje adresu příjemce, ale typ dat přenášených daným datovým rámcem. Tento způsob umožňuje využít více úrovní priorit při povolávání přístupu k přenosovému médium, efektivní přenos I/O dat a komunikaci mezi jedním vysílacím objektem a několika objekty přijímajícími.

Přenášené zprávy jsou rozděleny do čtyř skupin, lišící se strukturou pole identifikátorů protokolu CAN. Obsahují v různých kombinacích jednu nebo dvě z následujících komponent:

- Identifikátor zprávy (Msg. ID): identifikuje zprávy uvnitř dané skupiny zpráv s umožňuje tak navázat několik propojení pomocí zpráv dané třídy z jednoho zařízení. Po navázání spojení je s použitím odpovídajícího identifikátoru zprávy a adresy zařízení vytvořen identifikátor příslušný danému spojení, sloužící dále jako identifikátor rámce CAN
- adresu zdroje zprávy (MAC ID zdroje)
- adresu zdroje nebo příjemce zprávy (MAC ID)

Určování priority zpráv skupiny 1 a 3 je distribuováno mezi všechna zařízení v síti. Žádá-li o přístup ke sběrnici současně několik zpráv skupiny 1 nebo 3, rozhoduje nejprve identifikátor zprávy (Msg.ID). Při shodě rozhoduje jako druhé kritérium adresa vysílajícího zařízení (MAC ID zdroje).

Protože zprávy skupiny 1 jsou jediné, které mají nejvýznamnější bit dominantní, mají nejvyšší prioritu. Zprávy skupiny 2 mají jako celek vyšší prioritu než zprávy skupin 3 a 4, ale uvnitř skupiny 2 rozhoduje o prioritě nejprve adresa zařízení a až jako druhé kritérium se uplatní obsah zprávy ve formě jejího identifikátoru (adresová položka – MAC ID zde může obsahovat adresu vysílajícího nebo přijímajícího). Část zpráv skupiny 4 má speciální význam, zbytek je vyhrazen pro pozdější použití a zatím není definován. [1], [2]

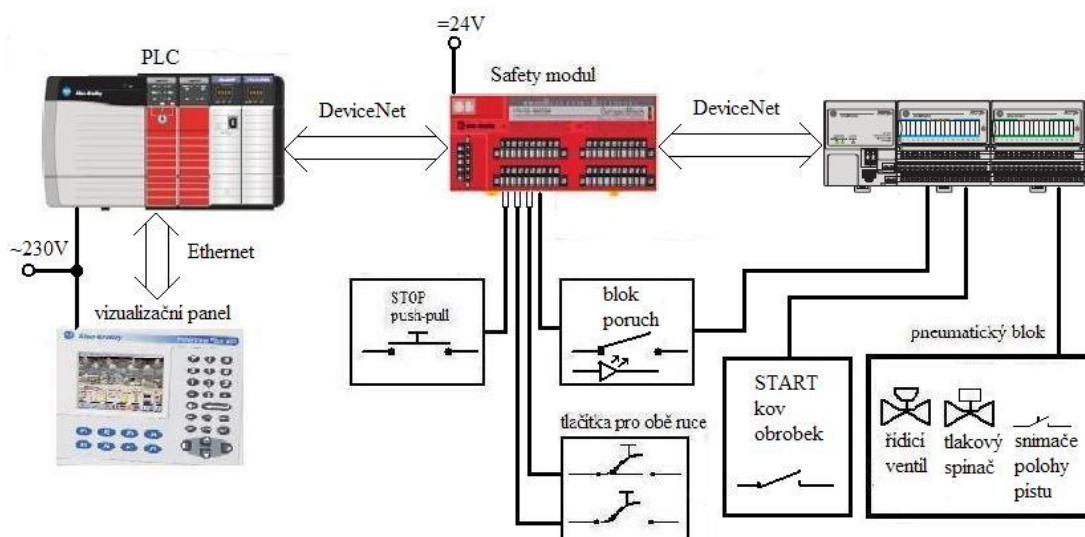
3. NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Cílem je sestrojít malou verzi pneumatického lisu (model), který je ovládán obsluhou přes ovládací prvky napojené na Safety PLC, ve kterém bude cyklicky probíhat aplikace, řídící samotný chod lisu. Pomocí terminálu bude možné sledovat a částečně i ovládat průběh lisování a upravovat některé parametry procesu.

Celý systém lze rozdělit na dvě hlavní části podle pracovního účelu. První část je řídicí (informační), veškeré procesy se v ní dějí přenosem elektrické energie a řídicími signály zasahuje do části výkonové. Ta již pouze provádí předepsané úkony a jejím pracovním médiem je stlačený vzduch. Ten pak provede samotné vysunutí (zasunutí) pístu.

3.1 ŘÍDICÍ ČÁST

Celý systém bude řídit safety PLC s nahanou aplikací. Přes Ethernet bude k aplikaci připojen vizualizační blok a v návrhové fázi samozřejmě i PC s vývojovým prostředím. Automat bude veškeré informace o procesu získávat z I/O modulů připojených přes DeviceNet. Protože v systému nebude žádný elektrický výkonový element, budou veškeré vstupní i výstupní prvky napájeny přímo z I/O



Obr. 3-1 – Blokové schéma řídicí části

modulů. Díky tomu se nemusí vést signálové vodiče odděleně od výkonových (napájení 24V DC by nemělo mít rušivý vliv). Navíc mají stejný směr určení, což umožňuje využít vícežilové kabely.

3.2 KOMPONENTY ŘÍDICÍ ČÁSTI

Při návrhu je znám seznam stěžejních komponent, které mají být použity. Při samotné realizaci projektu pak mohou být některé součástky přidány pro přesnější splnění požadavků zadavatele, nebo naopak mohou být některé odebrány pro nadbytečnost (finanční ztráty).

3.2.1 Bezpečnostní automat

Mozkem celého procesu bude bezpečnostní programovatelný automat od firmy Rockwell Automation typ: 1756-L62S – ControlLogix5562S (firmware revise 16.6). s bezpečnostním „partnerem“ (záložní programovatelnou jednotkou) 1756-LSP/B.

Typ automatu	1756-L62S		
Uživatelská paměť	4 MB	Hmotnost	0,32 kg
Bezpečnostní paměť	1 MB	Maximální proud	1200 mA (5V DC)
I/O paměť	478 kB		14 mA (24V DC)
Operační paměť	64 MB	Ztrátový výkon	3,5 W
Počet DI/O max	128000	Isolační napětí	30 V
Počet AI/O max	4000	Vyměnitelná baterie	1756-BA2
Počet I/O celkově max	128000	Teplotní rozsah	0-60 °C

tabulka 3.1 - Parametry logické jednotky [8]

Automat nepodporuje úplnou dualitu řídicí jednotky, ale použití safety partnera 1756-LSP, čímž dosahuje bezpečnostní úrovně SIL 3. Je možné pracovat zároveň s bezpečnostními i standardními prvky a na obou úrovních komunikovat (podporované sítě: EtherNet/IP, ControlNet, DeviceNet). Podporovaným programovacím jazykem je diagram příčkové logiky. [8]

3.2.2 Vstupní prvky

3.2.2.1 Tlačítka *START*, *STOP*

Nezákladnějším bezpečnostním prvkem každého zařízení musí být nouzové tlačítko *STOP*. Je použit typ *PUSH-PULL*, průměr 40mm, který je realizován jako dvojice kontaktů, jeden normálně sepnutý, druhý normálně rozepnutý. To odpovídá obecně vypínacímu tlačítku, které se dá použít pro jakékoli zařízení, protože kontrola jeho funkčnosti je dána růzností jeho výstupů v každém okamžiku. Pro bezpečnostní moduly se již tato úprava provádět nemusí, neboť ty své periferie testují, a oba kontakty tlačítka tak mohou být normálně rozepnuté (otevřené - *N.O.*). Při stisku tlačítka musí být, bez ohledu na jeho realizaci, zařízení převedeno do bezpečného stavu.

Tlačítko je implementováno do ovládací krabice společně se zeleným tlačítkem *START*, které má v sobě zabudovanou zelenou signalizační diodu aktivního stavu, která tak poskytuje zpětnou vazbu o spuštění zařízení. Pro dodatečné funkce zařízení je ještě použito tlačítko *RESET ERROR* a spínač pro nastavení nekovového výrobku. Jejich funkce bude detailněji vysvětlena dále.

3.2.2.2 *Bezpečnostní tlačítka obou rukou*

Základním ovládacím prvkem většiny lisů jsou bezpečnostní tlačítka rukou (*two-hands switches*), kdy pro spuštění akce, při splnění ostatních spouštěcích podmínek, musí být obě tlačítka současně stisknuta a v případě uvolnění kteréhokoli tlačítka musí systém okamžitě přejít do neaktivního stavu. Použita – fa. Rockwell Automation cat.n.: 800Z-GL2065, šířka vrutu 22,5 mm, vstupní napětí 10 – 40 V DC, reléový výstup, bez ochranného překrytí). Jedná se o bezdotyková tlačítka, reagující na přiblížení. Jedná se o unikátní snímač spojující kapacitní princip společně s principem povrchové vlny. Tlačítko obsahuje signálový procesor, a je tak schopno odlišovat lidskou ruku od jiných materiálů a to i při použití rukavic. Tuto vlastnost jsem testoval a tlačítko funguje i s rukavicí nebo rukávem přes zápěstí. Naopak je necitlivé na různé předměty a to dokonce i koženou peněženku. [12]

Tlačítko má dvě signalizační diody, jednu na detekci napájení a druhou na detekci výstupu. Pomocí nich může obsluhu upozornit na chyby. Při připojení na přepětí levá dioda blikne červeně. Stane-li se tak při sepnutí tlačítka, dioda bliká dvakrát v časových intervalech a výstup je procesorem zablokován. Je-li zjištěna přílišná úroveň šumu, je výstup zablokován a levá dioda bliká třikrát v časových intervalech až do doby, kdy šum přestane působit. Když je vodivý povrch tlačítka sepnut příliš dlouho, nebo je na tlačítku umístěn cizí předmět, bliká čtyřikrát v časových intervalech.[12]



Obr. 3-2 – Spínací tlačítka pro obě ruce [12]

Tento typ tlačítka je bez ochranného (tunelového) krytu a je připojen 5 žilovým kabelem o délce 1,8m, hnědý vodič (+), modrý vodič (-), černý (N.O.), bílý (N.C.), šedý (společná zem). Tím by mělo být zabráněno možnosti, že si obsluha strčí pod údernici lisu ruku a omylem lisování spustí. Tímto způsobem můžeme zcela ovládat lisovací proces, ale pro rovnoměrné lisování všech výrobků se většinou zavádí časový interval (ve většině aplikací nastavitelný), po který je píst aktivní, a po jeho uplynutí je píst uvolněn bez ohledu na stisk tlačítek. Tím se také šetří namáhání pneumatického obvodu. Při opětovném stisku tlačítek (při splněných ostatních spouštěcích podmínkách) dojde znovu k aktivaci pístu.[12]

3.2.2.3 Světelná záclona

Dalším bezpečnostním prvkem je optická závora (záclona) (Rockwell Automation cat.n.: 440L-P4J0480YD), která brání aktivaci pístu, je-li v bezpečnostní zóně přítomno cizí těleso (ruka obsluhy nebo jiné osoby, či předmět, který by mohl mít za následek zranění, nebo poškození zařízení). Pro tyto bezpečnostní účely se již nepoužívají jednoduché optické závory, ale tzv. záclony s více paprsky, čímž je vyloučena možnost prostrčit ruku nad (pod) jednotlivým paprskem. Proto hlavní parametry optické záclony jsou aktivní výška a počet paprsků. [14]

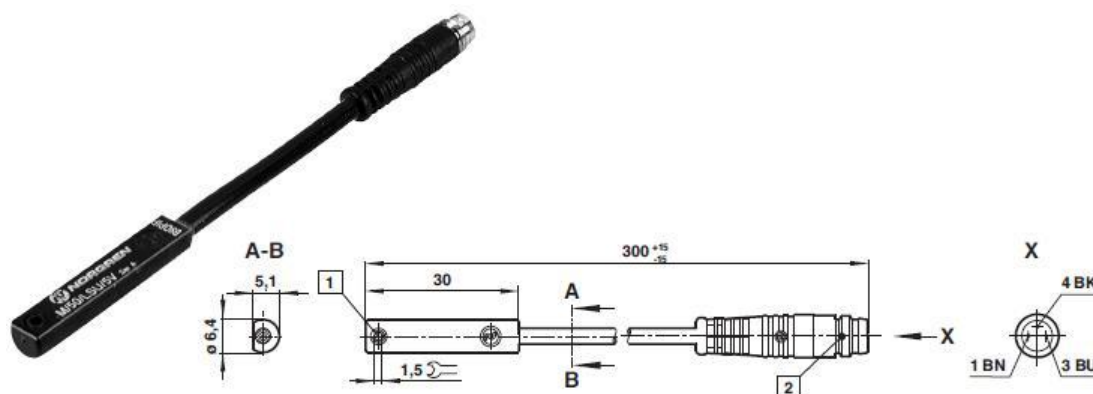
Typ	Počet paprsků	Rozměry [mm]		
		A	B	C
440L-P4J0480YD	48	480±0,5	596	632±1,5

tabulka 3.2 – Parametry optické záclony [14]

Vzhledem k rozměrům samotného lisovacího pístu, je velikost nebezpečné oblasti malá a při použití tlačítek není světelná záclona nutná. Proto bylo pro zbytečné konstrukční ztížení realizace a spojené zvýšené finanční náklady od použití tohoto prvku odstoupeno.

3.2.2.4 Koncové snímače polohy

Dosažení požadovaných poloh pístu je snímáno pomocí koncových snímačů polohy. Ty jsou přímo od výrobce tlakového pístu firmy Norgren. Je použit typ M/50/EAP/CP. Značka EAP znamená vnitřní typ zapojení – PNP s otevřeným kolektorem a CP značí typ s kabelem délky 30 cm s konektorem M8x1.[20]



Obr. 3-3 – Koncový snímač polohy [20]

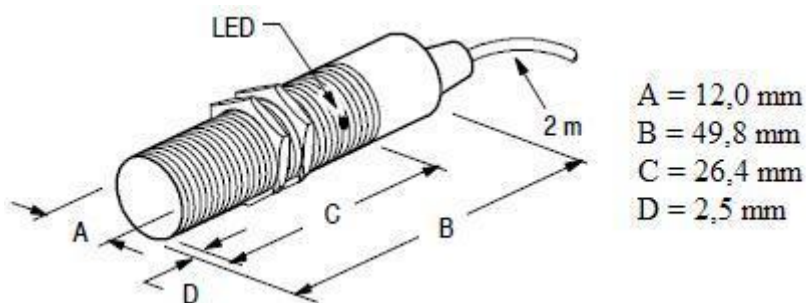
Výhodou těchto snímačů jsou jejich malé rozměry, velká odolnost vůči rušivým vlivům (vibracím) a možnost připevnění přímo na píst různých rozměrů libovolným způsobem přesně dle požadavků zákazníka. Nutností je však magnetický materiál pístu, protože spínací logika funguje na jazýčkovém principu. Snímač má přímo na sobě umístěnou žlutou diodu, indikující aktivní výstup.

Spínané (napájecí) napětí	10 – 30 V DC
Výstupní napětí	Spínané napětí mínus 2 V
Spínaný maximální proud	150 mA
Časová konstanta odezvy	< 0,5 ms
Pracovní frekvence	5 kHz
Pracovní teplotní rozsah	-20 až 80 °C
Stupeň krytí	IP67

tabulka 3.3 – Parametry koncových snímačů polohy [20]

3.2.2.5 Snímač přítomnosti kovového obrobku

Pro opracovávání kovových obrobků je implementován indukční snímač jejich přítomnosti typu: 871TM--DH4CP12--A2 od firmy Allen Bradley. Napájecí napětí snímače je 10 až 30 V DC, snímací vzdálenost 4mm, výstup N.O., připojení třížilové. Je se závitovým povrchem M12x1. [17]



Obr. 3-4 – Indukční snímač přiblížení [17]

3.2.3 Propojovací a podpůrné prvky

Naprostou samozřejmostí systému je šasi pro automat (1756-A7 pro 7 modulů) a zdroj elektrického napětí (1756-PA72/C) na vstupní napětí 230 V AC.

Nutností je spojit vstupní prvky s řídicím programem v PLC. K tomuto účelu slouží komunikační moduly. Bezpečnostní I/O modul i moduly pro standardní vstupy a výstupy jsou připojeny přes DeviceNet.

3.2.3.1 Komunikační moduly

Pro spojení s vnější sítí je potřeba připojit automat na EtherNet, tak bude možné nahrávat program z vývojového prostředí v PC a také bude moci proces komunikovat s vizualizačním panelem. Pro připojené periferii je použit DeviceNet. Jelikož se jedná o modulární PLC stačí mít k dispozici příslušné moduly.

EtherNet/IP Network DeviceNet Network



Obr. 3-5 – Komunikační moduly [8]

Typ	EtherNet - 1756-ENBT	DeviceNet – 1756 DNB
Přenosová rychlost	10/100 Mb/s	500 kb/s (do 100 m)
Počet účastníků komunikace	128	64
Počet účastníků TCP/IP kom.	64	-
Proudový odběr (24V DC)	3 mA	3 mA
Isolační napětí	30 V	30 V
Porty	1x RJ45 kategorie 5	1x DeviceNet

tabulka 3.4 – Parametry komunikačních modulů [8]

3.2.3.2 Vstupní a výstupní moduly

Připojení periferií na vyšší komunikační síť zajišťují I/O moduly. Klasické potřebují ještě periferní jednotku, která je na daný typ sítě propojí, oproti tomu

bezpečnostní modul má již konektor pro DeviceNet implementovaný, protože je na daný komunikační protokol již navrhován.

3.2.3.2.1 Safety I/O modul

Výhodou safety modulu je jeho funkce detekce chyby (poruchy) v připojeném zařízení, resp. v jeho připojení. Je schopen zjistit zkrat jednotlivého vodiče nebo stav neodpovídající nastavení daného pinu. Nejjednodušším způsobem detekování chyb je provádění pulsního testu. K tomu slouží zapojení do testovacích výstupů, které posílají přes zařízení na testované vstupy pulsní signály s opačnými fázemi. Výstupy pak musí sledovat vstupní signály. Safety modul umožňuje pulsní test bez dalšího dodatečného kódu v kontroléru. Mohou být detekovány tyto problémy: zkrat vodič-vodič, zkratovaný kanál A na 24V nebo na 0V, zkratovaný kanál B na 24V nebo na 0V, přerušování kanálu A nebo B, chyba DeviceNetu. [9]

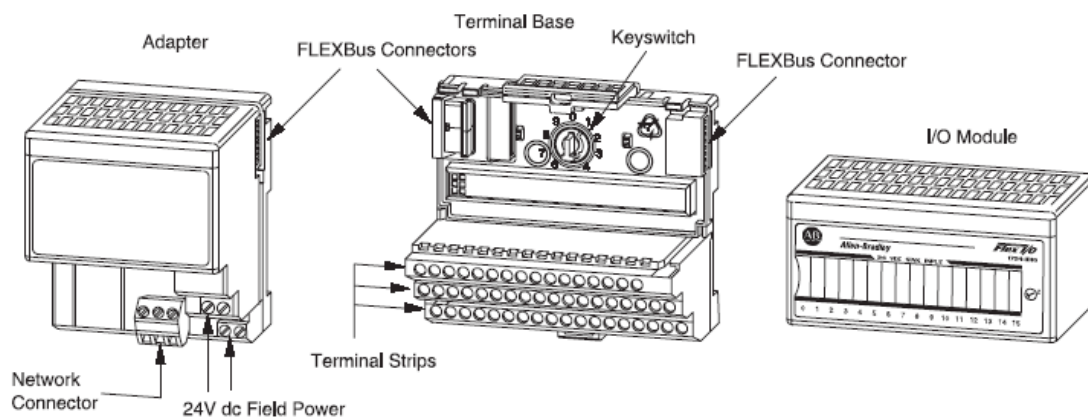


Obr. 3-6 – Bezpečnostní I/O modul [14]

Na modul může být připojeno 8 vstupních a 8 výstupních zařízení (vodičů) i s případnými testovacími výstupy. Bezpečnostní zařízení však nikdy nejsou připojeny jenom jedním vodičem, proto výsledný počet připojených zařízení bude ve skutečnosti nejméně poloviční. I bezpečnostní modul však umožňuje připojit standardní zařízení (po jednotlivých vodičích), ale tím ztrácí svoji bezpečnostní funkci.

3.2.3.2.2 Standardní I/O modul

V tomto případě musí být samotné I/O moduly připojeny k nadřazené komunikační jednotce 1794 – ADN (připojení na DeviceNet) jak ukazuje následující obrázek.

