

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2021

**FILIP
ŠRÁMEK**



České
vysoké
učení technické
v Praze

F2

Fakulta strojní
Ústav přístrojové a řídicí techniky

Inovace řízení pneumatického lisu - digitální pneumatika

Diplomová práce

Bc. Filip Šrámek

Vedoucí práce: Ing. Marie Martinásková, Ph.D.

Obor: Přístrojová a řídicí technika

Srpen 2021



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šrámek** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **437145**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav přístrojové a řídicí techniky**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Přístrojová a řídicí technika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Inovace řízení pneumatického lisu - digitální pneumatika

Název diplomové práce anglicky:

Pneumatic press control innovation - digitalization in pneumatics

Pokyny pro vypracování:

1. Prostudujete podklady z didaktického setu TP260 - Digitální pneumatika.
2. Připravte sadu výukových úloh podle tohoto setu .
3. Navrhněte inovaci instrumentace a řízení pneumatického lisu s ohledem na snížení spotřeby vzduchu, optimalizaci parametrů výroby a s ohledem na možnost zařazení inovovaného stroje do automatizované výroby.
4. Navrhněte SCADA/HMI projekt pomocí SW Reliance pro tento stroj s možností zadávání různých výrobních dávek a s možností dlouhodobého sběru a vyhodnocení dat.

Seznam doporučené literatury:

1. Fabian GOHLKE, Levent UNAN. Festo Didactic - TP 260. Denkendorf, 2019.
2. Motion Terminal VTEM: Technické údaje. Festo [online]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/VTEM_CZ.PDF
3. Martinásková, M., Šmejkal, L.: Řízení programovatelnými automaty III, skriptum ČVUT v Praze, 2003
4. Šmejkal, L.: Esperanto programátorů PLC: programování podle normy IEC/EN 61131-3, časopis AUTOMA, speciální vydání obsahující seriál o programování PLC.
5. Simatic S7-1200- HW systémový manuál
6. SCADA/HMI systém Reliance – GEOVAP, Pardubice, firemní dokumentace

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Marie Martinásková, Ph.D., U12110.3

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **24.08.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Marie Martinásková, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

_____ podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

_____ Datum převzetí zadání

_____ Podpis studenta

Poděkování

Děkuji Ing. Marii Martináskové, Ph.D. za cenné připomínky a podněty při vedení této diplomové práce a firmě Festo za zapůjčení didaktického setu, stejně jako celé své rodině a nejbližším přátelům za podporu během celého studia.

Bc. Filip Šrámek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s tím, že její výsledky mohou být dále použity podle uvážení vedoucího diplomové práce jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků diplomové práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

V Praze dne 10. srpna 2021

Bc. Filip Šrámek

Abstrakt

Teoretická část této diplomové práce je věnována rešerši digitální pneumatice, kterou zastupuje produkt Festo Motion Terminal od společnosti Festo a komunikačnímu protokolu OPC UA, jakožto novému a progresivnímu komunikačnímu protokolu v oblasti automatizace.

Praktická část této práce je věnována inovaci instrumentace a řízení pneumatického lisu, optimalizaci parametrů výroby a návrhem vizualizace, pomocí které je celý proces lisování ovládán.

Klíčová slova: Digitální pneumatika, OPC UA, OPC, FMT, SIMATIC S7-1200, SCADA, FESTO Didactic, TP 260

Vedoucí práce: Ing. Marie Martinásková, Ph.D.
Odbor automatického řízení a inženýrské informatiky
Ústav přístrojové a řídicí techniky
Fakulta strojní ČVUT v Praze

Abstract

The theoretical part of this thesis is devoted to the research of digital pneumatics, represented by the Festo Motion Terminal product from Festo and the OPC UA communication protocol as a new and progressive communication protocol in the field of automation.

The practical part of this thesis is dedicated to the innovation of the instrumentation and control of the pneumatic press, the optimization of the production parameters and the design of the visualization by which the whole pressing process is controlled.