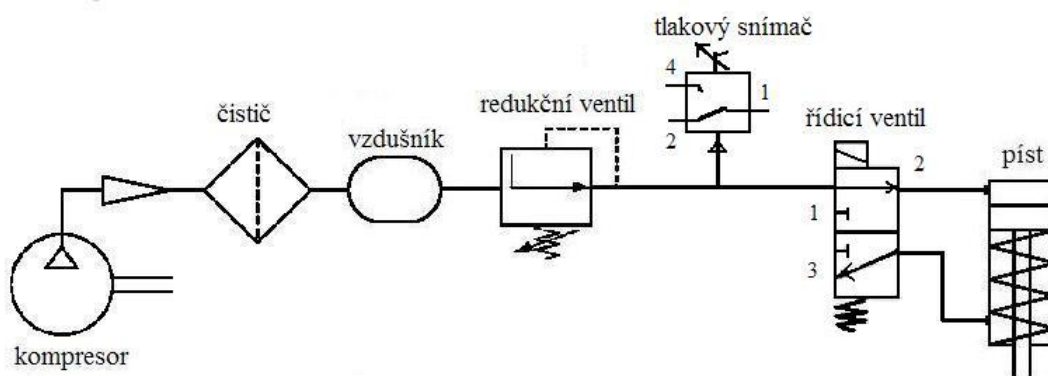


Obr. 3-7 – Struktura standardního I/O modulu [10]

Tato komunikační jednotka zvládá adresovat 8 modulů při maximální rychlosti 500 kb/s, což představuje až 256 digitálních vstupů/výstupů, nebo 64 analogových vstupů a 32 analogových výstupů, nebo jejich různé kombinace. Tomu již musí odpovídat jednotlivé moduly, podle potřeb daného procesu. Při použití více modulů se musí použít další ADN jednotka. Pro toto zařízení bude stačit jeden modul pro 16 digitálních vstupů (1794-IB16) a jeden pro 16 digitálních výstupů (1794-OB16). Oba tyto moduly mají svorky pro napájení (24 V DC) a zemnění připojených zařízení. Jejich výhodou je samostatná světelná signalizace pro každý vstupní/výstupní bit, bez ohledu na řídicí program. Výhodou celého tohoto uspořádání je obrovská flexibilita vzhledem k možným změnám. Stačí pouze přidat nebo odebrat jednotlivá zařízení, nebo v případě větších změn přidat, nebo odebrat modul. V případě poruchy jednoho modulu je možné vyměnit jen jeho řídicí část, bez nutnosti rozpojování kabeláže (lze provádět i u změny typu modulu). Měněné moduly musí mít nastaven pouze stejný mechanický zámek, který slouží proti nechtěnému použití nesprávného modulu. Každý modul je napájen nezávislým připojením z komunikační jednotky (pro úsporu kabeláže se dělají propojky mezi následnými moduly). To dovoluje měnit modul i za chodu ostatních, které se nechají pod napětím. Případnou modulární změnu je pouze nutné zohlednit v softwarové konfiguraci komunikační jednotky. [10], [11],[16]

3.3 VÝKONOVÁ ČÁST

Akční úkon navrhovaného zařízení je pohyb pneumatického pístu dolů a nahoru. Tato akce bude provedena působením výkonového média – stlačeného vzduchu. Úkolem výkonové části bude pouštět stlačený vzduch do pístu podle požadavků řídicí části a požadované míře.



Obr. 3-8 – Schéma výkonové části [3], [23]

3.3.1 Pneumatický píst

Samotný proces lisování realizuje pneumatický válec RM 8012/M/50, jehož pracovní energií je stlačený vzduch z vedení. Jedná se o dvou-akční (dva řídicí vstupy) válec z antikorozi oceli s pístem z magnetického materiálu. Energie stlačeného vzduchu je tak přeměněna ve vertikální pohyb pístu, na kterém je umístěn pracovní nástroj.



Obr. 3-9 – Pneumatický píst [18]

Typ	RM 8012/M/50
Délka válce	100 mm
Zdvih (aktivní délka pístu)	50 mm
Průměr válce	12 mm
Průměr pístu	6 mm
Typ pístu	Magnetický, standardní válec
Teoretická síla /vzduchová ztráta (při tlaku 6 bar)	vysunutí – 67,8 N/ 0,008 l/cm
	zasunutí – 51 N/ 0,006 l/cm
Pracovní tlak	1 až 10 bar
Pracovní teplota	-10 až 80 °C (pod 2°C s konzultací)

tabulka 3.5 – Parametry pneumatického pístu [18]

Výhodou těchto pneumatických akčních členů je široký sortiment úchytných i servisních doplňků, který umožňuje válec připevnit přesně podle přání a píst opatřit vhodným zakončením.

3.3.2 Řídicí ventil

Samotné ovládání pístu (výkonového pneumatického obvodu) je realizováno pomocí dvou-cestného řídicího ventilu. Ten buď pustí tlak nad výsuvný válec (raznice vyjede ven), nebo druhou cestou a raznice bude vytáhnutá nahoru do bezpečné polohy. Je použit ventil od firmy Norgren (typ V60P517D-Cx13AA). Jedná se o řídicí člen s jedním elektromagnetickým ventilem, který nevyžaduje trvalé napájení. Při přivedení napětí přeměruje vzduch do druhé cesty. Výhodou tohoto spínače je mechanické nastavení množství propouštěného vzduchu, čímž se dá regulovat rychlost akce zařízení na něj připojené (vysunutí pístu). Pracovní tlak ventilu je v rozsahu 2 až 10 bar, ale testoval jsem minimální hranici a spínač je schopen fungovat již od tlaku 1,6 bar. Výhodou ventilů firmy Norgren je univerzální elektrický konektor, který lze použít na všechny typy a změní se pouze množství použitých vodičů. [22]

3.3.3 Tlakový snímač

Aby měl řídicí systém zpětnou vazbu na stav pneumatického obvodu, musí být zařazen do obvodu snímač tlaku. Původně měl být zařazen snímač s analogovým výstupem, ale pro nákladnost připojení (analogový modul navíc) byl použit tlakový spínač s mechanicky nastavitelnou hranicí spínání (imbusový klíč). Je použit spínač od firmy Norgren (série 18D, typ 0881300), který má dva výstupy (jeden kontakt N.O., druhý N.C.), čímž je zajištěna kontrola funkce spínače. Spínač má nastavitelnou hranici spínání v rozsahu 0,5 až 8 bar s frekvencí spínání 100 min^{-1} . Mechanická pevnost snímače vůči přetížení je 80 bar. [21]



Obr. 3-10 – Tlakový spínač [21]

3.3.4 Redukční ventil



Obr. 3-11 – Redukční ventil [19]

Na výstupu vzdušníku musí být umístěn redukční ventil, který bude regulovat maximální velikost tlaku ve výkonovém obvodu, čímž bude možné upravovat sílu lisu. Je použit ventil od firmy Norgren (typ R07-105-RNMG) o nastavitelné hodnotě výstupního tlaku v rozsahu 0,3 až 10 bar. Maximální vstupní tlak je 20 bar. [19]

3.3.5 Zdroj stlačeného vzduchu

Zásobu stlačeného vzduchu na provedení výkonu zajišťuje vzdušník o objemu 2 l. Jako zdroj stlačeného vzduchu jsem měl zapůjčen elektrický, ručně spínaný, kompresor s filtrem proti mechanickým nečistotám a nouzovým vypouštěcím ventilem. Původně jsem používal hustilku na kolo, ale pro nízkou účinnost a časovou náročnost byla shledána nevyhovující. Zdroj stlačeného vzduchu lze použít libovolný, který bude splňovat výkonové nároky. Ideálním řešením by byl spínaný kompresor na napětí 24 V DC, který by mohl být řízen přímo aplikací.

4. REALIZACE ZAŘÍZENÍ

4.1 MECHANICKÁ KONSTRUKCE

Celé lisovací zařízení je umístěno na dvou hliníkových profilech 40x40 mm o délce 300 mm. Tyto profily mají zhotoveny kolejové drážky, pomocí nichž k nim jsou upevňovány další části. Na tyto „nohy“ je připevněna obdélníková konstrukce ze stejných profilů o rozměrech 1000x610 mm, ve které je vložena ocelová mřížka, ke které je uchycena DIN lišta pro moduly, ovládací prvky výkonového obvodu a plastový tunel pro kabeláž. Do mřížky je zabudován panel s tlačítky START, STOP a doplňkové ovládací prvky (tlačítko, spínač, dioda).

Pneumatický lisovací válec je připevněn do ocelové konstrukce, která tak vytváří samotný model lisu. Její nákres je zobrazen v příloze 1. Tato konstrukce je přišroubována do dřevotřískové desky tloušťky 18 mm o rozměrech 860x220 mm. Deska je opatřena na hranách plastovými páskami tloušťky 2 mm proti mechanickému poškození hran. Do desky jsou zapuštěna tlačítka pro obě ruce a je šrouby připevněna přes jezdcové profily k hliníkovým nohám. Nákres desky je zobrazen v příloze 2. Mimo tuto konstrukci je umístěn PLC a vizualizační blok. Uspořádání celého zařízení je vidět v příloze 4.

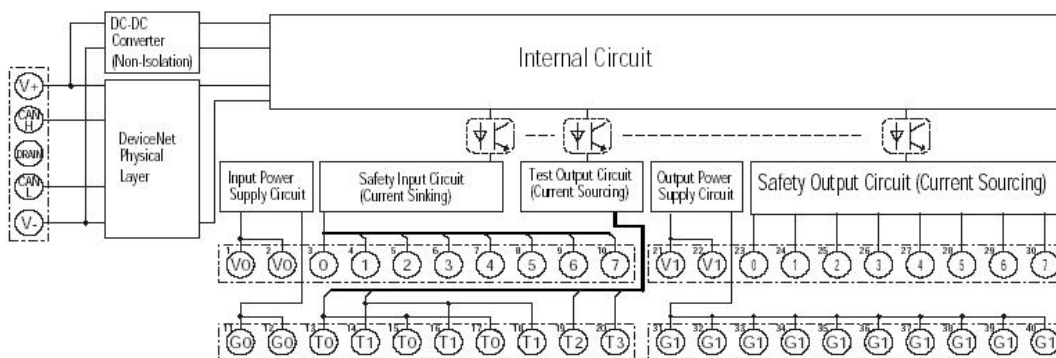
4.2 POSPOJOVÁNÍ

4.2.1 Elektrický obvod

Propojení PLC a vizualizačního panelu (resp. PC) je provedeno klasickým osmi-žilovým síťovým kabelem. PLC je s I/O moduly (bezpečnostním a ADN jednotkou) propojen přes DeviceNet čtyř-žilovým vodičem a u koncových stanic (PLC a ADN) je připojen zakončovací odpor 120 Ω .

4.2.1.1 Připojení na bezpečnostní modul

Model 1791DS-IB8X0B8



Obr. 4-1 – Struktura vnitřního zapojení bezpečnostního I/O modulu [9]

Číslo svorky	Označení	Popis
1,2	V0	Napájecí svorka pro externí vstupní zařízení (+24V)
11,12	G0	Zemnicí svorka pro externí vstupní zařízení (0V)
3...10	0...7	Svorky pro safety vstupy
13...20	T0...T3	Svorky pro testovací výstupy
21,22	V1	Napájecí svorka pro externí výstupní zařízení (+24V)
31,32	G1	Zemnicí svorka pro externí výstupní zařízení (0V)
23...30	0...7	Svorka pro safety výstupy
33...40	G1	Zemnicí svorka pro externí zařízení (svorky 31 – 40 jsou vnitřně propojeny)

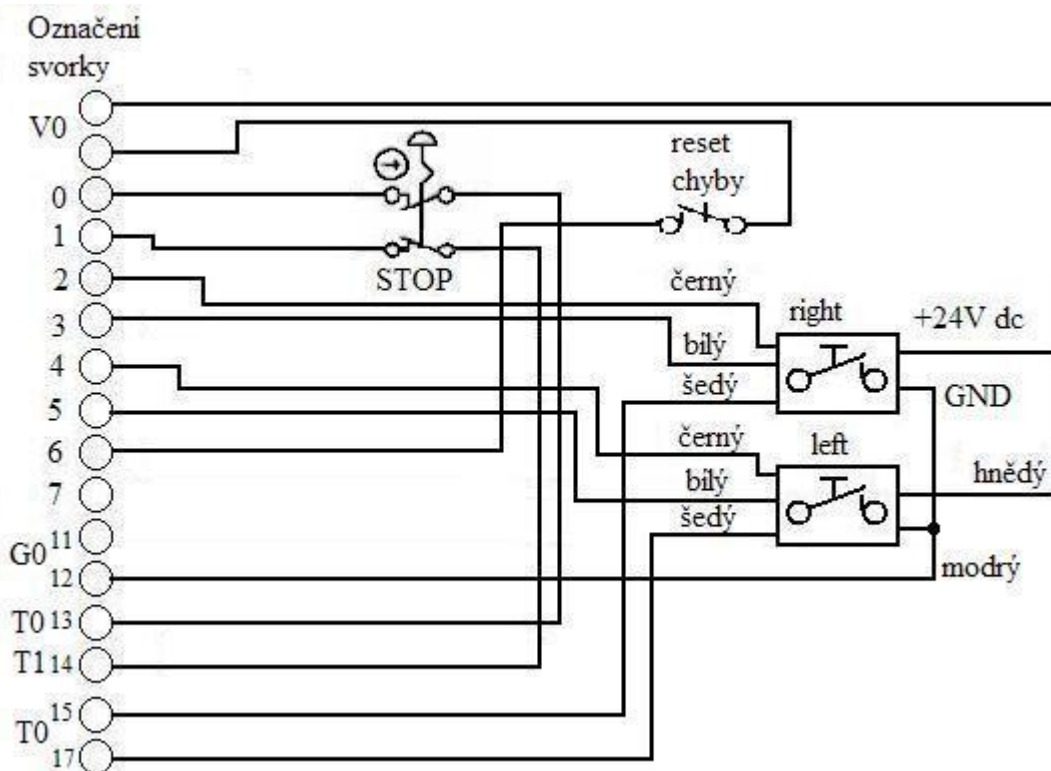
tabulka 4.1 – Označení svorek bezpečnostního I/O modulu [14]

Na krajní vodiče sítě DeviceNet je přivedeno napájecí napětí 24 V DC, čímž může být vše další napájeno z tohoto připojení. Jestliže chceme používat vstupní svorkovnici, musíme svorky V0, G0 spojit s krajními vodiči komunikačního připojení. To samé platí pro výstupní svorkovnici a svorky V1, G1. Jestliže používáme svorky pro napájení připojených zařízení, mohou být jen dvě svorky napájení omezující. Proto jsem spojil již některé vodiče do jedné dutinky, která se poté pohodlně zasune do svorky (obě tlačítka pro ruce mají společné napájení a zemnění). [5]

Označení svorky	Typ připojení	Popis připojeného zařízení
IN 0	Safety	STOP tlačítko – kontakt N.O.-
IN 1	Safety	STOP tlačítko – kontakt N.C.-
IN 2	Safety	Tlačítko pravé ruky – kontakt N.O. (černý)
IN 3	Safety	Tlačítko pravé ruky – kontakt N.C. (bílý)
IN 4	Safety	Tlačítko levé ruky – kontakt N.O. (černý)
IN 5	Safety	Tlačítko pravé ruky – kontakt N.C. (bílý)
IN 6	Standard	Tlačítko Fault Reset
T0 (13)	Testovací	STOP tlačítko – kontakt N.O.+
T1 (14)	Testovací	STOP tlačítko – kontakt N.C.+
T0 (15)	Testovací	Tlačítko pravé ruky – common (šedý)
T0 (17)	Testovací	Tlačítko levé ruky – common (šedý)
OUT 0	Safety	Chyba STOP tlačítka (nic nepřipojeno)

tabulka 4.2 – Rozpis připojených zařízení k bezpečnostnímu I/O modulu

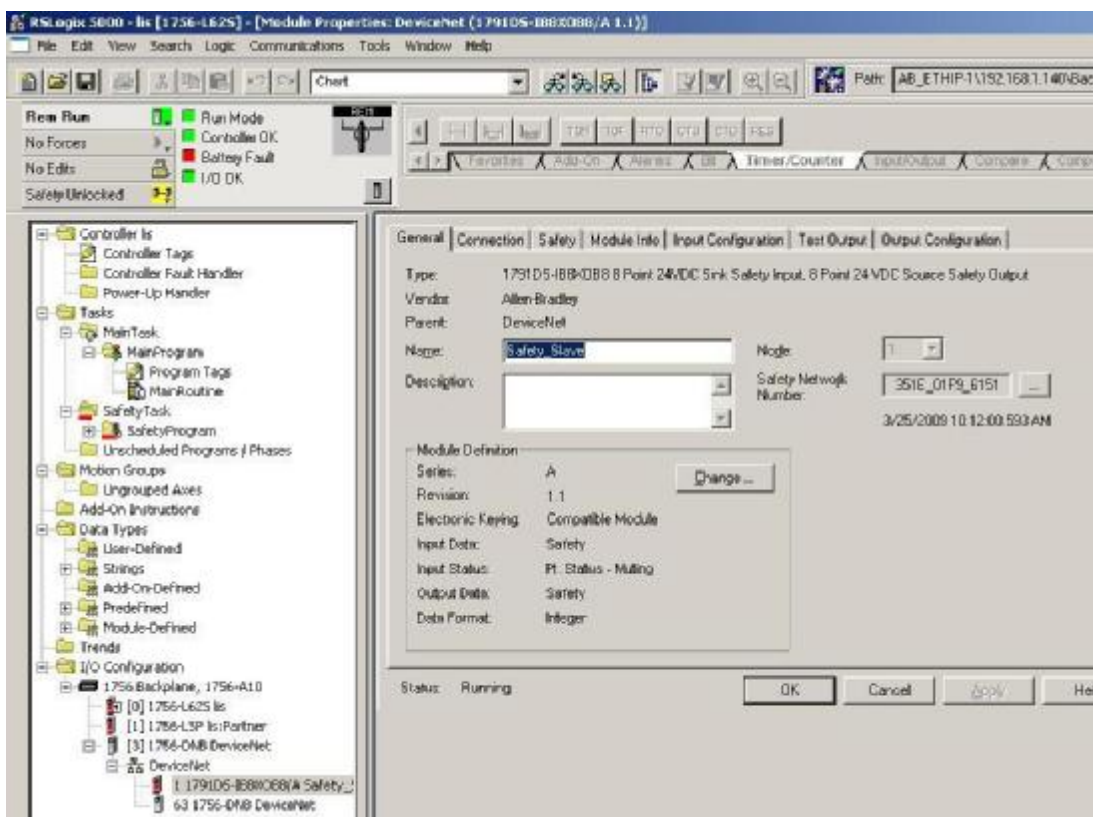
Každý bezpečnostní prvek zabírá právě dvě vstupní svorky, čímž je zajištěna kontrola jeho stavu v každé chvíli. Protože tlačítka pro obě ruce obsahují aktivní prvky, musí být připojeny ještě na napájení (hnědý+, modrý-). Pomocí pulsního testu je funkčnost jejich připojení testována. Tlačítko pro vymazání chyby je obyčejného typu (jeden kontakt) a mohlo by být připojeno na standardní vstupní modul. Já ho však při nepoužití světelné záclony připojil na bezpečnostní vstup, abych vyzkoušel funkčnost s obyčejným zařízením. Ze stejného důvodu je použit i výstup, který není zapojen a případnou chybu tlačítka STOP pouze signalizuje rozsvícením indikační diody na panelu.



Obr. 4-2 – Zapojení bezpečnostní části elektrického obvodu

4.2.1.2 Konfigurace bezpečnostního modulu ve vývojovém prostředí

Strukturu připojení je nutné přesně specifikovat ve vývojovém prostředí RS – logix5000 v nastavení tohoto modulu. Nejdříve se musí najít cesta k modulu (nejlépe se provádí přes okno Who active?) V jeho nastavení v záložce **general** se poté musí zadat jméno, které je dále vidět v projektu, pak sérii a revisi (ty jsou dané hardwarem) a další vlastnosti (které jsou většinou přednastaveny). V záložce **safety** je možné upravit komunikační intervaly a časový limit pro odpověď od připojeného zařízení. V záložce **module info** je možné najít detailní informace o modulu. Ale důležité jsou následující záložky.



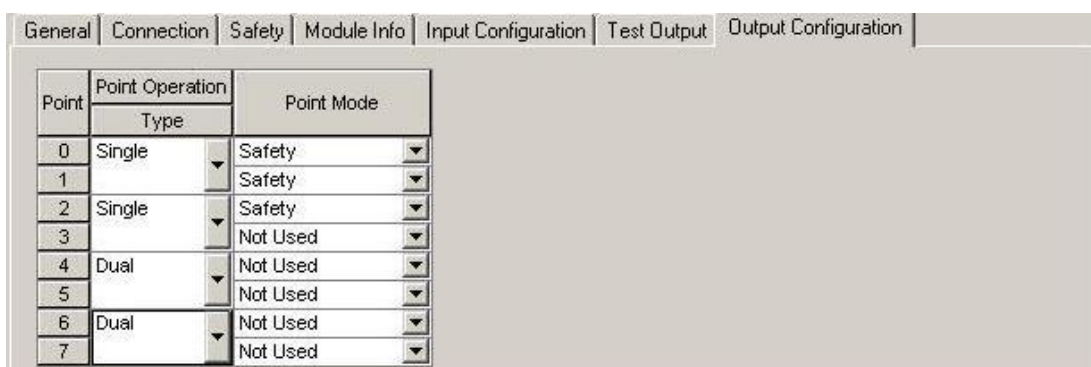
Obr. 4-3 – Nastavení komunikace s bezpečnostním I/O modulem

V záložce **input configuration** lze nastavovat přímo parametry připojení jednotlivých periférií. Musí se nastavit správné připojení. Complementary znamená, že musí být úrovně vodičů vždy různé (jeden N.O., druhý N.C.). Ještě je možné nastavit ekvivalent (stále stejné – oba N.O.), nebo single, což je pro samostatné (standardní připojení). U bezpečnostních prvků se ještě nastavuje způsob testování

General Connection Safety Module Info Input Configuration Test Output Output Configuration							
Point	Point Operation		Point Mode	Test Source	Input Delay Time (ms)		
	Type	Discrepancy Time (ms)			Off->On	On->Off	
0	Complementary	250	Safety Pulse Test	0	0	0	
1			Safety Pulse Test	1	0	0	
2	Complementary	50	Safety Pulse Test	0	0	0	
3			Safety Pulse Test	0	0	0	
4	Complementary	50	Safety Pulse Test	0	0	0	
5			Safety Pulse Test	0	0	0	
6	Single	0	Standard	None	0	0	
7			Not Used	None	0	0	

Obr. 4-4 – Konfigurace vstupů bezpečnostního I/O modulu

a časový interval, po který může být periferie v nesprávných hodnotách. Interval musí odpovídat typu přepínání stavu periferie. U tlačítek obou rukou nastavuje výstupní hodnotu signálový procesor, proto se mění téměř ve stejný okamžik a 50 ms zcela postačuje. Oproti tomu u STOP tlačítka se jedná o reléové mechanické kontakty, kdy především při uvolňování tlačítka může být úroveň obou vodičů stejná delší dobu. Interval 250 ms byl experimentálně stanoven jako dostatečný pro běžný způsob uvolnění tlačítka.



Point	Point Operation	Point Mode
	Type	
0	Single	Safety
1		Safety
2	Single	Safety
3		Not Used
4	Dual	Not Used
5		Not Used
6	Dual	Not Used
7		Not Used

Obr. 4-5 - Konfigurace výstupů bezpečnostního I/O modulu

Stejným způsobem lze v záložce **output configuration** nastavit připojení výstupních periférií. Žádný fyzický výstupní prvek připojen není, je nastavena pouze svorka 0 jako detekce chyby STOP tlačítka. Dioda detekující poruchu je ovlivňována i standardními vstupy, a proto nemůže být bez „přemapování“ připojena na bezpečnostní výstup.

4.2.1.3 Připojení na standardní I/O modul

U použitých modulů je vždy 16 svorek pro připojení signálů vnějších periférií a svorkovnice napájení a zemnění. Tím je odstraněna nutnost externího napájení pro zařízení, která mohou pracovat na napětí 24 V DC. Nejjednodušším prvkem je obyčejné tlačítko, které napětí 24 V sepne přímo na vstupní svorku. Stejně funguje i tlakový spínač, ale jedna cesta (výstupní vodič) je vždy aktivní. V tomto případě je rozdílnost signálů testována programově, čímž se nahrazuje bezpečnostní provedení vstupního modulu. V aplikaci tak je možné vidět použití obou principů. Indukční snímač i koncové snímače polohy mají napájecí, zemnicí a signálový vodič.

Svorka	Alias tag	Popis zařízení
0	Start_tlacitko	Spouštěcí tlačítko START
1	obrobek	Snímač přítomnosti kovového obrobku
2	tlak_malo	Výstup tlakového snímače (N.C.)
3	tlak_OK	Výstup tlakového snímače (N.O.)
4	nekov	Tlačítko pro případ nekovového obrobku
14	poloha_d	Výstup snímače spodní polohy pístu
15	poloha_h	Výstup snímače vrchní polohy pístu

tabulka 4.3 – Rozpis připojených zařízení k vstupnímu modulu

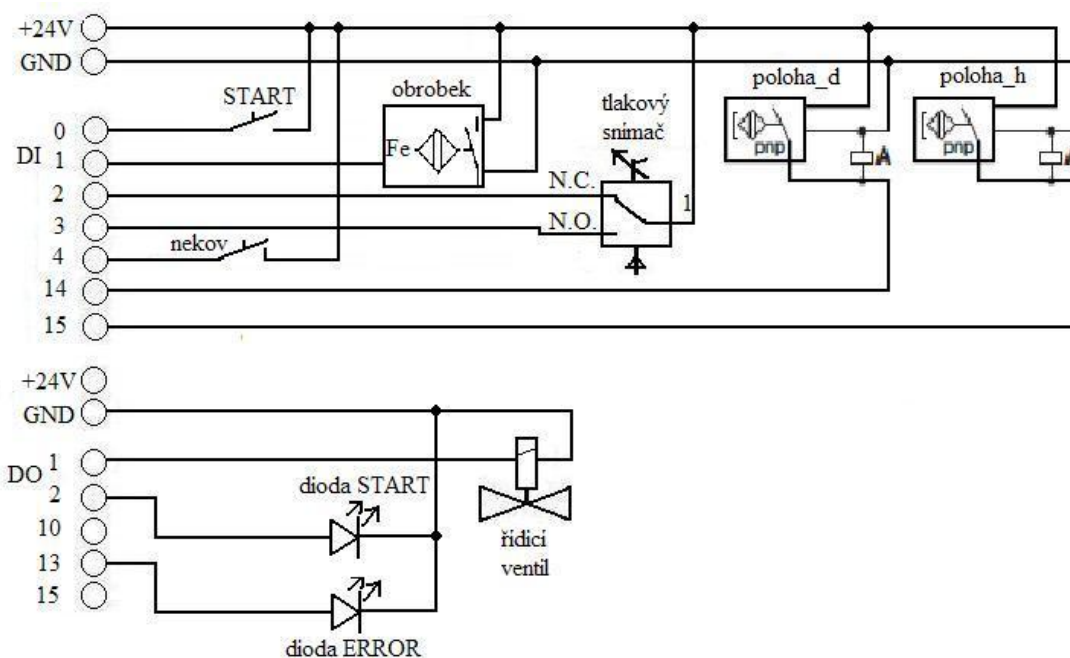
Připojení výstupních zařízení je podobné. Žádné zařízení nepotřebuje trvalé napájení, a tak jsou všechny výstupní signály přes zařízení přiváděna na svorku 0 V. To má výhodu, že bez běžící aplikace není žádné výstupní zařízení pod napětím. Signalizace vypnutého stavu nebyla realizována, protože STOP tlačítka se vyrábějí bez světelné signalizace, a stav je dobře rozeznatelný z vizualizačního panelu a je poznat i podle stlačeného tlačítka. Svítící číslo výstupu 10 na čele modulu sloužilo jako indikace v době vývoje aplikace a bylo ponecháno. Signál na výstup 15 jsem také používal k signalizaci, dokud jsem neměl k dispozici vizualizační panel, ze kterého je možné zadávat přednastavenou dobu lisování. Teď již může sloužit jen jako signalizace nevšimavé obsluze, že přednastavený čas uplynul, píst tudíž vyjel nahoru a pro opětovné lisování je nutné uvolnit tlačítka.

Svorka	Alias tag	Popis zařízení
1	lisuje	Signál pro řídicí ventil
2	Start_dioda	Dioda v tlačítku START
10	Off	Vypnutý stav (nezapojeno)
13	blik	Dioda poruchového stavu
15	vypnuti_casovani	Ukončení lisování s přednastavením (nezapojeno)

tabulka 4.4 – Rozpis připojených zařízení k výstupnímu modulu

Na následujícím obrázku je vidět zapojení jednotlivých prvků. Tlačítko START je umístěno ve spínací krabici (spolu s tlačítkem STOP). Každé je

připojeno čtyř-žilovým vodičem a u modulů se rozděljuje (dva vodiče na výstup – pro signalizační diodu aktivního stavu zařízení a dva na vstup – pro spínací kontakt tlačítka). Snímač přítomnosti kovového obrobku pod raznicí lisu je zatím volně uložen, vzhledem k délce aktivní oblasti snímače. Při známých rozsazích velikostí kusů pod raznicí, může být mechanicky upevněn. Kontakt nekov pro „vyblokování“ tohoto snímače je černé tlačítko, s přidržením sepnuté polohy, umístěné v pravém spodním rohu mřížky. Oranžová dioda sloužící k indikaci poruchy je umístěna vlevo od spínací krabičky, spolu s modrým tlačítkem pro akceptování poruchy.

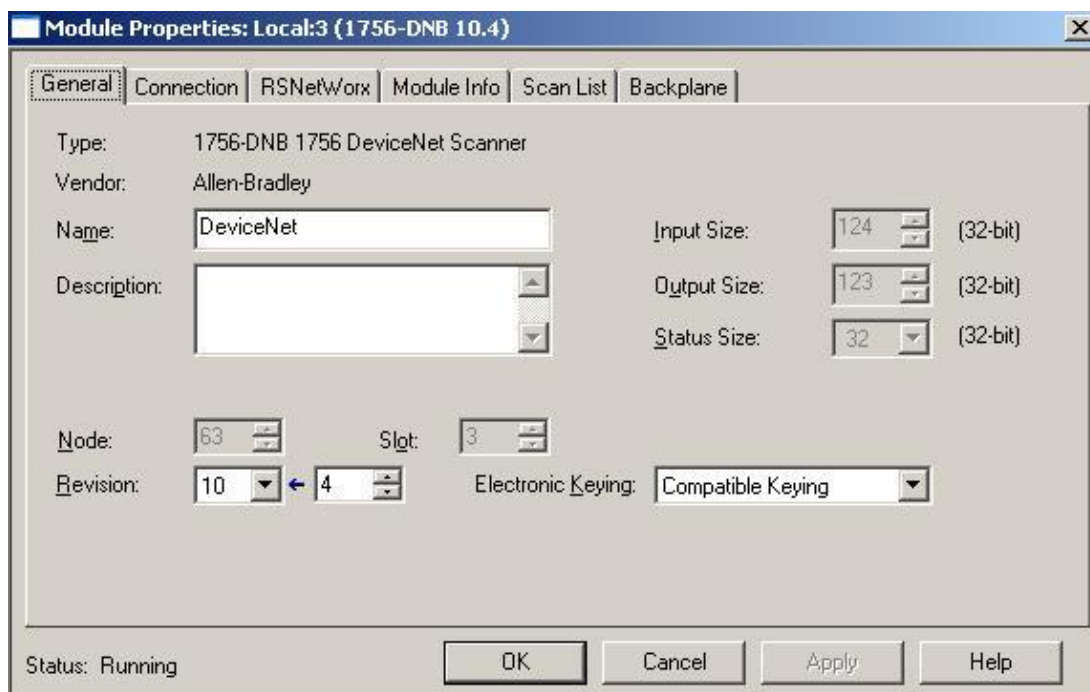


Obr. 4-6 – Zapojení standardní části elektrického obvodu [24]

Další prvky již propojují řídicí a výkonovou část. Tlakový snímač i řídicí ventil jsou připevněny přímo k mřížce v její spodní části a kabely jsou z universálního konektoru vedeny po mřížce do plastového tunelu a ním až k modulům. Snímače horní a dolní polohy pístu jsou připevněny přímo na tělo pneumatického válce. Horní poloha je daná dojezdem pístu, dolní poloha by měla být nastavena na pracovní výšku vysunutí pístu. Každý snímač je přes konektor a prodlužovací kabel přivedeny až k svorkám modulu. Kabely jsou vedeny od pístu dozadu k mřížce a po ní opět do tunelu.

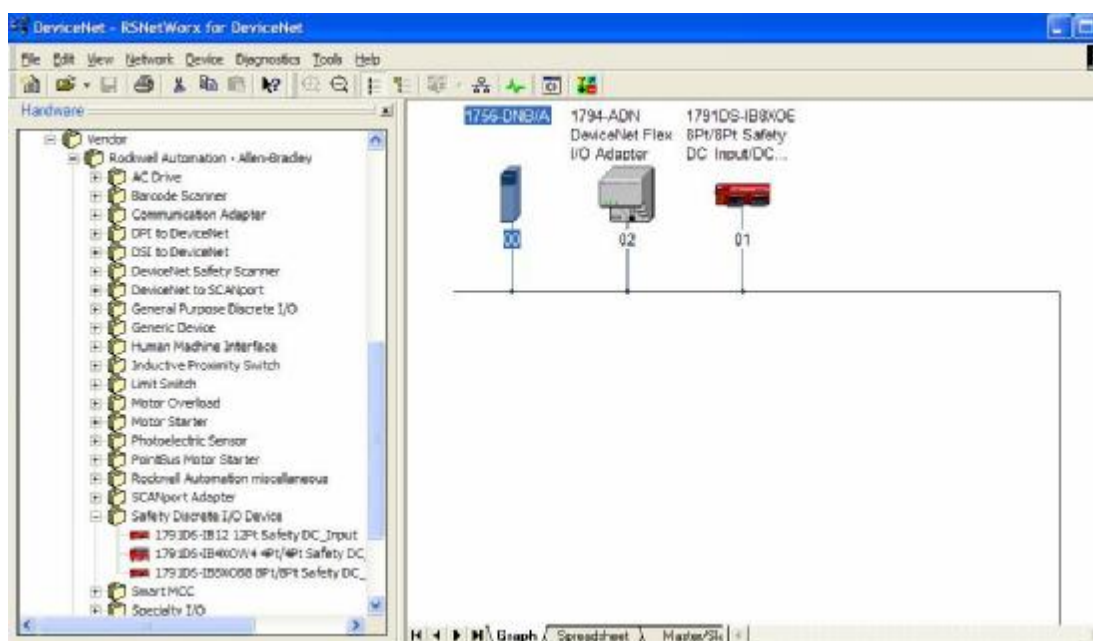
4.2.1.4 Konfigurace připojených zařízení ve vývojovém prostředí

Aby mohly jednotky fungovat, musí být i připojení správně nakonfigurováno v prostředích RS-NetWorx a RS – logix 5000. Je nutné nastavit základní údaje (jméno zařízení a revisi) v záložce **general**. V záložce **connection** můžeme nastavit rychlost spojení. V záložce **RSNetWorx** je nastavena cesta ke konfiguračnímu souboru pro připojení přes DeviceNet (koncovka dnt). Záložka **module info** obsahuje informace o modulu. Záložka **scan list** obsahuje zobrazení použitých Nod adres. V tomto projektu jsou použity adresy 1- pro bezpečnostní I/O modul a 2- pro jednotku připojující standardní moduly. Záložka **backplane** zobrazuje další informace o jednotce a zobrazuje počty zachycených chyb komunikace.



Obr. 4-7 – Nastavení komunikace v prostředí RS – logix 5000

Správa celé komunikační cesty a jednotlivých zařízení se provádí v prostředí RS – NetWorx. Vždy se vybere z nabídky hledaný prvek a přidá se na síť. Tím získáme i grafický přehled o všech účastnících síťové komunikace včetně adres, pod kterými jsou. Po nastavení přesných parametrů je možné síť diagnostikovat a při správné funkci dále používat.



Obr. 4-8 – Nastavení komunikace v prostředí RS-NetWorx

Chybně nakonfigurované nastavení kteréhokoli modulu (včetně vizualizačního bloku) může být obrovskou překážkou v dalším postupu práce na projektu. Chtěl bych proto ještě jednou poděkovat Ing. Radku Štohlvi, Ph.D. a Marianu Šimovi za pomoc s touto problematickou záležitostí.

4.2.2 Pneumatický obvod

Jednotlivé součástky obvodu jsou propojeny plastovými hadičkami pro pneumatické vedení o vnějším průměru 4 mm. Každá součástka je opatřena připojovacím článkem se zástrčkovou rychlospojkou fitting na průměr 4 mm. Jedinou výjimkou je vstup vzdušníku, na který je připojena rychlospojka na hadici od kompresoru, nebo ventilek na hustilku. Výhodou tohoto spojení je obrovská jednoduchost a rychlost při spojování/rozpojování a to bez nutnosti použití jakéhokoli náradí. Výrobce garantuje těsnost a pevnost spojení až do tlaku 8 bar. V rychlospojkách tlak skutečně neuniká ani při tlaku kolem 6,5 bar, při kterém byl celý obvod testován. Jediným místem tlakových ztrát bylo připojení z výstupu vzdušníku, kde je ocelový závit bez dodatečného gumového těsnění. [25]



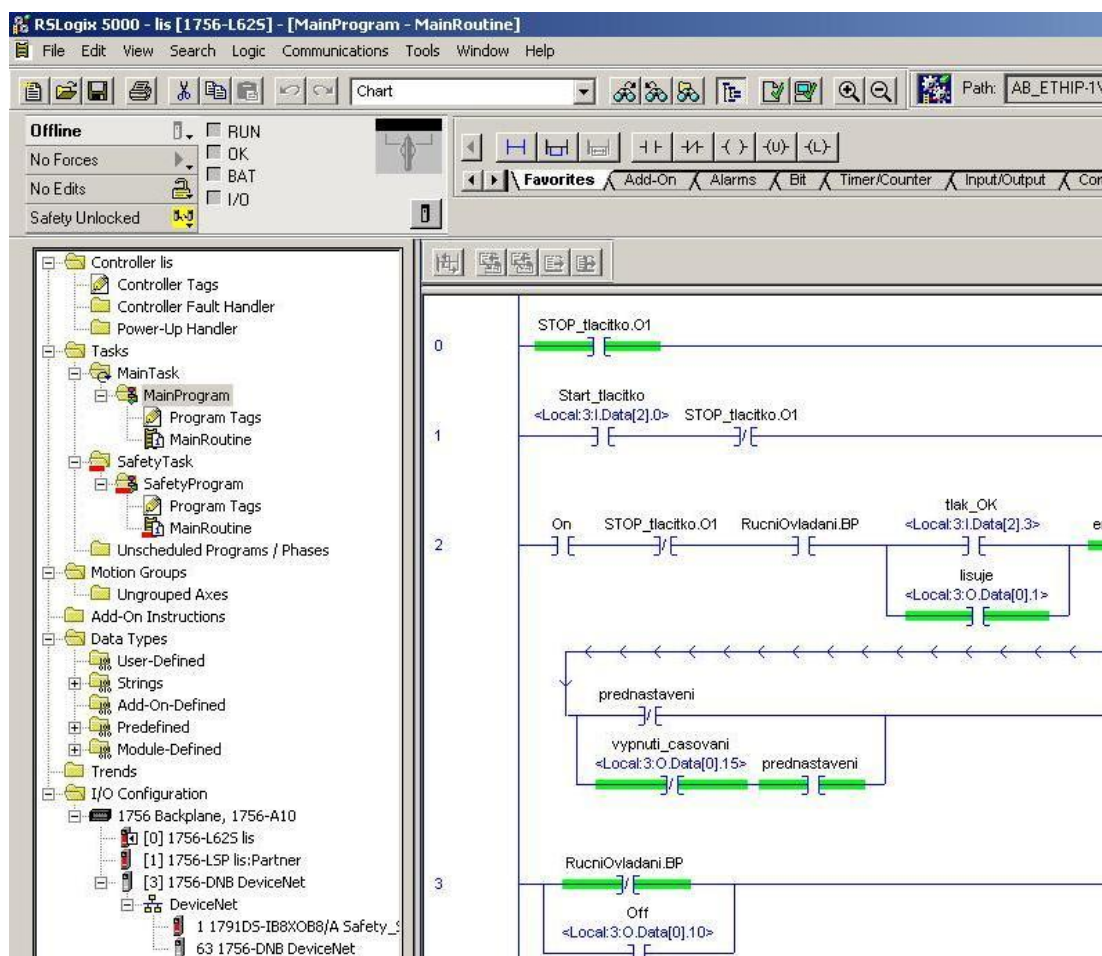
Obr. 4-9 – Rychlospojka fitting typ T [25]

Po zapojení celého pneumatického obvodu je nutné správné nastavení měnitelných parametrů obvodu dle pracovních podmínek, které požadujeme. Nastavení spínací úrovně snímače tlaku, by mělo odpovídat minimální hodnotě pracovního tlaku, kterou jsme ochotni tolerovat jako dostatečnou. Musí být minimálně na hranici pro vysunutí pístu (teoreticky 2 bar), já ponechal hodnotu 1,6 bar dostačující pro testovací účely. Druhým parametrem je výstupní tlak redukčního ventilu, který musí být nad touto minimální hranicí a jeho hodnota mění silové účinky lisu. Úpravy rychlosti vysouvání a zasouvání pístu lze provádět mechanicky (šroubovákem) na řídicím ventilu. Přesné nastavení těchto parametrů se musí provést podle požadavků lisovacího procesu.

5. ŘÍDICÍ PROGRAM

5.1 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

Celý řídicí program byl vytvořen v prostředí RS – logix 5000 v jazyce příčkové logiky (ladder diagram).