Keywords: Digital pneumatics, OPC UA, OPC, FMT, SIMATIC S7-1200, SCADA, FESTO Didactic, TP 260

Title translation: Pneumatic press control innovation - digitalization in pneumatics

Obsah

Seznam použitých zkratk	1	8 Vizualizace	31
Část I		8.1 SCADA systémy	31
Teoretická část		8.2 Komunikace mezi OPC serverem a SCADA systémem	32
1 Úvod	3	8.2.1 Kontrola proměnných	32
2 Didaktický set TP260	4	8.2.2 Nastavení spojení mezi OPC serverem a SCADA systémem - Řešení	34
2.1 Základní představení didaktického setu	4	8.2.3 Import proměnných z OPC serveru do SCADA systému	35
2.2 Komponenty didaktického setu . .	4	8.3 Tvorba vizualizace v prostředí programu Reliance 4	38
3 Digitální pneumatika	6	8.3.1 Tvorba vizualizačního okna . .	38
3.1 Ventilové terminály	7	8.3.2 Tvorba alarmů	38
3.2 Programovatelné logické automaty	7	8.3.3 Tvorba plovoucích grafů	40
3.2.1 Programovací jazyky dle standardu IEC 61131-3	8	8.3.4 Tvorba historického grafu . . .	41
4 Festo Motion Terminal (FMT)	10	8.3.5 Implementace skriptů	44
4.1 Charakteristika FMT	10	9 Závěr	46
4.2 Stavba terminálu	10	Seznam použité literatury	48
4.3 Ventil VEVN	11	Použitý software	50
5 Komunikační protokol OPC UA	12	Přílohy	
5.1 Základní principy	12	A Příručka pro studenty	52
5.2 OPC UA model/zásobník	13	A.1 Návrh a oživení stroje	53
5.2.1 Transportní vrstva	13	A.1.1 Zadání	54
5.2.2 Komunikační vrstva	13	A.1.2 Úkoly	54
5.2.3 Aplikační vrstva	14	A.2 Výroba pomocí stroje a řešení problémů	55
5.3 Adresní prostor a uzly	14	A.2.1 Výroba pomocí stroje	55
5.4 Atributy a třídy uzlů	15	A.2.2 Řešení problémů (volitelné) .	56
5.5 Služby	16	A.3 Vylepšení stroje	57
5.6 Zabezpečení komunikace	19	A.3.1 Úkoly	57
Část II		A.4 Plánování nezbytných modifikací stroje	58
Praktická část		A.4.1 Úkoly	58
6 Řídicí systém	22	A.5 Digitální versus analogové signály	59
6.1 Řídicí hardware Simatic S7-1200	22	A.5.1 Signály	59
6.1.1 Konfigurace PLC v prostředí TIA Portal	23	A.5.2 Úkoly	60
6.1.2 Konfigurace vstupů a výstupů	24	A.5.3 Nastavení průtokoměru	62
6.1.3 Přenášené proměnné pomocí OPC serveru	24	A.6 Oživování modifikovaného obvodu	63
6.2 Řídicí software	25	A.6.1 Návrh pneumatického obvodu	63
6.2.1 TIA Portal	25	A.6.2 Návrh elektrického obvodu . .	63
6.2.2 Program PLC	25	A.6.3 Oživovací protokol	66
7 OPC server	28	A.7 Nastavování komunikační sítě . .	67
7.1 Nastavení DeltaLogic OPC serveru	28		