Obr. 5-1 – Vývojové prostředí

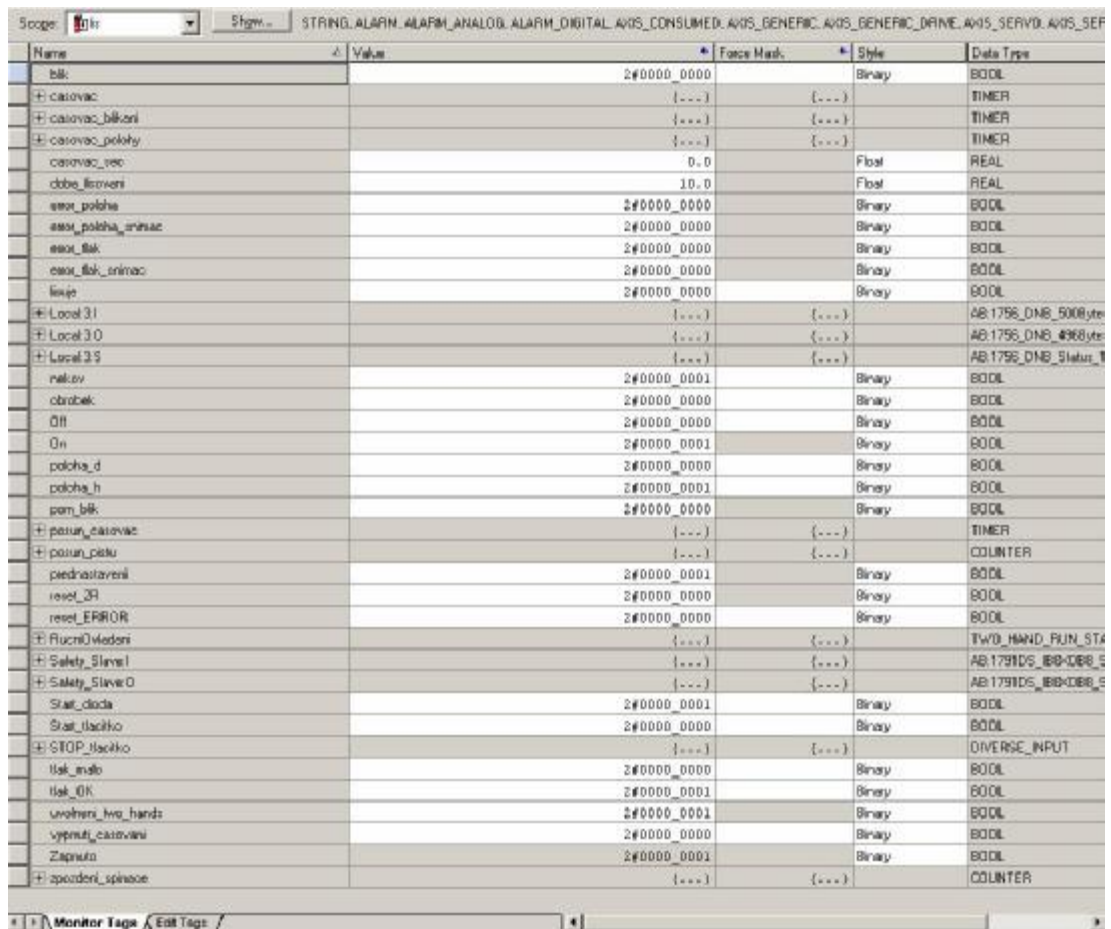
Vrchní lišta záložek je obdobná většině programů a to i strukturou (file, edit, view, search, logic, communication, tools, window, help). V záložce communication se dají vyhledávat zařízení, která jsou na síti připojena a případně upravovat nastavení. Pod řadou obvyklých ikon je stavový panel automatu, který říká programátorovi, v jakém režimu se PLC nachází, jestli není problém periferií a jestli je bezpečnostní část programu uzamčena. Kliknutím na příslušnou ikonu se

„vyroluje“ panel s výběrem příkazů pro změnu stavu. Tím lze přepnout automat do stavu **Offline**, kde je možné měnit program i editovat proměnné, nebo do stavu **Rem-Prog**, kdy aplikace běží, ale můžeme měnit vnitřní proměnné automatu, nebo do stavu **Rem-Run**, kdy aplikace naplno běží, bez zásahu programátora. Při změně v programu a přechodu automatu do aktivního stavu je nabídnuta možnost nahrát změněnou verzi aplikace do PLC (download). Tato možnost je na panelu přímo i s opačnou funkcí (upload), kdy je možné z PLC do počítače zkopírovat aplikaci.

Níže je umístěno okno správce projektu, ve kterém je vidět stromová struktura celého projektu a s jeho pomocí se k jednotlivým částem přistupuje. Vybraná část je zobrazena v pravém hlavním okně (na obrázku je tam vidět hlavní program). Nad oknem jsou záložky s typem prvků příčkové logiky a nad nimi již prvky příčkového jazyka daného druhu. Ty již lze vkládat na větve v hlavním okně, a tak vytvářet řídicí program.

Prostředí umožňuje přímý přístup k tabulce všech proměnných (tagů) automatu (Obr. 5-2). Proměnných je více druhů. Základní jsou bitové, ať již pouze vnitřní, nebo „alias tagy“ pro vstupní resp. výstupní bit. Dále se může jednat o číselnou proměnnou (Integer, Real). Složitějšími proměnnými jsou předdefinované proměnné strukturálního typu (COUNTER, TIMER, DIVERSE_INPUT, THRS), které mají dané své vnitřní proměnné. Další strukturální proměnné představují vstupní, nebo výstupní periférii (modul). Až v ní je možné přistupovat k jednotlivým bitům. Tomu také odpovídají názvy přímých bitových tagů, např. vstupní bit od tlačítka START - <Local:3:I.Data[2].0>. Tyto strukturální proměnné neobsahují jenom datové části (jen některé jsou využity), ale také řídicí registry. V nich je např. umístěn v command registru bit Run, který pouští/blokuje komunikaci modulu.

V tabulce je možné vidět aktuální hodnoty jednotlivých tagů (monitoring). V programovatelném módu automatu lze hodnoty vnitřních proměnných přímo měnit a v offline stavu automatu je možné proměnné editovat.



Name	Value	Force Mask	Style	Data Type
blk	2#0000_0000		Binary	BOOL
casovac	{...}	{...}		TIMER
casovac_bikveni	{...}	{...}		TIMER
casovac_poloha	{...}	{...}		TIMER
casovac_ycs	0.0		Float	REAL
dobu_bicveni	10.0		Float	REAL
esot_poloha	2#0000_0000		Binary	BOOL
esot_poloha_miniac	2#0000_0000		Binary	BOOL
esot_bak	2#0000_0000		Binary	BOOL
esot_bak_snimac	2#0000_0000		Binary	BOOL
livje	2#0000_0000		Binary	BOOL
Local 31	{...}	{...}		AB:1756_DNB_500Byte
Local 30	{...}	{...}		AB:1756_DNB_4968Byte
Local 33	{...}	{...}		AB:1756_DNB_5168Byte
nakov	2#0000_0001		Binary	BOOL
obrobek	2#0000_0000		Binary	BOOL
Off	2#0000_0000		Binary	BOOL
On	2#0000_0001		Binary	BOOL
poloha_d	2#0000_0000		Binary	BOOL
poloha_h	2#0000_0001		Binary	BOOL
pom_bak	2#0000_0000		Binary	BOOL
posun_casovac	{...}	{...}		TIMER
posun_paku	{...}	{...}		COUNTER
prednastaveni	2#0000_0001		Binary	BOOL
reset_3F	2#0000_0000		Binary	BOOL
reset_ERROR	2#0000_0000		Binary	BOOL
RucniOvladani	{...}	{...}		TWO_HAND_FUN_STA
Safety_Slave1	{...}	{...}		AB:1791DS_IBB-DBB_S
Safety_Slave0	{...}	{...}		AB:1791DS_IBB-DBB_S
Stat_dioda	2#0000_0001		Binary	BOOL
Stat_tlaciko	2#0000_0000		Binary	BOOL
STOP_tlaciko	{...}	{...}		DIVERSE_INPUT
tlak_malo	2#0000_0000		Binary	BOOL
tlak_OK	2#0000_0001		Binary	BOOL
uvolneni_hvo_hands	2#0000_0001		Binary	BOOL
vypnutí_casovani	2#0000_0000		Binary	BOOL
Zapnuto	2#0000_0001		Binary	BOOL
Zpordeni_spinace	{...}	{...}		COUNTER

Obr. 5-2 – Zobrazení tabulky tagů

5.2 POPIS ŘÍDICÍHO PROGRAMU

Program se skládá ze dvou částí (hlavní a bezpečnostní). Tyto části se vzájemně ovlivňují proměnnými, které se objevují v obou. Je však bezpečnostním pravidlem, že proměnná z jakékoli „nebezpečnostní“ rutiny, nemůže ovlivňovat bezpečnostní rutinu. Takovou příčku označí vývojové prostředí za chybnou a nepovolí kompilaci programu. Někdy je však toto propojení nezbytné, a proto existuje možnost „přemapování“ proměnné. Provede se přes záložku **logic** a vytvoří se přímo v bezpečnostní rutině alias tag, pro standardní vnitřní proměnnou. U tohoto procesu je to dvojice proměnných *Zapnuto* a *On*. Bezpečnostní proměnné v ostatních částech lze používat normálně.

5.2.1 Proměnné programu

Název proměnné	Typ proměnné	Vnější připojení
<i>blik</i>	Binární	DO, 13
<i>casovac</i>	Časovač	-
<i>casovac_blikani</i>	Časovač	-
<i>casovac_polohy</i>	Časovač	-
<i>casovac_sec</i>	Reálná	OUT, vizualizační panel
<i>doba_lisovani</i>	Reálná	IN, vizualizační panel
<i>error_poloha</i>	Binární	-
<i>error_poloha_snimac</i>	Binární	-
<i>error_tlak</i>	Binární	-
<i>error_tlak_snimac</i>	Binární	-
<i>lisuje</i>	Binární	DO, svorka 1
<i>nekov</i>	Binární	DI, svorka 4
<i>obrobek</i>	Binární	DI, svorka 1
<i>Off</i>	Binární	DO, svorka 10
<i>On</i>	Binární	-
<i>poloha_d</i>	Binární	DI, svorka 14
<i>poloha_h</i>	Binární	DI, svorka 15
<i>pom_blik</i>	Binární	-
<i>posun_casovac</i>	Časovač	-
<i>posun_pistu</i>	Čítač	-
<i>prednastaveni</i>	Binární	IN, vizualizační panel
<i>reset_ERROR</i>	Binární	SDI, svorka 6
<i>RucniOvladani</i>	Funkce THRS	SDI, svorky 2, 3, 4, 5
<i>Start_dioda</i>	Binární	DO, svorka 2
<i>Start_tlacitko</i>	Binární	DI, svorka 0
<i>STOP_tlacitko</i>	Funkce DIN	SDI, svorky 0,1
<i>tlak_malo</i>	Binární	DI, svorka 2

<i>tlak_OK</i>	Binární	DI, svorka 3
<i>uvolneni_two_hands</i>	Binární	-
<i>vypnuti_casovani</i>	Binární	DO, svorka 15
<i>Zapnuto</i>	Binární	-
<i>zpozdeni_spinace</i>	Čítač	-

tabulka 5.1 – Proměnné programu

Zde jsou vypsány všechny proměnné, které program používá. U strukturálních proměnných bude vysvětlen princip jednotlivých bitů u popisu dané části programu.

5.2.2 Vysvětlení funkce řídicího programu



Obr. 5-3 – Hlavní rutina (0, 1)

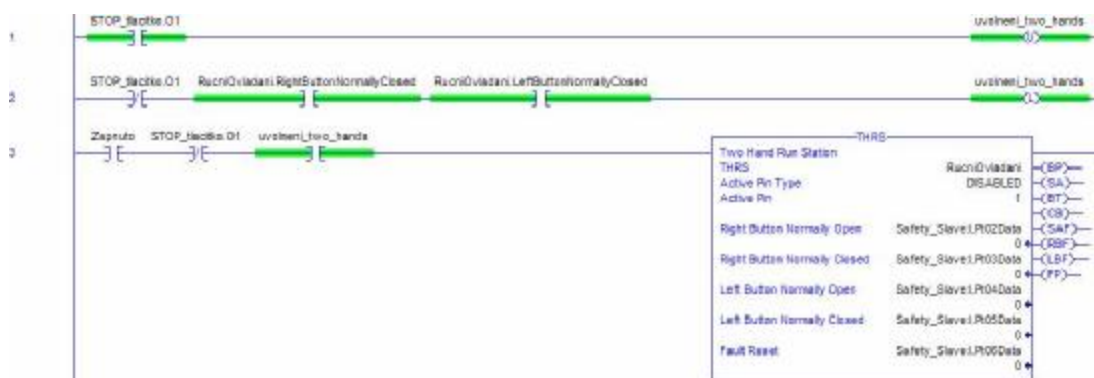


Obr. 5-4 – Bezpečnostní rutina (0)

Základní blokovací podmínku bude stanovovat hardwarové tlačítko STOP. Při jeho stisknutí bude funkcí *STOP_tlacitko* (typ DIN) v bezpečnostní rutině nastaven příznakový výstupní bit *STOP_tlacitko.O1*. Tím se aktivuje proměnná *Off*, která donutí proces přejít do neaktivního, bezpečného stavu. Oproti tomu zelené zapínací tlačítko (alias tag *Start_tlacitko*) aktivuje proměnnou *On*, která uvede proces do pohotovostního režimu. Ten je signalizován rozsvícením led diody v tlačítku (alias tag *Start_dioda*). Protože je zapínací tlačítko bez přídržky, musí být obě výstupní instrukce přidržovací (Latch), aby po jeho uvolnění zůstal lis v pohotovosti a zelená dioda stále svítila. Stejným způsobem je to realizováno i opačně, kdy po uvolnění (vytažení) STOP tlačítka nesmí proces přejít do pohotovostního režimu, ale musí zůstat neaktivní. Proto je použita instrukce (Unlatch). Bez přidržování je spojena

pouze proměnná *Off*, což je umožněno mechanickou přídrží tlačítka STOP (typ PUSH-PULL). Tím je neaktivní stav procesu přímo vázán na funkci *STOP_tlacitko* a její výstupní bit, který navíc blokuje aktivaci proměnné *On*, čímž zabraňuje možné kolizi stavů.

Funkce DIN reaguje na své dva vstupní kanály A, B a hlídá různost jejich stavů. Přejde-li kanál A z 0 do 1 (kontakt N.O.) a kanál B z 1 do 0 (kontakt N.C.), tak po uplynutí intervalu 50 ms nastaví výstupní bit do 1. Je možné použít manuální „reset“ místo časového intervalu. Pak by byl výstupní bit nastaven až při příchodu tohoto signálu (aktivaci proměnné). U tohoto lisu je použit automatický „reset“ s časovým intervalem. Tato funkce má i vlastní chybový bit (*STOP_tlacitko.FP*), který je převeden na výstupní bit 0 u bezpečnostního I/O modulu. Ten není nijak dál zapojen a je použit jen do vizualizace. Hlavní program ani nijak neovlivňuje, protože případnou chybu zjistí již samotný bezpečnostní I/O modul. Přesto musí mít funkce resetování chyby, což je provedeno proměnnou *reset_ERROR*, což je modré tlačítko vedle diody.

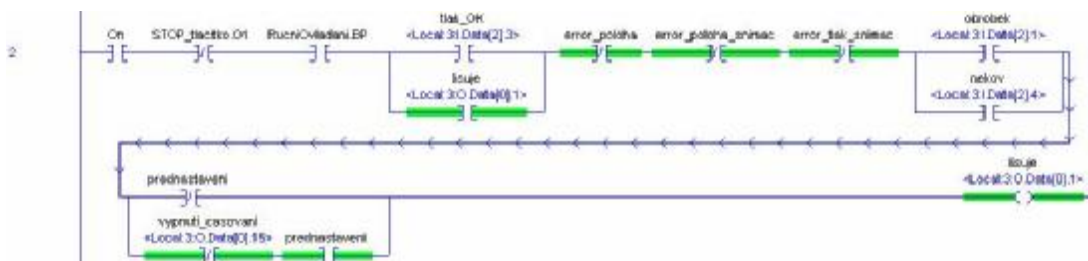


Obr. 5-5 – Bezpečnostní rutina (1, 2, 3)

Je-li zařízení v pohotovostním režimu, jsou základním ovládacím prvkem tlačítka pro obě ruce. Jejich stav hlídá funkce *RucniOvladani* (typ THRS) v bezpečnostní rutině. Jedná se vlastně o dvojitou funkci DIN, kdy jsou hlídány 2x2 kanály. Pro aktivaci výstupu je opět nutná změna stavu kontaktu N.O. z 0 na 1 a u kontaktu N.C. z 1 na 0. Aby se však aktivoval výstupní bit funkce *RucniOvladani.BP*, musí změna proběhnout u obou tlačítek v rozmezí 250 ms. Jinak se výstup nenastaví. To znamená, že nelze lis ovládat jednou rukou a druhou mít

trvale položenou na tlačítku. Funkce má také svůj chybový bit *RucniOvladani.FP*, který ale není dále programem používán, protože tlačítka mají vlastní světelnou signalizaci chyby. Jako resetování chyby je opět nastaveno modré tlačítko (*reset_ERROR*).

Jak je vidět z Obr. 5-7, aktivaci funkce brání tři podmínky. Systém musí být v pohotovostním režimu (proměnná *Zapnuto*) a nesmí být sepnuté tlačítko STOP. Ikdyž je totožná podmínka u následného použití výstupního bitu této funkce, chtěl jsem mít v bezpečnostní rutině jak čistě bezpečnostní podmínku, tak podmínku převzatou z hlavní rutiny („přemapování“ tagu *On* na *Zapnuto*). Třetí podmínka je při obsluze pouze jednou osobou nesmyslná, protože není možné nechat ruce na tlačítkách a zároveň stisknout a uvolnit stopku., ale nenechává ruce druhé osoby, které se zalíbí červené tlačítko STOP, by již byly schopny při stále aktivních tlačítkách opětovně nastavit výstupní bit funkce. Takto podle příček 1, 2 v bezpečnostní rutině musí být pro opětovnou akci po stisku tlačítka START a uvolnění tlačítka STOP uvolněna i obě tlačítka pro ruce.

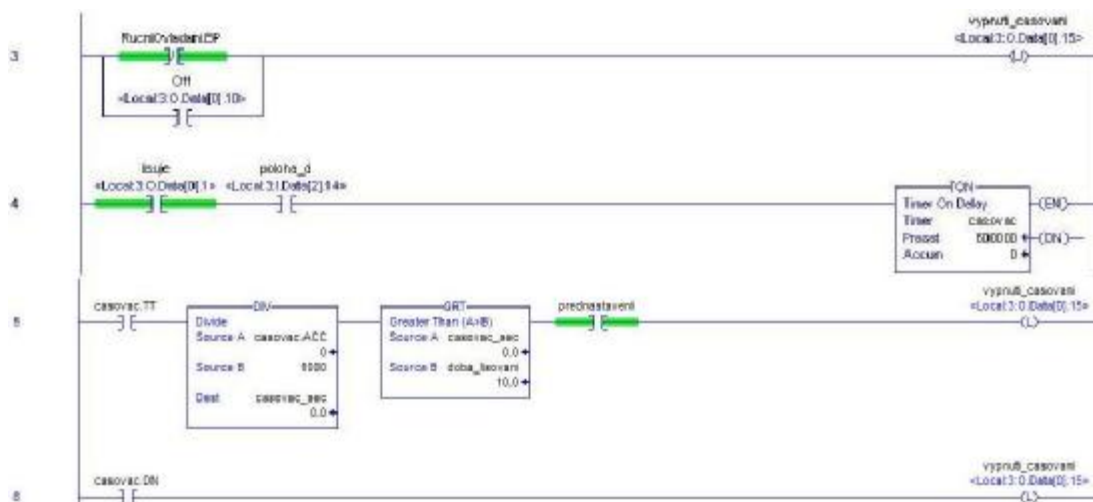


Obr. 5-6 Hlavní rutina (2)

Na tomto obrázku je zobrazena hlavní pracovní příčka programu. Proto jsem ponechal obě základní podmínky (*On*, *STOP_tlacitko.O1*), i když jsou již v programu jednou vázány. Další podmínkou je výstupní bit *RucniOvladani.BP* zmiňované funkce. Následná paralelní kombinace kontroluje hodnotu pracovního tlaku v pneumatickém obvodu (*tlak_OK*) před započítáním lisování. V průběhu lisování může tlak pod pracovní mez klesnout a výstup zůstane stále aktivní. Tuto podmínku jsem zařadil kvůli fungování lisu na hranici pracovního tlaku. Rozhodnutí, zda lisování dokončit, či nikoli jsem ponechal na obsluze, která je o poklesu tlaku pod povolenou mez neprodleně informována blikáním poruchové diody (jak na

modelu, tak na vizualizačním panelu) a také přepnutím výstupů tlakového snímače (změna svítících čísel na čele vstupního modulu).

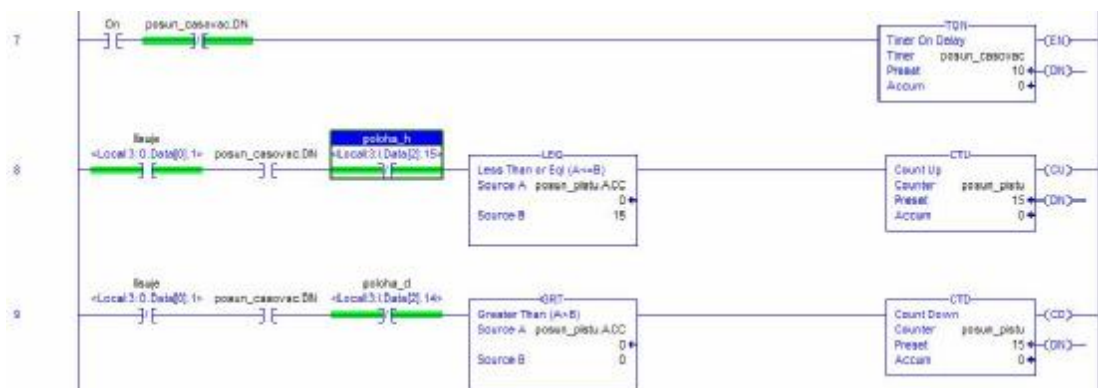
Následné tři rozpínací podmínky představují ochranu před lisováním při zjištěné chybě. Paralelní kombinace proměnných *obrobek*, *nekov* představuje použití indukčního snímače pro přítomnost kovového obrobku pod raznicí lisu, nebo jeho vyblokování černým spínačem, který představuje přítomnost nekovového materiálu. Poslední podmínkou pro spuštění lisování je proměnná *prednastaveni*, aktivovaná z vizualizačního panelu. Není-li použita (hodnota 0) je ovládání lisu plně na tlačítkách pro obě ruce. Při jejím nastavení do 1, je možné na vizualizačním panelu použít číselnou klávesnici pro zadání přednastavené doby, po kterou se má lisovat. Po jejím uplynutí se aktivuje proměnná *vypnuti_casovani* a píst vyjede nahoru i při stále stisknutých tlačítkách. Ty však zůstávají prioritním ovládacím prvkem, protože při jejich uvolnění píst okamžitě přechází do zatažené polohy, bez ohledu na přednastavení. Výstupní proměnná *lisuje* není přidržena, z čehož plyne, že neplatnost jakékoli podmínky v sérii její hodnotu okamžitě shodí do 0.



Obr. 5-7 - Hlavní rutina (3, 4, 5, 6)

Příčky 3 až 6 řeší právě přednastavenou dobu časování. Jakmile přejde *lisuje* do 1 a píst sjede do spodní polohy (*poloha_d*), spustí se *casovac*. To je struktura typu TIMER, která po aktivaci (TON – při náběžné hraně) začne počítat čas v ms. Výstupní bit *casovac.DN* je nastaven do 1, když dosáhne hodnota akumulátoru

(*casovac.ACC*) přednastavené hodnoty (*casovac.PRE*), kterou lze zadat jako proměnnou, nebo napevno jako číslo (v ms). Já tuto hodnotu stropu počítání nastavil na 600000 ms (10 minut), protože ji nikdy nechci dosáhnout. Tedy příčka 6 ukončuje lisování, po této dlouhé době v krajní nouzi. Kdyby bylo potřeba opravdu delší dobu, musí se v tomto časovači nastavit víc. Struktura TIMER má ještě bit počítání (TIMER TIMING), tedy je sepnutý (*casovac.TT*). Ten je spínací podmínkou páté příčky, kde je pomocí funkce dělení (DIV) převáděna hodnota akumulátoru časovače na sekundy (dělena tisícem). Výstupní hodnota po dělení (položka DEST ve funkci DIV) je ukládána do proměnné *casovac_sec*. Ta má dvě úlohy. Její hodnota je zobrazována na vizualizačním panelu a zároveň je funkcí větší než (GRT) porovnávána s proměnnou *doba_lisovani*, která je zadána z vizualizačního panelu. Obě tyto úlohy se provádí, jakmile je spuštěn *casovac*, tzn. píšť dojel do pracovní polohy. Zobrazení hodnoty se provádí stále, ale porovnání dostane smysl až při nastaveném *prednastaveni*, kdy je po splnění podmínky větší než nastavena proměnná *vypnuti_casovani* do 1 (s přidržením). Tím se dle příčky 2 vypne *lisuje* a zpětně je tak vypnut *casovac* a hodnota jeho akumulátoru je tím vynulována. Výstupní hodnota funkce dělení však vypnuta není, proto tedy proměnná *casovac_sec* bude mít stále poslední hodnotu a bude zobrazována na vizualizačním panelu. To až do doby, než bude *casovac* opět aktivní. Příčka 3 nastaví proměnnou *vypnuti_casovani* zpět do 0 při uvolnění tlačítek obou rukou nebo při stisku tlačítka STOP.



Obr. 5-8 – Hlavní rutina (7, 8, 9)

Tyto tři příčky slouží pouze pro potřebu vizualizace – znázornění polohy pístu. Neustále běžící (v pohotovostním stavu běžící) časovač (*posun_casovac*) s přednastavením 10 ms funguje jako generátor pulsů pro následné čítače. Čítač je obdobnou strukturou jako časovač, jenom nepočítá čas, ale pulsy na svém vstupu (počet změn z 0 na 1). Příčka 8 počítá pulsy při pohybu pístu dolů. Při aktivaci lisování se čítání spustí hned, jak píst opustí horní polohu. Na vstupu instrukce pro čítání směrem nahoru (CTU), která pracuje se strukturou *posun_pistu* (typ čítač – COUNTER), je umístěna funkce menší než (LEQ), která porovnává hodnotu akumulátoru tohoto čítače s nastavenou hodnotou 15, což je experimentální konstanta pro zachování plynulého pohybu pístu na vizualizační obrazovce. Při dosažení této hodnoty akumulátorem se na vstup instrukce CTU již žádné pulsy nedostanou, a hodnota akumulátoru tak zůstává 15.

Když přejde proměnná lisuje do 0 a píst se zvedne nad svou dolní polohu, začne počítat pulsy instrukce čítání dolů (CTD) na stejné struktuře, jako předtím instrukce CTU. Na vstupu instrukce je funkce větší než, která brání přechodu akumulátoru do záporných hodnot. Tak je realizován pohyb pístu směrem nahoru (příčka 9). Hodnota *posun_pistu.ACC* je používána ve vizualizačním programu pro nastavení vertikální polohy obrazu pístu.

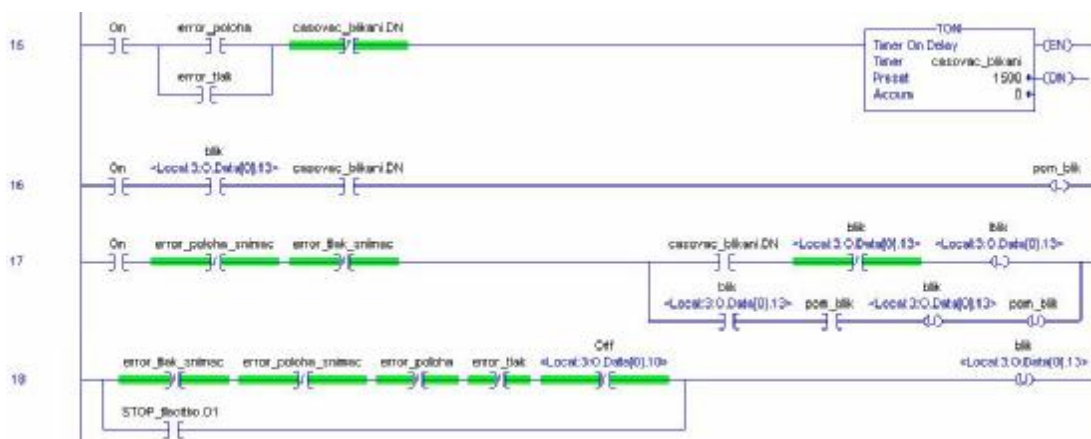


Obr. 5-9- Hlavní rutina (10, 11, 12, 13, 14)

Tato část již slouží k řešení poruch a k jejich signalizaci. První řešenou poruchou, v praxi dosti častou u nejrůznějších pneumatických akčních členů, je nedosažení krajní polohy. Tato porucha může být způsobena nefunkčností jednoho čidla polohy, nebo nepřesným umístěním čidla krajní polohy. S druhou variantou

jsem se již u tohoto modelu setkal. Čidlo spodní polohy bylo umístěno výš, než byla skutečná spodní poloha pístu. Toto nastavení může být problematické, protože při vkládání obrobků pod raznici pístu, může při své deformaci klást obrobek odpor a píst nedosáhne nastavené spodní polohy. V programu je při pohotovostním režimu (proměnná *On*) a výstupní hodnotě 0 obou snímačů polohy spuštěna instrukce TON pracující se strukturou *casovac_polohy*, která má přednastavení 15 vteřin. Po uplynutí této doby je nastavena proměnná *error_poloha*. Tato porucha je resetována až po dojetí pístu do horní polohy a stisku modrého tlačítka (reset_ERROR). Potvrzení chyby musí proběhnout v pohotovostním režimu lisu.

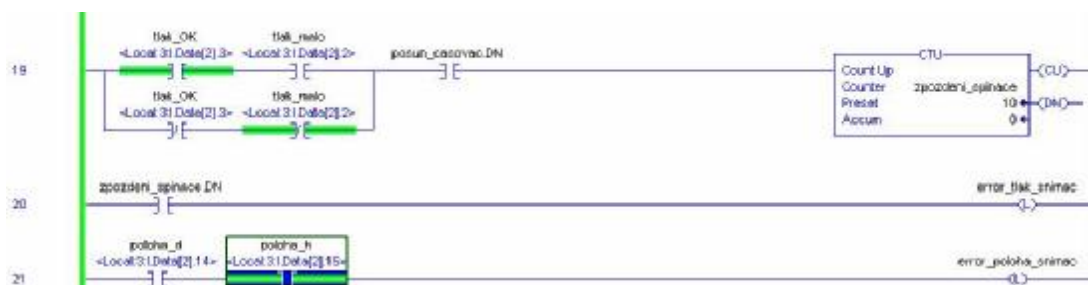
Druhou řešenou poruchou je úroveň nízkého tlaku během lisování. Je-li tlak nízký (*tlak_malo*) už při stisku tlačítek obou rukou, lisování se nespustí, a chyba tak nebude nastavena. Dojde-li k úbytku tlaku během lisování, nastaví se chyba *error_tlak*. Tato porucha jako jediná nepřerušuje průběh lisování, je pouze indikována. Resetování této poruchy lze provést stiskem modrého tlačítka (reset_ERROR) v pohotovostním režimu lisu, ale pouze, je-li již tlak nad pracovní úroveň!



Obr. 5-10 – Hlavní rutina (15, 16, 17, 18)

Tato část řeší přímo signalizaci výše řešených poruch. Já jsem zvolil blikání indikační oranžové diody (*blik*). Perioda blikání je dána hodnotou přednastavení *casovac_blikani.PRE*. Tu jsem nastavil na 1500 ms. Pro použití jenom jednoho časovače, jsem musel vytvořit pomocnou proměnnou (*pom_blik*), která je nastavena, když časovač (*casovac_blikani*) doběhne a dioda je již rozsvícena.

Příčka 17 řeší samotný algoritmus pro rozsvícení a zhasínání diody. Porucha je indikována pouze v pohotovostním režimu lisu. Blikání diody má smysl, není-li nastavena vážnější porucha, kdy dioda má trvale svítit (viz. dále). Vrchní paralelní větev nastaví proměnnou *blik*, když ještě dioda nesvítí a časovač doběhl. Spodní paralelní větev diodu zhasíná, když svítila. Resetováním proměnné *pom_blik* je zabráněno průchodu této větve v taktu, kdy doběhne časovač a dioda se právě ve vrchní paralelní větvi rozsvítila. Dioda poruchy musí být trvale vypnuta, není-li indikována žádná chyba, nebo když je stisknuto tlačítko STOP.



Obr. 5-11 – Hlavní rutina (19, 20, 21)

V příčce 18 je znázorněno softwarové řešení indikace chyby, kterou u tlačítka STOP a tlačítek pro obě ruce řešil sám bezpečnostní modul. Je použit již zmiňovaný generátor pulsů (*posun_casovac*) o periodě 10 ms. Jsou-li výstupy tlakového spínače ve stejném stavu, počítá instrukce CTU do struktury *zpozdeni_spinace* jednotlivé pulsy od generátoru. Jak dosáhne přednastavené hodnoty, nastaví proměnnou *error_tlak_snimac*. Jako hodnotu přednastavení jsem zvolil 10, což dává výsledný toleranční čas na přepnutí 100 ms. Jako poslední řešená chyba, je aktivní výstup obou snímačů koncové polohy zároveň. To při správném mechanickém umístění není možné, a proto je při tomto zjištění okamžitě nastavena chyba *error_poloha_snimac*. Obě tyto poruchy jsou indikovány trvalým rozsvícením indikační oranžové poruchové diody (příčka 24).

Chybu tlakového snímače je možné potvrdit pouze při rozdílných výstupech, při kterých je resetován čítač *zpozdeni_spinace* instrukcí (RES). Jsou-li výstupy rozdílné, je možné chybu resetovat stiskem modrého tlačítka (*reset_ERROR*).

Úplně stejně je řešeno resetování chyby snímačů polohy – stiskem modrého tlačítka, jakmile budou výstupy rozdílné.



Obr. 5-12 – Hlavní rutina (22, 23, 24)

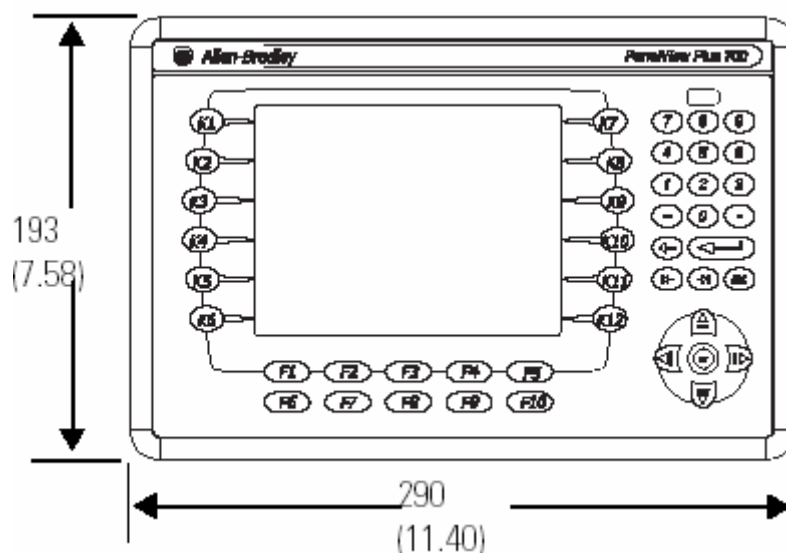
Aplikace byla vytvořena jako jednoduchý řídicí program pro model

 pneumatického lisu. Celý program byl testován a je plně funkční. Všechny

 popsané funkce a postupy fungují přímo i na vytvořeném modelu lisu.

6. VIZUALIZACE SYSTÉMU

6.1 VIZUALIZAČNÍ BLOK

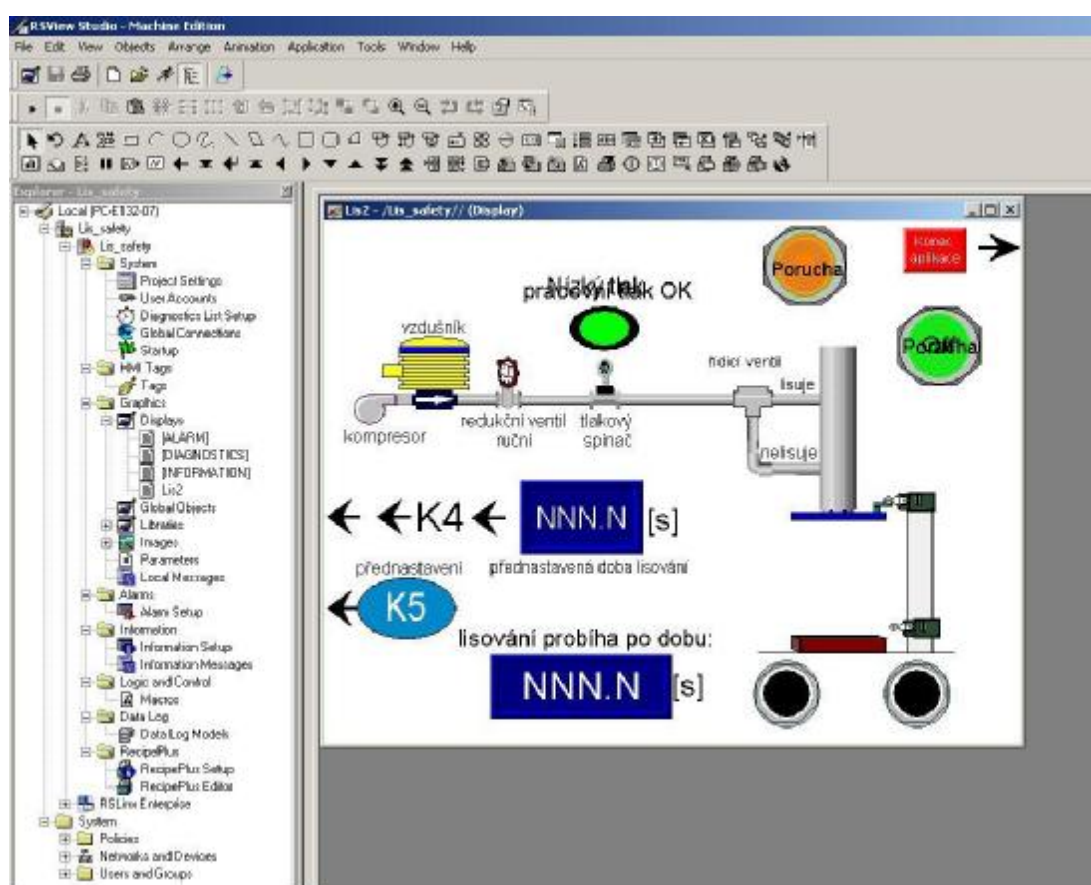


Obr. 6-1 – PanelView 700 plus [15]

Vizualizace systému pro tuto aplikaci bude realizována na PanelView 700 Plus. Což je kompaktní samostatný blok, tvořený dotykovým displejem (barevný, 132x99mm, 640x480pxi) a klávesovým ovládním. Přes EtherNet je propojen s řídicí jednotkou a umožňuje on-line sledování a ovládní procesu. Na displeji je tak možné pozorovat aktuální hodnoty zobrazených měřených veličin a animaci průběhu procesu lisování (popsáno níže). Dotyk na aktivní prvky displeje a funkční klávesy umožňuje ovládní procesu tak, jak jim to dovolí vytvořený program, včetně nastavení některých vnitřních proměnných pomocí numerické klávesnice. Panel má vlastní operační systém a umožňuje velice jednoduše přepínat mezi několika vytvořenými aplikacemi. [13],[15]

6.2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ

Pro návrh vizualizačního displeje a programu vizualizace je použit software RS - ViewStudio firmy Rockwell Automation. Struktura prostředí je podobná jako u prostředí RS-logix. Typické základní záložky i ikony, pod nimiž je důležité tlačítko pro test aplikace, kdy je na PC vytvořena aktivní obrazovka, nahrazující obrazovku panelu. Tak lze prohlížet jednotlivé úpravy návrhu a jak se projevují při spojení s řídicím programem.



Obr. 6-2 - Vývojové prostředí s návrhem displeje

V levé části je opět stromová struktura správce projektu, kde lze zjišťovat a měnit jakékoli součásti projektu. Důležité je opět přes připojení a komunikaci nastavit připojení ke správnému PLC. Pak můžeme získat seznam proměnných automatu a do jednotlivých pravidlech animací komponentů displeje je použít.

Samotnou obrazovku aplikace jsem vytvořil jako nový displej pro tento projekt (Lis_safety) a po zvolení jeho velikosti je displej „čistou“ pracovní plochou, na kterou se vkládají grafické objekty. [13]

Nejjednodušší cestou k vytvoření grafického vyjádření je použití již hotových jednoduchých objektů (tlačítka, trubky, ventily, šipky) i složitějších (snímačů polohy, nebo třeba i dopravních prostředků) z implementovaných knihoven. Prostředí samozřejmě umožňuje i vytváření objektů (kreslení obdélníků, elips, čar, textů...) a jejich úpravy (změna velikosti, barev, rotace...). Navíc jsou zde předem vytvořeny funkční bloky (vypínací tlačítko, numerický displej, numerický vstupní řádek...). Každý grafický objekt má své vlastnosti, včetně nastavitelných animací.