A.7.1 Úkol - Přizpůsobení konfigurace přístupového bodu WLAN	67	B.5.1 Návrh pneumatického obvodu	103
A.7.2 Úkol - Nastavení PLC v TIA portal	68	B.5.2 Návrh elektrického obvodu	103
A.7.3 Úkol - Nastavení sítě	69	B.5.3 Oživovací protokol	105
A.7.4 Úkol - Nastavení OPC serveru	70	B.6 Nastavování komunikační sítě - Řešení	106
A.7.5 Úkol - Spuštění vizualizačního softwaru TP 260 Operator Panel	72	B.6.1 Základní pojmy	106
A.8 Stanovení a nastavení parametrů procesu	74	B.7 Stanovení a nastavení parametrů procesu - Řešení	107
A.8.1 Nastavení senzorů	74	B.7.1 Nastavení senzorů - úkoly	107
A.8.2 Přiřazení snímačů do procesních parametrů	75	B.7.2 Přiřazení snímačů do procesních parametrů	107
A.8.3 Provoz stroje	75	B.8 Poskytování informací o typech chyb - Řešení	108
A.9 Poskytování informací o typech chyb	77	B.8.1 Nastavování tolerancí	108
A.9.1 Nastavování tolerancí	77	B.9 Seznámení s webovou službou logického automatu - Řešení	110
A.9.2 Zkoumání typů chyb	78	B.10 Další vylepšení - Řešení	111
A.10 Nastavení push up notifikací	80	C Software použitý k řízení stroje	112
A.10.1 Nastavení programu na odesílání emailů	80		
A.11 Provozování systému	84		
A.11.1 Simulace chybových stavů	84		
A.12 Seznámení s webovou službou logického automatu	86		
A.13 Výroba pomocí inovovaného stroje a řešení problémů	89		
A.13.1 Výroba pomocí inovovaného stroje	89		
A.13.2 Řešení problémů inovovaný lis(volitelné)	89		
A.14 Analýza výrobní historie	91		
A.15 Další vylepšení	95		
B Příručka pro studenty - Řešení	96		
B.1 Návrh a oživení stroje - Řešení	96		
B.2 Vylepšení stroje - Řešení	99		
B.2.1 Faktory ovlivňující kvalitu produkce	99		
B.2.2 Faktory ovlivňující velikost nákladů	99		
B.3 Plánování nezbytných modifikací stroje - Řešení	100		
B.4 Digitální versus analogové signály - Řešení	102		
B.5 Oživování modifikovaného obvodu	103		

Obrázky

2.1 Didaktický set TP260 [2]	4	8.2 Výpis dostupných OPC serverů .	32
3.1 Znázornění benefitů, ze kterých těží digitální pneumatika [5]	6	8.3 Výpis dostupných OPC serverů .	33
3.2 Ventilový terminál MPA-L [7] . . .	7	8.4 Výpis dostupných OPC serverů .	33
3.3 Cyklus PLC [9]	8	8.5 Prostředí programu Reliance 4 Design	34
4.1 Festo Motion Terminal [11]	10	8.6 Správce stanic	34
4.2 Festo Motion Terminal stavba [12]	11	8.7 Dialogové okno s výpisem dostupných OPC serverů	35
5.1 OPC Foundation logo [13]	12	8.8 Import proměnných do SCADA systému	35
5.2 OPC UA schéma komunikace [16]	12	8.9 Dialogové okno s výpisem dostupných proměnných přenášených OPC serverem	36
5.3 OPC UA základní blokové schéma architektury [14]	13	8.10 Dialogové okno po úspěšném přetažení proměnné do OPC grupy	36
5.4 OPC UA třídy uzlů [18]	15	8.11 Nastavení proměnné ve Správci stanic	37
5.5 Znázornění průzkumné služby [21]	16	8.12 Upravená proměnná ve Správci stanic	37
5.6 Znázornění služby zabezpečení kanál [21]	17	8.13 Prostředí SCADA systému Reliance	38
5.7 Znázornění služby relace [21] . . .	17	8.14 Nastavení nového alarmu ve Správci stanic	39
5.8 Znázornění služby správa uzlů [21]	17	8.15 Přidání prvku Kontejner	39
5.9 Znázornění služby pohled [21] . .	18	8.16 Přiřazení vytvořených alarmů k prvku Kontejner	40
5.10 Znázornění služby atributy [21]	18	8.17 Umístění Správce plovoucích grafů	40
5.11 Znázornění služby metody [21]	19	8.18 Přidání nového grafu a jeho nastavení	41
5.12 OPC UA schéma zabezpečené komunikace [14]	19	8.19 Přiřazení vytvořeného plovoucího grafu k prvku Kontejner	41
6.1 Siemens SIMATIC S7-1200 [23] .	22	8.20 Umístění správce grafů spolu se základním nastavením historického grafu	42
6.2 TIA Portal přidání nového zařízení	23	8.21 Nastavení historického grafu ve Správci grafů	43
6.3 TIA Portal přidání rozšiřujícího modulu ke konfiguraci	24	8.22 Nastavení prvku Kontejner pro zobrazení grafu	43
6.4 Vývojový diagram inovovaného hlavního cyklu	26	8.23 Vytvoření interní proměnné . . .	44
7.1 Deltalogic S7/5 OPC server Tray	28	8.24 Skript animace pohybu pneumatického motoru	45
7.2 Deltalogic S7/5 OPC server konfigurační okno	28	8.25 Příklad přiřazení předpřipravené proměnné	45
7.3 Deltalogic S7/5 OPC server nastavení zařízení	29	A.1 Úloha č.1 [1]	53
7.4 Deltalogic S7/5 OPC server nastavení připojení zařízení	29	A.2 Příklad digitálního signálu [1] . .	59
7.5 Deltalogic S7/5 OPC server přidání připojení	30		
7.6 Deltalogic S7/5 OPC server spuštění	30		
8.1 Nejčastější rozdělení SCADA systémů [25]	31		