6.3 NÁVRH DISPLEJ VIZUALIZACE

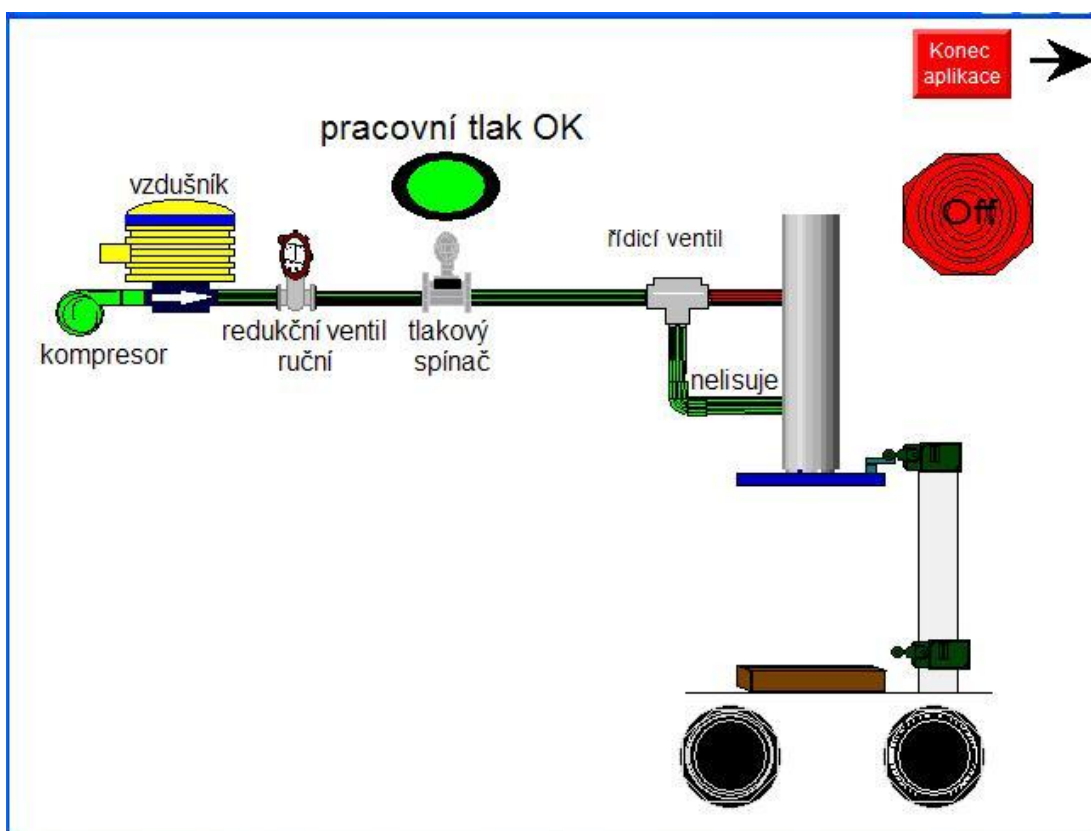
Samotný displej bude mít rozměry 132x99 mm. Snažil jsem se, aby na displeji byly zobrazeny všechny potřebné informace o aktuálním stavu procesu. Kromě ovládacích prvků a numerických displejů jsem se snažil zobrazit interaktivní „modýlek“ pneumatického obvodu a mechanické části lisu (Obr. 6-3).

Každá aplikace musí mít ukončovací tlačítko, což je důležité jak pro již cílovou aplikaci, tak pro samotné simulaci, aby bylo možné přejít ze zkoušky vizualizačního bloku zpět do vývojového prostředí! Toto tlačítko stačí pouze vložit z lišty funkčních komponent (shutdown button) a zde je umístěno v pravém horním rohu (konec aplikace). V samotné běžící vizualizační aplikaci na panelu je toto tlačítko možné aktivovat stiskem na ikonu na displeji nebo stisknutím modrého tlačítka K7, se kterým je grafická ikona asociována.

Pod ním je umístěna dioda (z knihovny jako tlačítko) indikace stavu procesu. Ta je přímo vázána na proměnné *On*, *Off* a podle jejich hodnoty je měněn její vzhled. Grafické triky jednotlivých prvků jsou prováděny kliknutím na položku **animation** po stisku pravého tlačítka na daném objektu. Prostředí umožňuje více typů animací. Já používal typy **color**, **visibility** a **vertical position** pro pneumatický píst. Každá animace je vázána na nějakou proměnnou, nebo podmínku splnění více proměnných. Tyto údaje se zadávají při zvolení dané animace v okně podmínky, kde je lze psát přímo, nebo využít grafických ikon pro známé operátory (IF, THEN, ELSE, AND,

OR...). Výhodou tohoto okna je i možnost, nechat si zkontrolovat syntaxi napsané podmínky. Tím lze předejít opětovným úpravám podmínek, při špatném fungování animace.

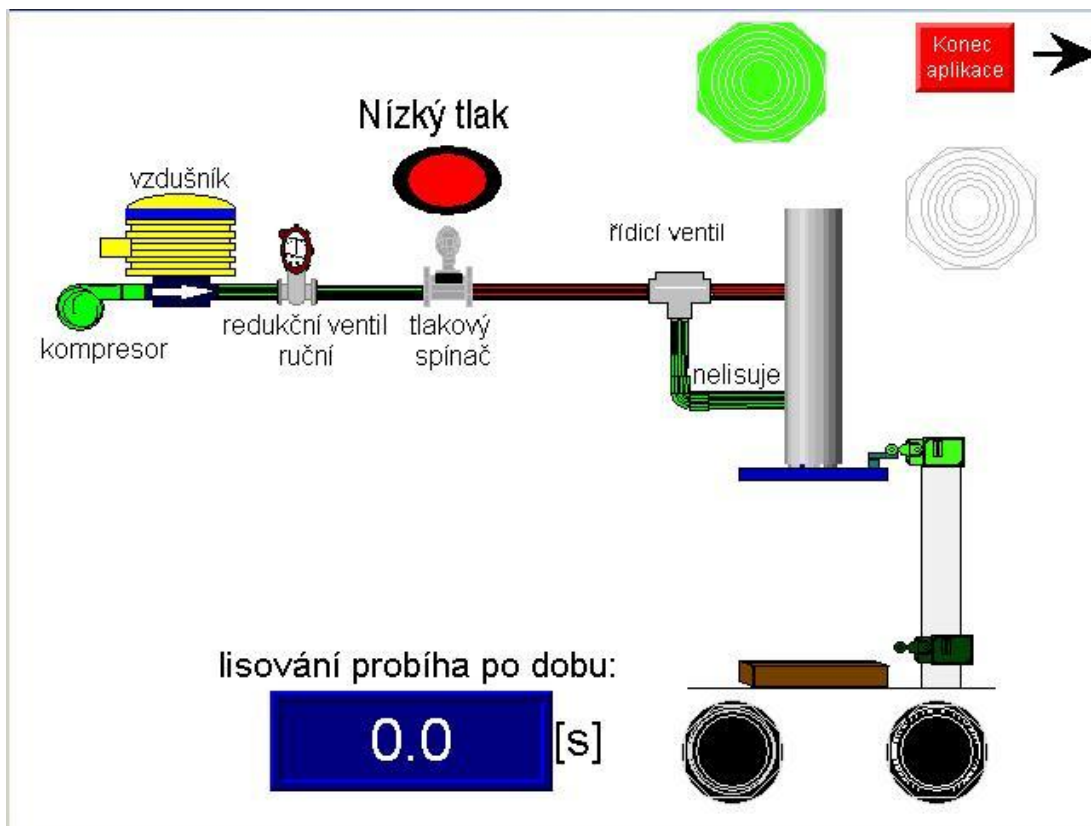
U zmíněné indikační diody jsem použil kombinaci animací viditelnosti a barvy pro odlišení stavů a zobrazil jsem odpovídající nápis. Každý nápis je samostatný grafický objekt. Chceme-li nápisy „měnit“, musíme jich umístit přes sebe navzájem víc a použít animaci viditelnosti. Je-li stisknuto tlačítko STOP ($On=0, Off=1$) má dioda červenou barvu a je zobrazen nápis Off. Je-li indikován chybový bit bezpečnostního tlačítka *STOP_tlaciko.FP* je dioda oranžová a viditelný nápis je Porucha. Když je systém v pohotovostním stavu ($On=1, Off=0$) je dioda zelená a je zobrazen nápis On. Je-li systém v neaktivním stavu ($On=0, Off=0, STOP_tlaciko.FP=0$), pak je dioda neviditelná a není zobrazen žádný nápis.



Obr. 6-3 – Displej pro vypnutý proces (stisknutý STOP)

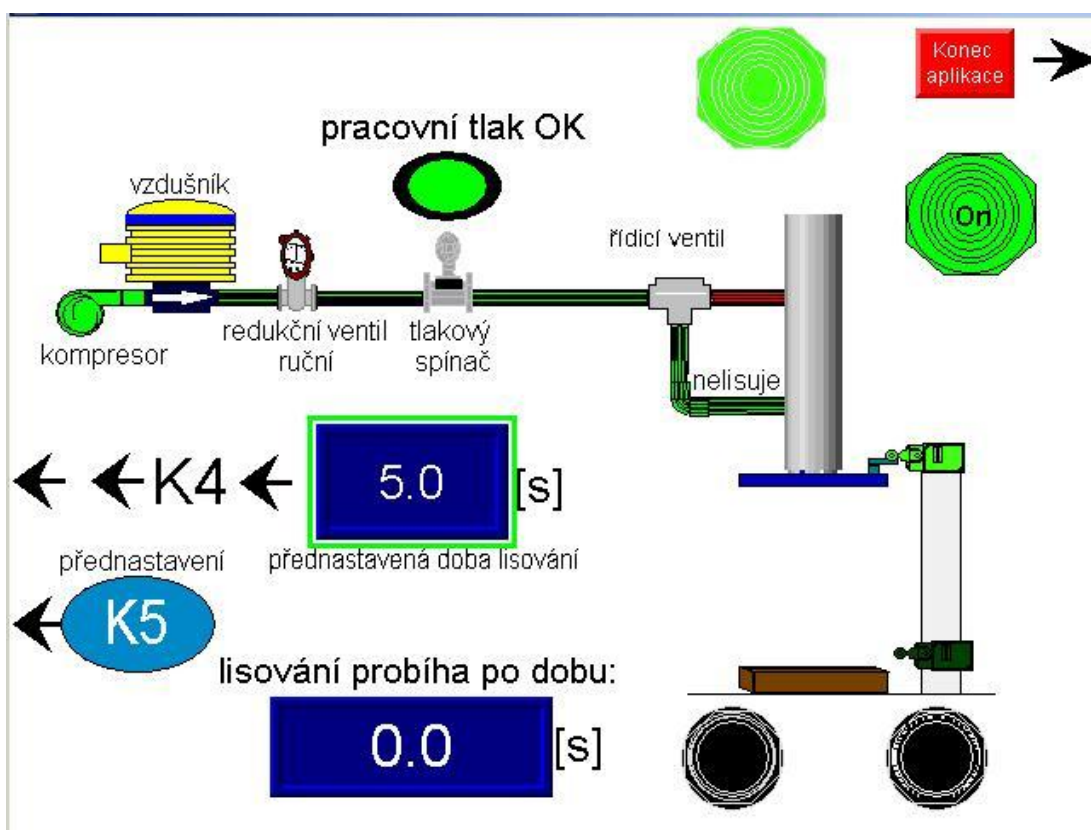
Pro vypnutý proces ($Off=1$) nejsou zobrazovány žádné numerické displeje ani dioda typu poruchy (umístěna vlevo vedle ukončovacího tlačítka). To odpovídá řídicímu programu, kde také při stisku STOP tlačítka nejsou chyby řešeny. U zobrazení pneumatického obvodu není použita animace typu viditelnost, je tedy zobrazen stále.

Indikační dioda úrovně tlaku (v černé elipse) mění barvy podle výstupů tlakového snímače (zelená – $tlak_OK=1$, $tlak_malo=0$, červená – $tlak_OK=0$, $tlak_malo=1$). K dané úrovni tlaku je podle stejných podmínek zobrazen odpovídající nápis. Zelené snímače krajních poloh pístu také reagují i při vypnutém stavu procesu, což opět odpovídá řídicímu programu, protože animace změny barvy je vázána přímo na proměnné $poloha_h$, $poloha_d$. Zde není použita stabilní změna barvy, ale blikající, kdy snímač mění barvu z tmavě-zelené do světle-zelené barvy a naopak s nastavenou periodou (1,5s). Rozdílné barvy snímačů jsou vidět na Obr. 6-5.



Obr. 6-4 – Displej pro neaktivní režim

Na displeji pro neaktivní režim procesu je již zobrazena chybová dioda (bez poruchy zelená) a numerický displej zobrazující aktuální nebo poslední hodnotu času, po kterou probíhá lisování (*casovac_sec*) i s odpovídajícími popisky. Pro aktivní prvky se musí ve vlastnostech nastavit v záložce common proměnná, se kterou bude prvek svázán (pro displej tedy, kterou bude zobrazovat). I u aktivních prvků se dá nastavit animace viditelnosti. Je-li prvek neviditelný, pak nefunguje ani jeho propojení tedy i jeho případné klávesové propojení.



Obr. 6-5 – Displej pro spuštěnou aplikaci – nelisuje

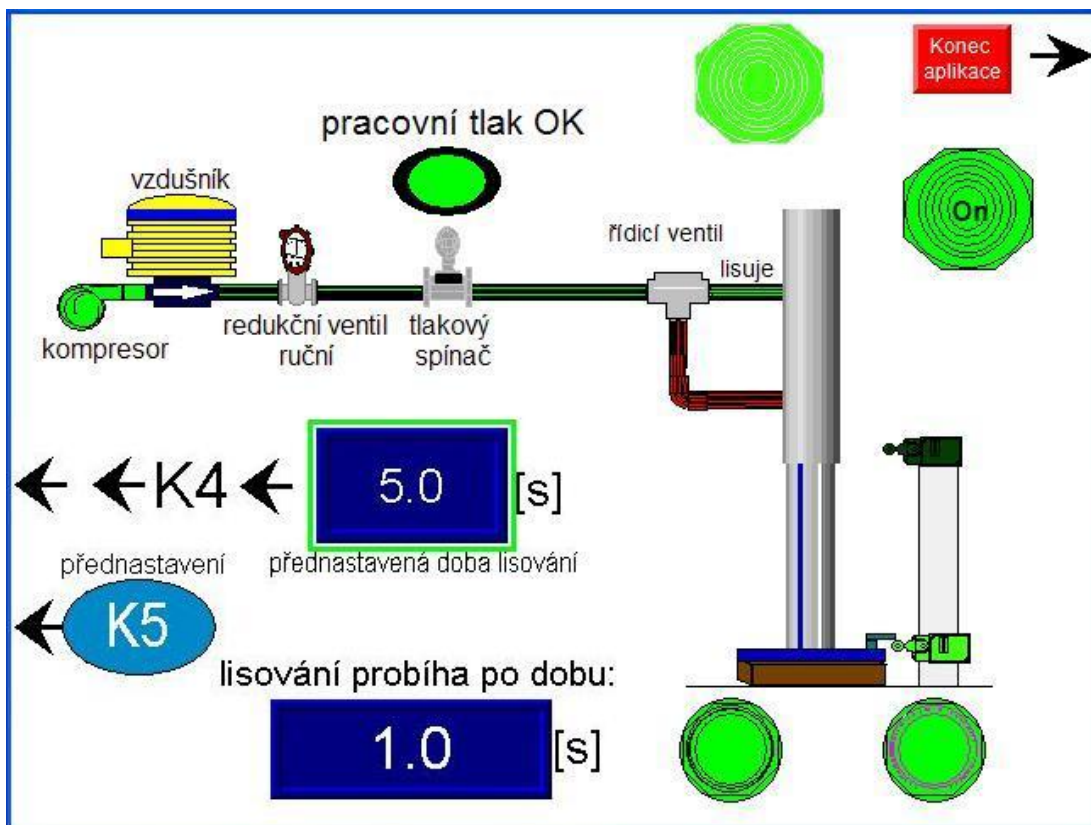
Po stisku tlačítka START se zviditelní zelená stavová dioda a grafická ikona tlačítka K5 s popisem přednastavení. Zde se jedná pouze o obrázek tohoto tlačítka, který samotný nemůže být aktivně svázán ani s fyzickým tlačítkem K5, ani s proměnnou *přednastavení*, kterou má nastavovat. Protože to tak ale chceme realizovat, aby mohla být využita výhoda dotykového displeje, vložíme na stejné místo jako ikona ještě tlačítka. Opět se jedná o již vytvořený prvek, stačí vložit

z lišty prvků nad hlavní obrazovkou. Na toto tlačítko se již dá navázat propojení s proměnnou *prednastaveni* a spojit ho i s fyzickým tlačítkem K5. Aby však byla vidět ikona tlačítka K5 a ne modrý obdélníček aktivního tlačítka, je nutné prvky na stejném místě uspořádat. Automaticky zůstává na povrchu poslední vložený prvek, ale přes pravé tlačítko myši nebo jednu z ikon pro grafické řazení v třetí řadě ikon provedeme řazení tak, aby bylo na povrchu to, co chceme. Tím však zakryté tlačítko nezmizelo a plní svoji funkci. Obsluha tak stisknutím na grafickou ikonu na dotykovém displeji skutečně změní stav proměnné *prednastaveni*. Musíme vybrat tlačítko s přidržením hodnoty, aby se jedním stiskem proměnná nastavila do 1 a druhým do 0. Má-li hodnotu 1, je spuštěna funkce přednastavené doby lisování a je tedy zobrazen numerický kurzor pro zadání hodnoty *doba_lisovani*. To je již vytvořený objekt, který po svém stisknutí zobrazí na obrazovce interaktivní numerickou klávesnici, kde je možné dotykově hodnotu zadat. Aby bylo možné tuto hodnotu zadávat i nedotykově (pro případ jiného displeje, nebo špinavých rukou) je numerický kurzor svázán s tlačítkem K4, po jehož stisku se také interaktivní klávesnice zobrazí. Hodnotu poté můžeme zadat z numerické klávesnice na pravé straně panelu. Tyto možnosti se dají u tohoto panelu samozřejmě kombinovat.

Pro grafické vyjádření pneumatického obvodu jsem použil již vytvořené objekty z knihoven *pneumatic* a *pipes*. Pro trubky a kompresor jsem použil animaci barvy, ale použil jsem pouze barvy popředí. Kompresor a trubky k snímači tlaku jsou vázány na proměnnou *error_tlak*. Když tato porucha není, má popředí zelenou barvu. Nastane-li porucha, změní se barva na červenou. Trubka mezi snímačem a řídicím ventilem, funguje stejně, jenom je vázána na proměnnou *tlak_OK*. Pro vzdušník není použita žádná animace, protože změna barvy nevypadala graficky dobře. Trubky od řídicího ventilu k pístu jsou vázány na proměnnou *lisuje*. Jejich barvy jsou udělány inverzně. Při akci pístu (*lisuje=1*) je vrchní trubka zelená, spodní červená a je zobrazen nápis *lisuje*. Pro neaktivní píst (*lisuje=0*) jsou barvy obrácené a je zobrazen nápis *nelisuje*.

Ovládacími prvky samotného procesu lisování jsou černá tlačítka pro obě ruce. Aby mohlo být animováno každé nezávisle, nemohou být vázány na výstup funkce *RucniOlvadani*, ale přímo na její vnitřní bity. Levé tlačítko změní barvu na

zelenou při stisku levého tlačítka (*RucniOvladani.LeftButton.NormalyOpen=1*) a pravé pro *RucniOvladani.RightButton.NormalyOpen=1*. Animace nijak neohrožuje bezpečnost zařízení, proto tlačítka nemusí být nijak kontrolována druhým kanálem ani výstupem funkce.



Obr. 6-6 – Displej pro spuštěnou aplikaci – lisuje

Nejkomplikovanější animací je naznačení pohybu pneumatického válce. Na displeji ho představují čtyři objekty (užší válec s modrou drážkou, modrá raznice a dva zelené obdélníčky, představující spojení s koncovými snímači polohy). K jejich pohybu je využita animace vertikální polohy. Je experimentálně nastaveno maximální vertikální posunutí (offset v pixelech) tak, aby to vypadalo realisticky vzhledem k obrázku (hodnota 107). Zadává se proměnná, ke které se má vysunutí vztahovat (*posun_pistu*) a je nastaveno maximum, do kterého se má pohyb provést. To udává hodnotu proměnné, na které má být dosaženo polohy nastavené offsetem. Pro vyšší hodnoty čítače se již poloha měnit nebude, vysunutí bude setrvávat na svém maximu. Protože je čítač nastavován dvěma instrukcemi, muselo být

omezení jeho rozsahu provedeno již v řídicím programu. Hodnota maxima je fiktivní číslo, které je vztaženo k hodnotě čítače a dá se ním nastavit, po jak dlouhé době by měla přibližně raznice dolní hranice dosáhnout. To bude různé pro různý tlak i lisovaný materiál, proto jsem tuto hodnotu pouze nastavil tak, aby byl pohyb na displeji ještě dobře rozlišitelný.

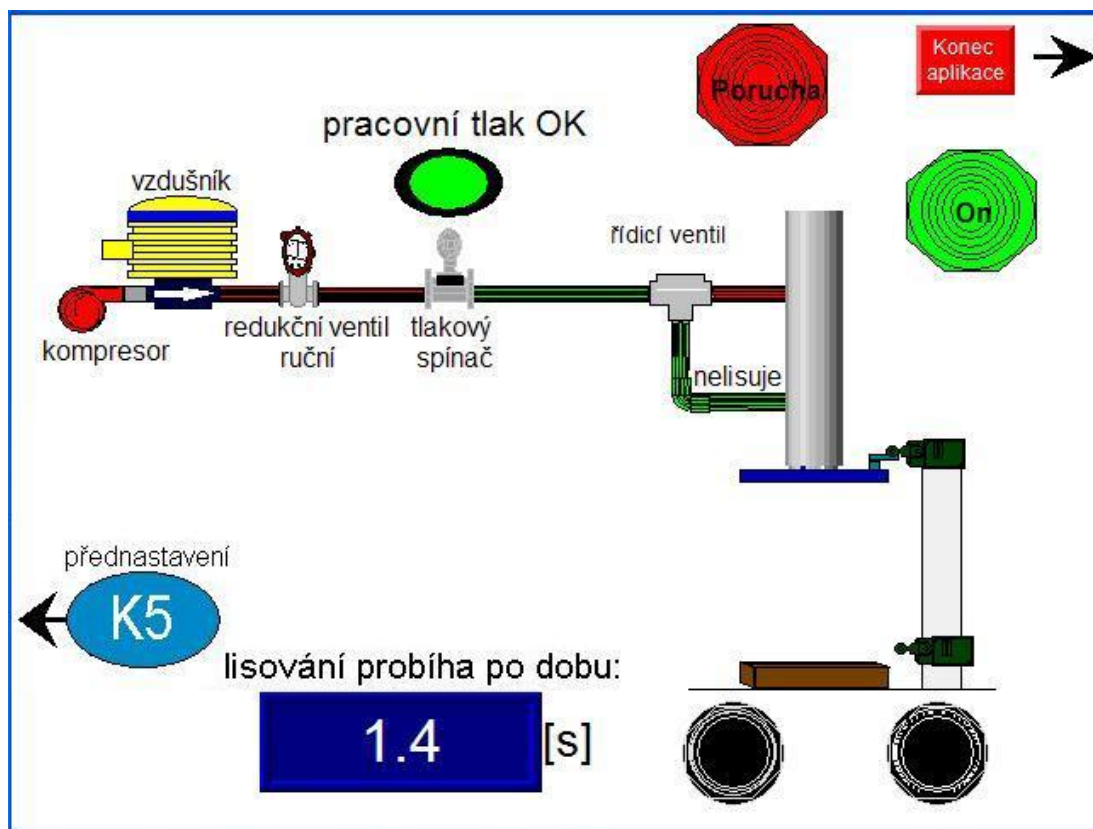
Na Obr. 6-9 je vidět lis ve spodní poloze, indikované blikáním spodního snímače polohy. Je aktivována funkce přednastavení s hodnotou 5 vteřin. Spodní numerický displej ukazuje hodnotu, po kterou již lis setrvává ve spodní poloze. Po dosažení přednastavené hodnoty lis opět vyjede nahoru a na displeji zůstane zobrazena hodnota 5.0 až do doby opětovného spuštění lisování. Hnědý kvádr pod raznicí lisu zobrazuje nekovový obrobek. Opět se jedná o kombinaci animací barvy a viditelnosti. Je-li aktivní černý spínač ($nekov=1$), má kvádr hnědou barvu. Není-li aktivní, znamená to použití indukčního snímače pro detekci přítomnosti kovového obrobku. Je-li snímač aktivní ($obrobek=1$) změní kvádr barvu na modrou, není-li přítomen kovový předmět ($obrobek=0$) je kvádr neviditelný.

Mým hlavním cílem při tvorbě displeje byla jeho jednoduchost, aby obsluha s jeho pomocí snadno zjišťovala všechny potřebné údaje a aktuální stav včetně případných poruch. Indikační dioda poruchy musí reagovat na 4 druhy chyby, stejně jako v řídicím programu. Na vizualizačním displeji musí být tyto poruchy rozeznatelné.

Základním prvkem pro odhalení chyby je na displeji chybová dioda. U ní je použita kombinace animací viditelnosti a barvy. Při vypnutém procesu je neviditelná, při bezporuchovém stavu zelená. Při poruše tlaku dioda bliká (stejně jako skutečná dioda na mřížce modelu), ale není s ní přímo svázána. Blikání je realizováno změnou barev mezi oranžovou a červenou s periodou 1,5 s. Na displeji se začervení vstupní část pneumatického obvodu (bylo popisováno výše) při $error_tlak=1$.

Stejným blikáním poruchové diody je provázána i porucha polohy. Její rozlišení je právě v zelené barvě potrubí a hlavně v tom, že v době vzniku poruchy nebude blikat žádný ze snímačů krajní polohy. Je nutné si však uvědomit, že chyby jsou v řídicím programu nastavovány s přidržením (Latch) a musí se potvrzovat stiskem modrého tlačítka ($reset_ERROR$). Proto chyba tlaku může být viditelná i se

správnou hodnotou tlaku v pneumatickém obvodu, protože nastala v době, kdy byla nízká (Obr. 6-10).

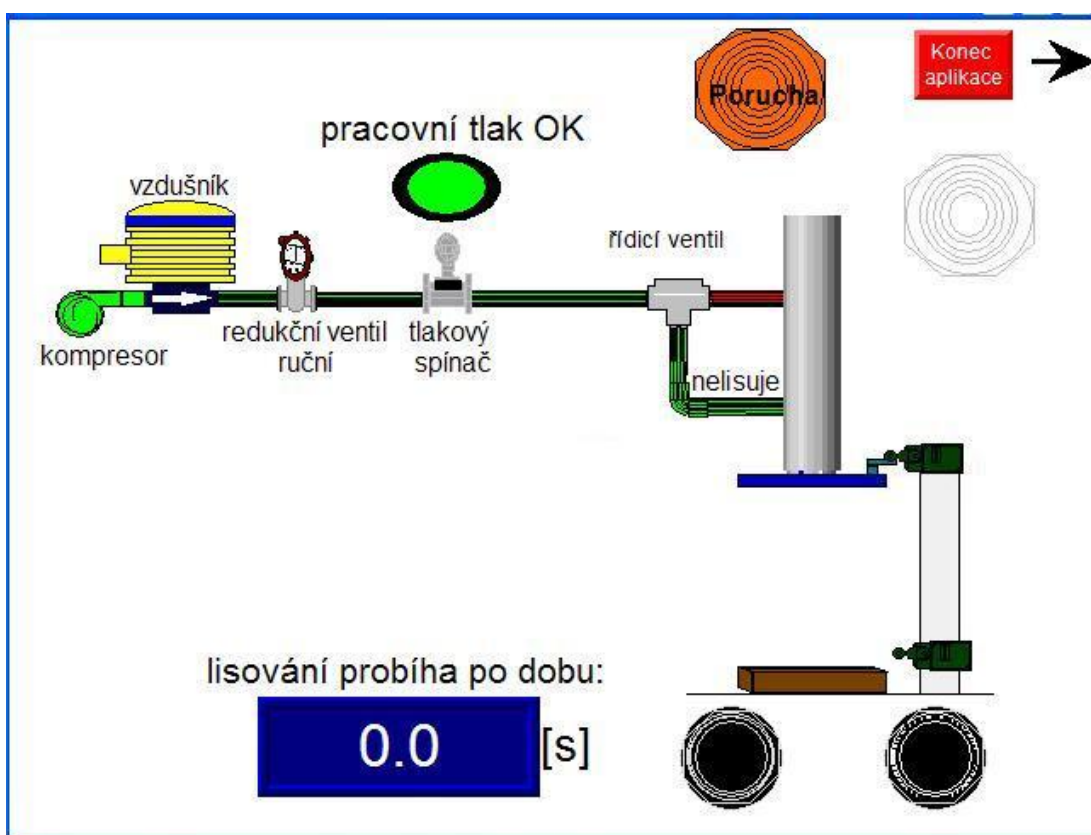


Obr. 6-7 – Displej při poruše tlaku

Stejným způsobem může být indikována porucha polohy i s blikajícím vrchním snímačem polohy, protože nebylo dosaženo dolní polohy při lisování do 15 vteřin. Nebude-li blikat snímač horní polohy, znamená to jeho špatné umístění, nebo jeho poruchu. Bude-li horní poloha indikována, nebude na displeji v nepořádku nic kromě blikající poruchové diody.

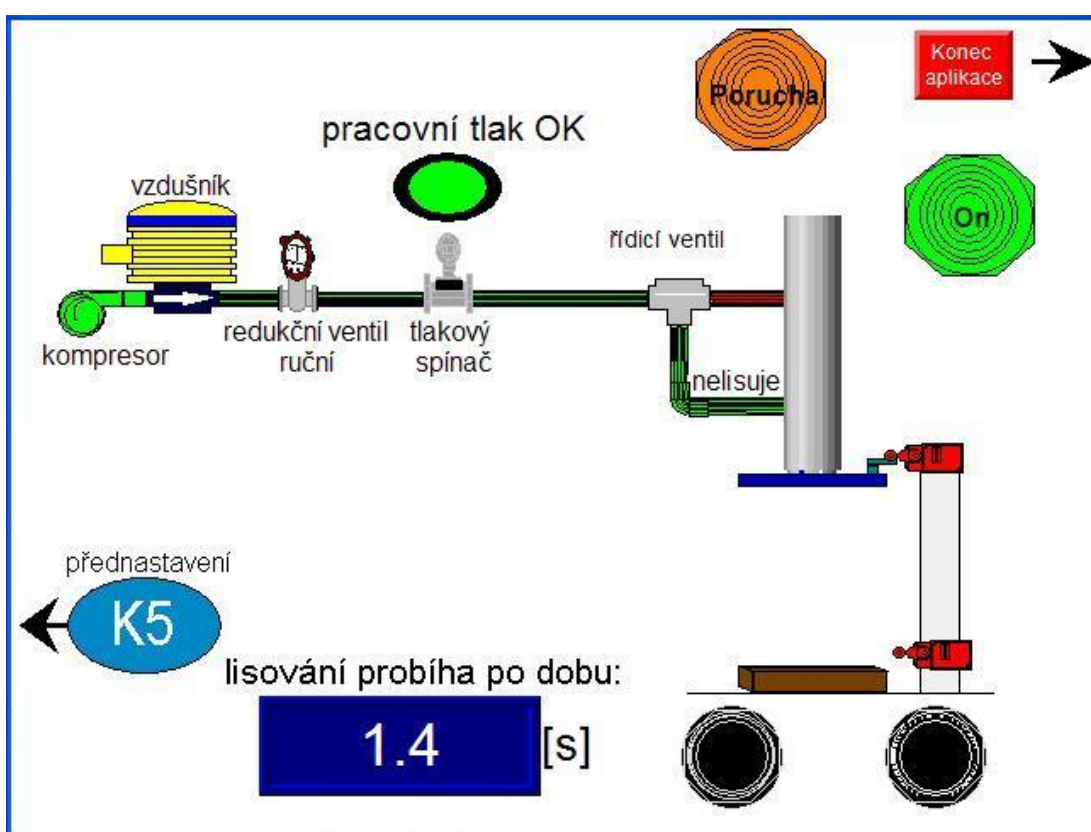
Může nastat i případ, že tyto poruchy nastanou téměř v totožné chvíli a budou indikovány obě. Porucha tlaku bude jednoduše rozeznatelná a může být příčinou poruchy polohy. Při signalizaci dosažení vrchní polohy pístu, nemusí být chyba polohy viditelná a po nastavení správné hranice pracovního tlaku ve vedení může být stiskem modrého tlačítka (*reset_ERROR*) také resetována. To však v důsledku nevádí, protože obrobek, který byl lisován, musí být vyřazen, a byla-li příčinou nedosažení spodní polohy právě nízká úroveň tlaku, mělo by další lisování již

proběhnout bez indikování poruchy. V případě jiné příčiny nedosažení spodní polohy, bude při správném pracovním tlaku porucha indikována opětovně. Navíc obsluha při lisování má možnost vidět, jestli bylo spodní polohy dosaženo, ať již na displeji, nebo indikační diodou přímo na snímači, či rozsvícením příslušného čísla (14) na čele vstupního modulu. Není-li si obsluha jistá v dalším pokračování, může zařízení vypnout a po uvolnění STOP tlačítka bude porucha nadále indikována jak je vidět na následujícím obrázku.



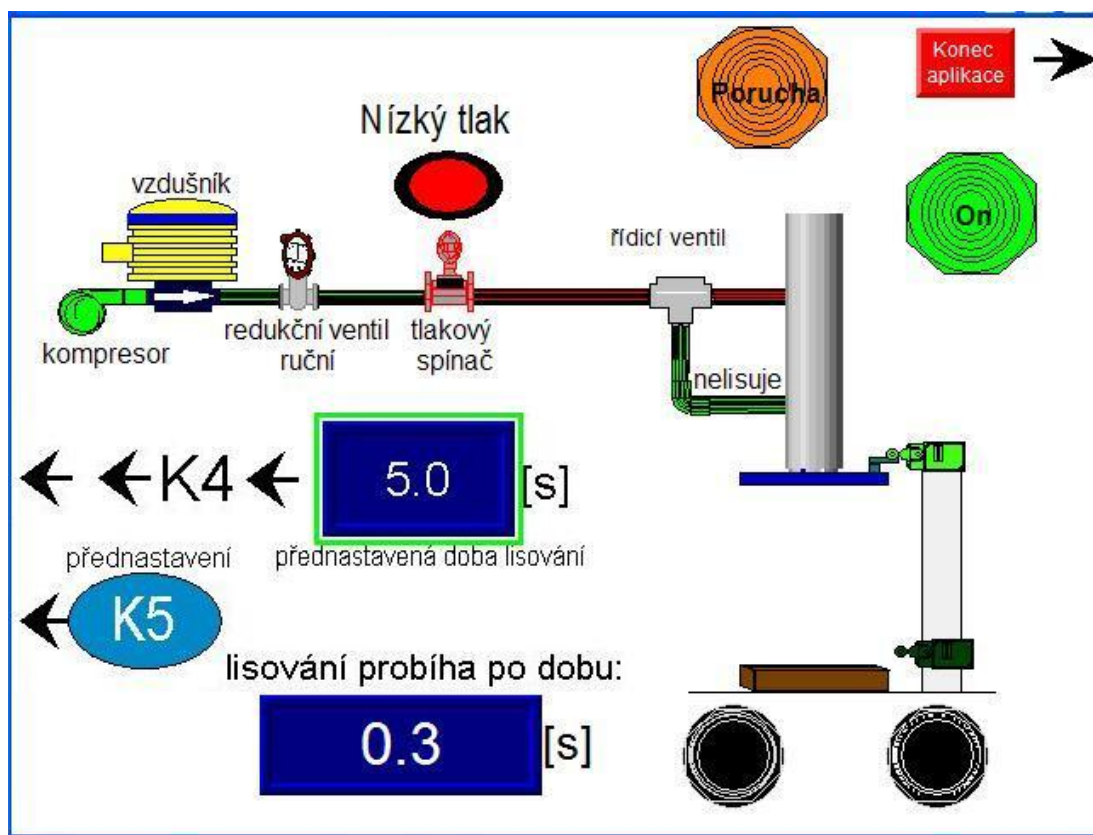
Obr. 6-8 – Displej při poruše polohy

Blikání poruchové diody může být nastaveno pouze, není-li nastavena „hardwarová“ chyba snímačů. Pro tyto poruchy je dioda trvale oranžová. Jedná-li se o poruchu snímačů polohy ($error_poloha_snimac=1$) jsou oba snímače červené. To znamená připojení napájení na signálový vodiče jednoho ze snímačů, nebo je před jedním snímačem cizí magnetické těleso. Tato porucha je jednoznačná. Její resetování je možné stiskem modrého tlačítka ($reset_ERROR$) pouze za rozdílných stavů obou snímačů.



Obr. 6-9 – Displej při poruše snímačů polohy

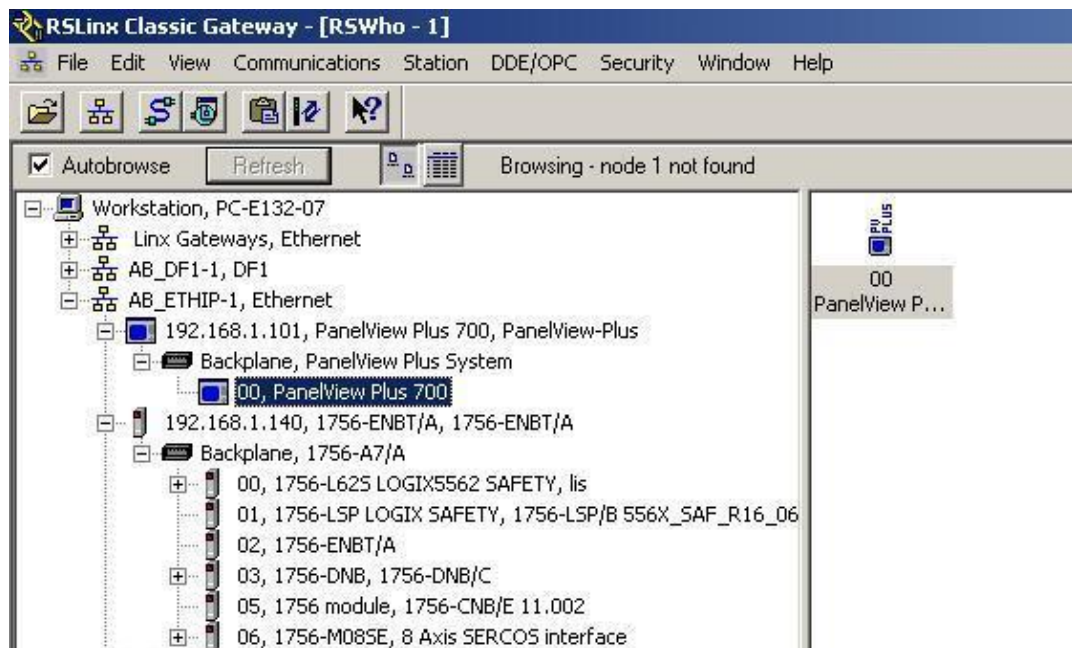
Při poruše tlakového spínače ($error_tlak_snimac=1$) je změněna barva popředí obrázku tlakového spínače na červenou (Obr. 6-14). Ikona indikace tlaku ukazuje aktuální hodnotu tlaku, čímž je určen směr změny tlaku, při kterém byl porušen časový interval přepnutí. Jedná-li se o chybu trvalou, kdy budou oba výstupní signály snímače tlaku na stejné hodnotě, budou buď zobrazeny oba nápisy stavu tlaku pro napětí na obou vodičích, nebo ani jeden pro nulové napětí na obou vodičích.



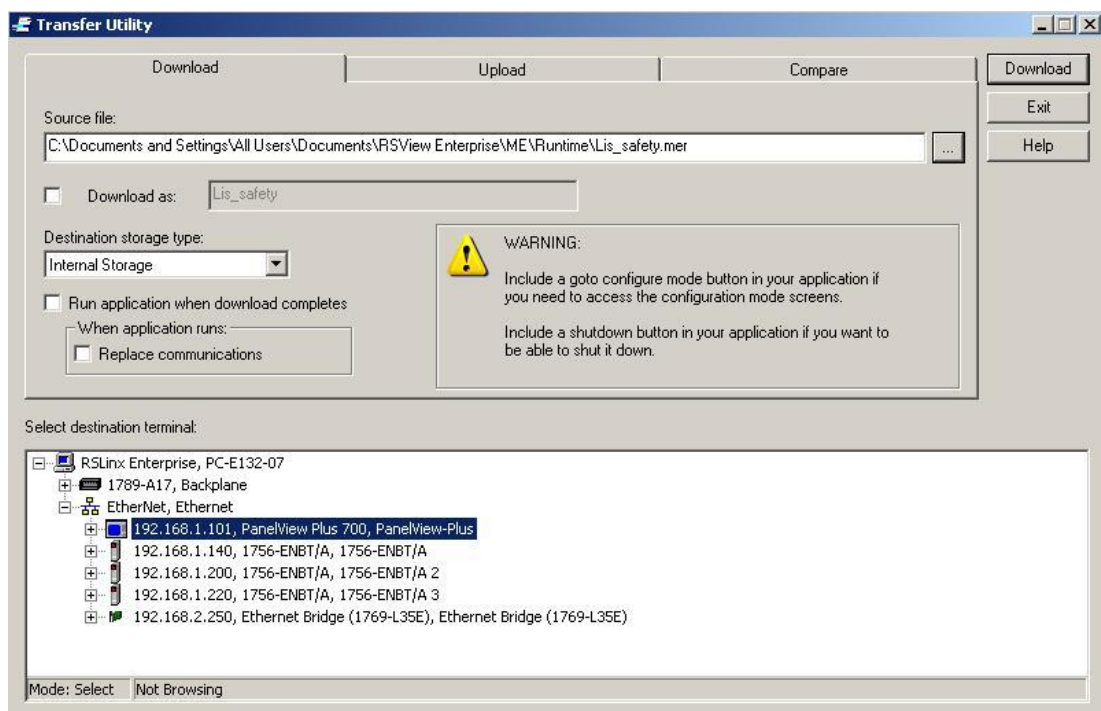
Obr. 6-10 – Displej při poruše snímače tlaku

6.4 SPUŠTĚNÍ APLIKACE NA PANELU

Máme-li již vytvořený displej a projekt dodělaný, musíme ho nahrát do vizualizačního panelu. Přes záložku **aplication** vytvoříme Run aplikaci, kterou uložíme. Abychom ji mohli nahrát, musíme v prostředí RS-linx na síťovém připojení najít panel (Obr. 6-16). Poté je možné ho do panelu nahrát. Musíme najít daný uložený soubor (Lis_safety.mer) a dát **download**. Poté již jenom musíme dát na panelu v operačním systému příkaz LOAD (stisk tlačítka na dotykovém displeji a danou aplikaci nahrát. Tím se aplikace na displeji spustí a je propojena s běžící aplikací v PLC. Na další běh již není potřeba PC. Panel s běžící aplikací je zachycen v příloze 5.



Obr. 6-11 – Nastavení komunikační cesty k panelu



Obr. 6-12 – Nahrání vytvořené aplikace do panelu

7. ZÁVĚR

Měl jsem realizovat pneumatický lis s bezpečnostní funkcí. Chtěl jsem, aby projekt zahrnoval nutné algoritmy pro funkci lisu a zároveň aby vytvořený program mohl být otestován a používán na reálném systému (modelu), včetně vizualizace, jako možnosti vzdálené kontroly zařízení. Navrhl jsem malý model pneumatického lisu, který je ovládán přes řídicí program, běžící v bezpečnostním programovatelném automatu, pomocí bezpečnostních ovládacích prvků.