A.3 Příklad binárního signálu [1] . . .	59	A.29 Výstup z konzoly potvrzující navázání spojení se serverem SMTP [1]	83
A.4 Příklad analogového signálu [1].	60	A.30 Rozvržení [1]	84
A.5 Schéma zapojení průtokoměru [1]	60	A.31 1: Stav systému; 2: Výstrahy; 3: Cykly; 4: Informace o údržbě [1] . .	84
A.6 Schéma zapojení průtokoměru s binárním výstupem [1]	61	A.32 Nastavení programu TIA Portal [1]	86
A.7 Schéma zapojení průtokoměru s voltmetrem [1].	61	A.33 Přidání dalšího uživatele v programu TIA Portal [1]	86
A.8 Postup nastavení průtokoměru [1]	62	A.34 Nastavení monitorovací tabulky v programu TIA Portal [1]	87
A.9 Modifikovaný pneumatický obvod [1]	63	A.35 Monitorovací tabulka v programu TIA Portal [1]	87
A.10 Schéma zapojení PLC [1]	65	A.36 Rozvržení [1]	91
A.11 Schéma zapojení komunikační sítě [1].	67	A.37 Import z XML souboru [1] . . .	92
A.12 Nastavení IP adresy v prostředí TIA Portal [1]	68	A.38 Zvolení příslušného souboru [1]	92
A.13 Jedna z možností jak nahrát program do PLC v prostředí TIA Portal [1]	69	A.39 Práce se souborem [1]	92
A.14 Test fungující komunikace pomocí příkazu ping [1].	69	A.40 Tabulka dat [1]	93
A.15 1: OPC klient, 2: OPC server, 3: Zdroj dat [1]	70	A.41 Změna datového typu v MS Excel [1]	93
A.16 OPC server dialogové okno [1]	71	A.42 Předpokládaný výsledek [1] . . .	94
A.17 Nastavení tagů v programu TIA Portal [1]	71	B.1 Potřebné komponenty [1]	96
A.18 Menu dialogového okna konfigurace OPC server [1]	72	B.2 Pneumatický obvod [1]	97
A.19 Spuštění OPC serveru [1]	72	B.3 Algoritmus řídicí proces lisování v jazyku GRAFCET [1]	97
A.20 Náhled vizualizačního softwaru [1]	73	B.4 Algoritmus řídicí start procesu lisování v jazyku GRAFCET [1] . .	98
A.21 TP 260 Operator Mode [1] . . .	76	B.5 Elektrické schéma úlohy [1]	98
A.22 t1 - Doba v zasunuté poloze, t2 - Čas vysouvání pneumatického motoru, t3 - Doba lisování , t4 - Čas nutný pro zasunutí pneumatického motoru [1]	77	B.6 Modifikovaný pneumatický obvod [1]	102
A.23 Schéma komunikace [1]	80	B.7 Modifikovaný pneumatický obvod [1]	103
A.24 Schéma sítě [1]	80	B.8 Schéma zapojení PLC - Řešení [1]	104
A.25 XML kód [1].	81	B.9 t1 - Doba v zasunuté poloze, t2 - Čas vysouvání pneumatického motoru, t3 - Doba lisování , t4 - Čas nutný pro zasunutí pneumatického motoru [1]	108
A.26 XML kód doplněný o potřebná data k zasílání notifikačního emailu [1]	82		
A.27 Nastavení Telnet Client [1] . . .	83		
A.28 Ověření komunikace pomocí konzoly [1]	83		