Samotný akční pohyb lisu je realizován pneumatickým válcem o délce aktivního vysunutí 5 cm, který je upevněn do ocelové konstrukce platformy. Ta je připevněna k dřevotřískové desce, do které jsou zapuštěna ovládací tlačítka pro obě ruce, která jsou hlavním ovládacím prvkem. Deska je ukotvena k hliníkovým nohám, na které je připevněna ocelová mřížka, na které jsou připevněny všechny prvky modelu. Řídicí automat, vizualizační panel a zdroj stlačeného vzduchu jsou umístěny jinde a jsou se samotným modelem propojeny pouze komunikační sítí a pneumatickým vedením.

Model se skládá z výkonové (pneumatické) a řídicí (elektrické) části. Tím je dána základní bezpečnostní výhoda modelu, že neobsahuje žádný elektrický výkonový prvek a veškerá zařízení jsou pod napětím 24 V DC. Tím je zajištěno, že jakýkoli dotyk s živou, nebo neživou částí při poruše nebude mít za následek úraz elektrickým proudem. Jediným výkonovým prvkem modelu je pneumatický válec, který pístem vykonává vertikální pohyb. Jedná se o dvojčinný píst, který potřebuje přivést tlak do jednoho ventilu, aby vykonal pohyb dolů, a do druhého ventilu, aby vykonal pohyb nahoru. Bez přítomnosti tlaku zůstává díky mechanickému tření ve své poslední dosažené poloze. Pro řízení tohoto ventilu musí být použit dvoucestný řídicí prvek. Já použil ventil od firmy Norgren s jedním magnetickým ventilem, který přepíná vstupní tlak mezi dvě výstupní cesty. Pro jeho řízení stačí jediný elektrický signál. Zpětnou vazbu řídicí části od části výkonové tvoří dva snímače krajní polohy pístu, umístěné přímo na těle pneumatického válce, a tlakový snímač, který mění dva inverzní výstupní signály podle úrovně tlaku v pneumatickém obvodu. Spínací úroveň spínače je mechanicky nastavitelná. Pro nastavení horní hranice tlaku

v obvodu je na jeho vstupu zařazen mechanický redukční ventil s ručičkovým ciferníkem. Pracovní rozsah celého obvodu pro skutečný pracovní proces musí být mezi 2 až 8 bar. Spodní hranice je daná minimální hodnotou, při které píst pracuje spolehlivě a vrchní pevností spojů pneumatického obvodu.

Elektrická část se skládá z bezpečnostního PLC od firmy Rockwell Automation, ve kterém běží řídicí program, připojovacích modulů a všech ovládacích prvků. Základním ovládacím prvkem jsou tlačítka pro obě ruce, která reagují na položení ruky na povrch tlačítka. Model je samozřejmě ovládán tlačítky START a STOP, které zapínají/vypínají zařízení a jsou nadřazena všem ostatním ovládacím prvkům. Kromě elektrických prvků pneumatického obvodu model dále obsahuje tlačítko pro resetování poruchy, indikační diodu poruchy, snímač pro přítomnost kovového obrobku a jeho blokovací tlačítko.

Samotný řídicí program umožňuje po zapnutí zařízení reagovat na stisk tlačítek obou rukou a ovládat tak přímo akci pístu. Program však umožňuje pro rovnoměrné lisování používat funkci přednastavení časového intervalu zadávaného z vizualizačního panelu. Jakmile píst dosáhne spodní polohy, začne se počítat čas lisování a při zapnutí funkce přednastavení jsou obě hodnoty porovnávány. Při jejich rovnosti je lisování ukončeno i při stisknutých ovládacích tlačítkách. Program rozlišuje kovový a nekovový obrobek, kdy umožní vyblokovat snímač kovového výrobku. Je tak umožněno lisovat cokoli (i vzduch při testech). Program blokuje vysunutí pístu při poruchovém stavu, na který obsluhu upozorní ať již světelnou signalizací na modelu, nebo prostřednictvím vizualizace. Ta je uskutečněna prostřednictvím samostatné vizualizační jednotky PanelView připojené přes síť k automatu. Na displeji panelu je graficky znázorněn lisovací model a pomocí animací je simulován proces na modelu. Děje na modelu se projeví i na displeji.

Model byl úspěšně testován na rozsahu tlaků 0 až 7 bar a vykonával všechny popsané funkce. Realizoval jsem všechny zmiňované poruchy a systém reagoval, jak měl. Jejich odblokování podle popisu převedlo systém opět do provozuschopného stavu. Nevyužité vstupní i výstupní svorky umožňují další rozšíření a modifikace modelu, podle případných potřeb. Model může být využíván k vyučovacími potřebám a po opatření pístu nástrojem i ke skutečnému pracovnímu procesu.

8. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Zezulka, F., Bradáč, Z., Fiedler, P., Kučera, P., Štohl, R.: Programovatelné automaty – skriptum FEKT VUT, VUT Brno, Brno, 2003
- [2] Zezulka, F.: Prostředky průmyslové automatizace – skriptum FEKT VUT, VUT Brno, Brno, 2003
- [3] Vaňura, J.: Hydraulické a pneumatické mechanismy – skriptum FS VUT, Ediční středisko VUT, Brno, (1983)
- [4] Zezulka, F. Fiedler, P., Vaňous, P., Cach, P.: Průmyslové komunikační sítě – skriptum FEI VUT, VUT Brno, Brno, 2000
- [5] Musil, V., Zeman, P., Šandera, J., Špinko, J., Pivovar, T.: Konstrukce a technologie elektronických zařízení, PC-DIR spol.s.r.o. – Nakladatelství, Brno, 1994, ISBN 80-214-0590-2
- [6] Rockwel Automation.: SafetyNow, únor 2006, 98s, USA, 2006, SAFETY-BR001D-EN-P-únor 2006
- [7] Rockwel Automation.: SafetyNow Lite, únor 2004, 41s, USA, 2004, SAFETY-BR001C-EN-P-únor 2004
- [8] Rockwell Automation, 1756-sg001_-en-p.pdf [online]. květen 2009, [cit. 2009-5-15]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1756-sg001_-en-p.pdf>
- [9] Rockwell Automation, 1791-pp001_-en-p.pdf [online]. červenec 2006, [cit. 2008-12-8]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1791ds-pp001_-en-p.pdf>
- [10] Rockwell Automation, 1794-sg002_-en-p.pdf [online]. prosinec 2006, [cit. 2008-12-8]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/1794-sg002_-en-p.pdf>
- [11] Rockwell Automation, 1794-pp019_-en-p.pdf [online]. říjen 2008, [cit. 2008-12-8]. Dostupné z:

- http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1794-pp019_-en-p.pdf
- [12] Rockwell Automation, 800z-br002_-en-p.pdf [online]. únor 2008, [cit. 2008-12-10]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/800z-br002_-en-p.pdf>
- [13] Rockwell Automation, 2711p-pp008_-en-p.pdf [online]. únor 2008, [cit. 2008-12-10]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/2711p-pp007_-en-p.pdf>
- [14] Rockwell Automation, safety_at018_-en-p.pdf [online]. září 2008, [cit. 2008-12-10]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/at/safety-at018_-en-p.pdf>
- [15] Rockwell Automation, viewme-um004_-en-p.pdf [online]. únor 2008, [cit. 2008-12-10]. Dostupné z:
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewme-um004_-en-e.pdf>
- [16] DeviceNetRockwell Automation, 1794-rn065_-en-p.pdf [online]. květen 2005, [cit. 2008-12-10]. Dostupné z:
http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/rn/1794-rn065_-en-p.pdf
- [17] Rockwell Automation, c116-ca502_-en-p.pdf [online]. duben 2008, [cit. 2009-5-18]. Dostupné
<[z:http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ca/c116-ca502_-en-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ca/c116-ca502_-en-p.pdf)>
- [18] Norgren, N UK 1 5 021 RM 8000.pdf [online]. březen 2007, [cit. 2008-5-15]. Dostupné z:
<http://www.norgren.com/document_resources/DE/N_UK_1_5_021_RM_8000.pdf>

- [19] Nordgren, 8.300.200.pdf [online]. červenec 1997, [cit. 2009-5-17]. Dostupné z: <www.norgren.com/document_resources/DE/8.300.200.PDF>
- [20] Nordgren, N en 4 3 007 M 50 EAP.pdf [online] květen 2007, [cit. 2009-5-15] Dostupné z: <http://www.norgren.com/document_resources/EN/N_en_4_3_007_M_50_EAP.pdf>
- [21] Norgren, N gb 5 11 021.pdf [online] květen 2007, [cit. 2009-5-17] Dostupné z: <http://www.norgren.com/document_resources/EN/N_gb_5_11_021.pdf>
- [22] Norgren, V60 valves.pdf [online], červenec 2007, [cit. 2009-5-15]. Dostupné z: <http://www.norgren.com/document_resources/USA/V60%20valves.pdf>
- [23] PneumatikaSMC Training, LG1 Symbole.pdf [online], [cit. 2009-5-17]. Dostupné z: <http://217.19.37.249/cz/pdf/LG1_Symbole.pdf>
- [24] Moeller, Značky pro obvodová schémata Evropa [online] c.2002-2009 [cit. 2009-5-17]. Dostupné z: <<http://www.moeller.cz/priruckazapojeni/norm006.html#wp1506112>>
- [25] Schwer, Schwer Fittings [online] c.2006-2009 [cit. 2009-5-17]. Dostupné z: <<http://www.schwer.sk/produkty.php?pol=168&idsess=>

9. SEZNAM ZKRATEK

CIP Safety – bezpečnostní komunikační protokol

CRC kód – typ ochranného komunikačního kódu

CSMA/CD – přístupová metoda v komunikaci

FT systém – Fault Tolerant systém

I/O – vstupně/výstupní

LAN – místní síť

N.C. – normálně zavřeno (sepnuto)

N.O. – normálně otevřeno (rozepnuto)

PC – Osobní počítač,

RS –Rockwell software

Safety PLC – Bezpečnostní programovatelný automat

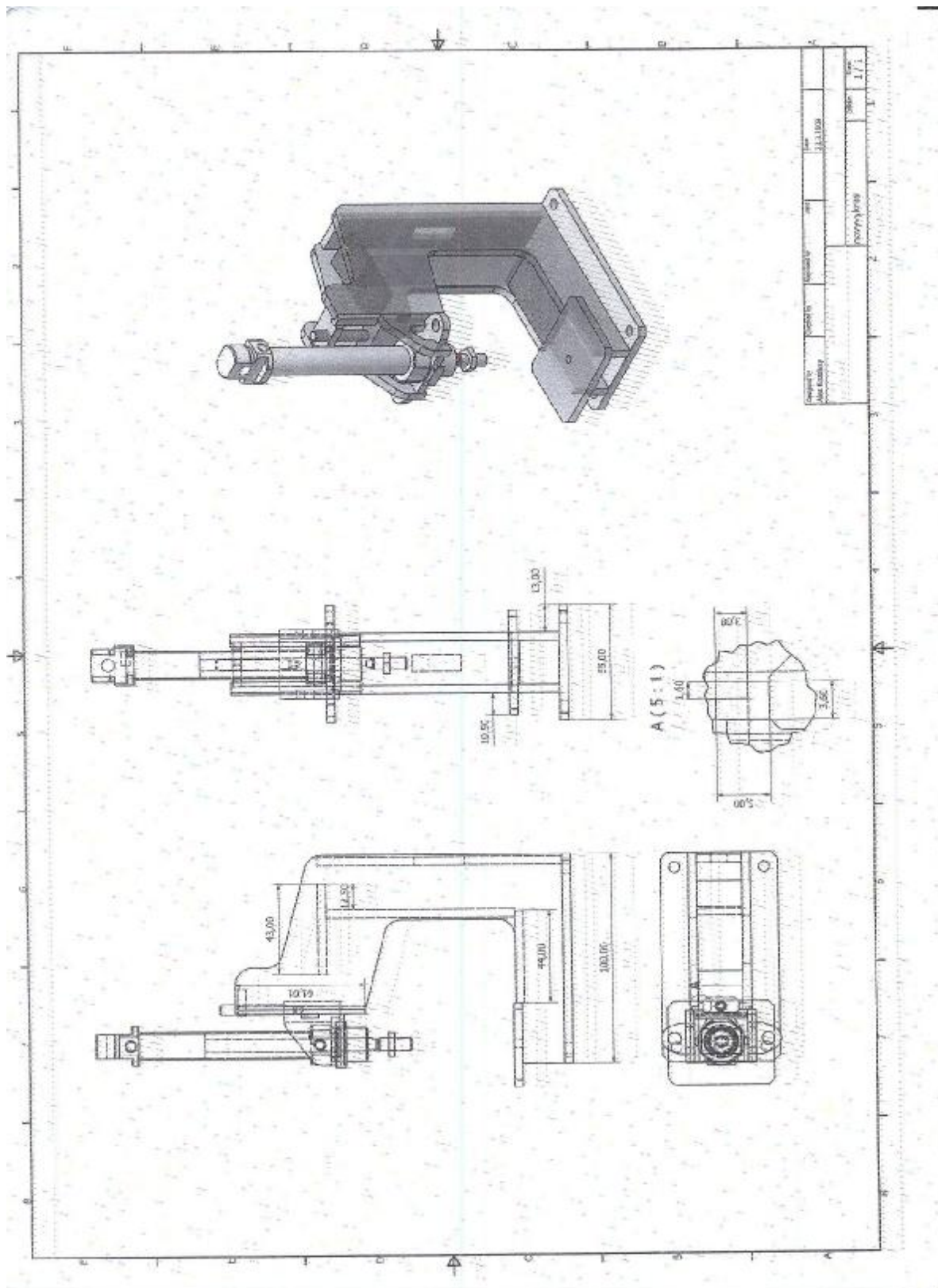
SIL – úroveň bezpečnosti

TCP/IP – typ komunikačního protokolu

CTD, CTU, DIN, DIV, GRT, LES, RES, THRS, TON – instrukce
programovacího jazyka

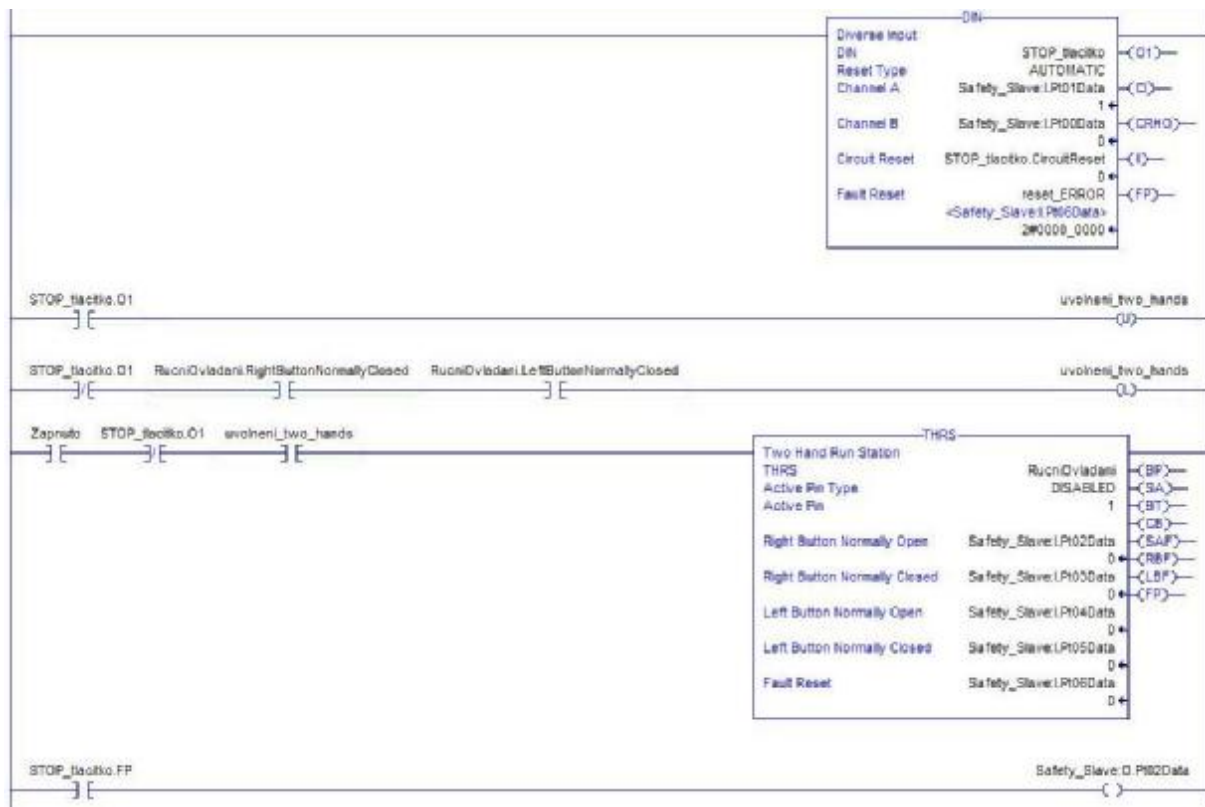
10. SEZNAM PŘÍLOH

1. Příloha 1 – Nákres ocelové konstrukce uchycení pístu
2. Příloha 2 – Nákres dřevotřískové podstavy lisu
3. Příloha 3 – Výpis kódu řídicího programu
4. Příloha 4 – Fotografie uspořádání lisu
5. Příloha 5 – Fotografie vizualizačního panelu

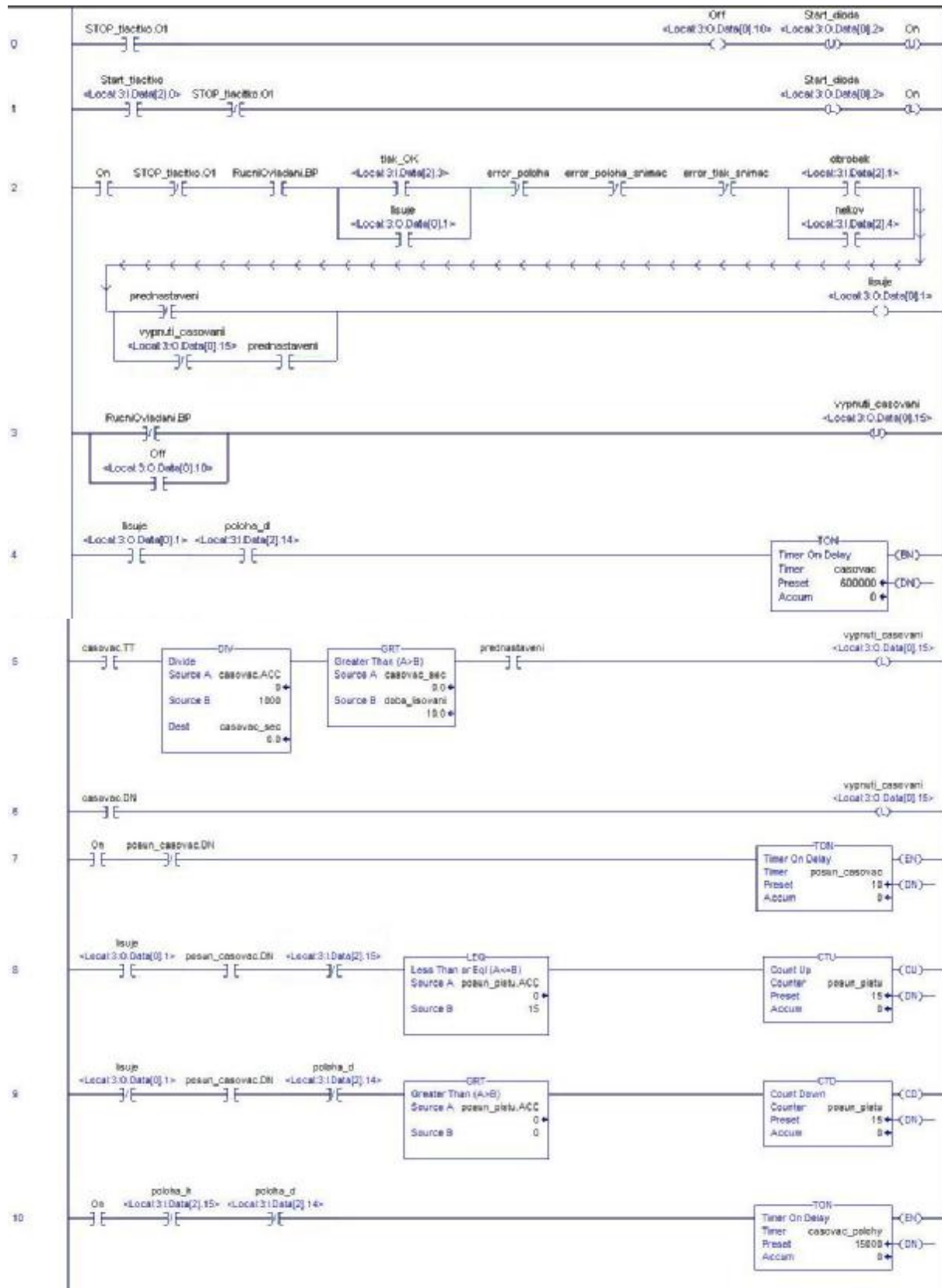


Příloha 1:	Nákres ocelové konstrukce lisu a uchycení pístu		
Autor:	Aleš Kozelský	Převzal:	Kamil Mikyska
Vytvořeno:	23. 3. 2009		

Příloha 3/1



Příloha 3/2



Příloha 3/3