Tabulky

6.1 Tabulka parametrů PLC Simatic S7-1200 [23]	23
6.2 Tabulka přenášených proměnných	24
A.1 Tabulka požadovaných tlaků pro různé materiály [1]	54
A.2 Výrobní plán [1]	55
A.3 Tabulka vstupů a výstupů [1] ..	64
A.4 Oživovací protokol [1]	66
A.5 Tabulka procesních parametrů [1]	75
A.6 Tabulka typů chyb [1]	79
A.7 Potřebná data [1]	81
A.8 Tabulka vstupů a výstupů [1] ..	88
A.9 Výrobní plán [1]	89
A.10 Srovnávací tabulka pro cvičení 2a a 13a [1]	95
B.1 Oživovací protokol - řešení [1] .	105
B.2 Tabulka procesních parametrů [1]	107
B.3 Tabulka typů chyb - Řešení [1]	109
B.4 Tabulka vstupů a výstupů - Řešení [1]	110
B.5 Srovnávací tabulka pro cvičení 2a a 13a - očekávaný výsledek [1] ...	111
C.1 Hlavní cyklicky opakovaný program 1/2	117
C.2 Hlavní cyklicky opakovaný program 2/2	118



Seznam použitých zkratk

<i>angl.</i>	anglicky
<i>OPC UA</i>	Open platform communications – unified architecture
<i>OPC</i>	OLE for Process Control
<i>COM/DCOM</i>	Objektový model komponent/Objektový model distribuovaných komponent (<i>angl. Component Object Model/Distributed Component Object Model</i>)
<i>M2M</i>	Machine-to-machine
<i>TCP/IP</i>	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
<i>HTTP</i>	Hypertext Transfer Protocol
<i>SOAP</i>	Simple Object Access Protocol
<i>SOA</i>	Service Oriented Architecture
<i>HMI</i>	Rozhraní člověk-stroj (<i>angl. Human-Machine Interface</i>)
<i>DNS</i>	Systém doménových jmen (<i>angl. Domain Name System</i>)
<i>GUID</i>	Globální unikátní identifikátor (<i>angl. Global Unique Identifier</i>)
<i>URI</i>	Jednotný identifikátor zdroje (<i>angl. Uniform Resource Identifier</i>)
<i>PLC</i>	Programovatelný logický automat (<i>angl. Programmable Logic Controller</i>)
<i>RTU</i>	Vzdálené terminálové jednotky (<i>angl. Remote Terminal Unit</i>)
<i>IPC</i>	Průmyslový počítač (<i>angl. Industrial Personal Computer</i>)
<i>SCADA</i>	Dispečerské řízení a sběr dat (<i>angl. Supervisory Control and Data Acquisition</i>)
<i>FMT</i>	Festo motion terminal
<i>TIA Portal</i>	Totally Integrated Automation Portal



Část I

Teoretická část



Kapitola 1

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá inovací pneumatického lisu pomocí nejnovějších trendů v oblasti pneumatiky, a to tedy pomocí digitální pneumatiky. Tento nový trend v pneumatice jde ruku v ruce s moderním konceptem výroby, jako je Průmysl 4.0.

Jako první cíl této práce je provedení rešerše na témata týkající se digitální pneumatiky spolu s komunikačním protokolem OPC UA.

Dalším cílem je aplikování poznatků z teoretické části při inovaci řídicích algoritmů pneumatického lisu. Jako dalším velice důležitým úkolem bude navázání komunikace mezi PLC a OPC serverem, který je standardně součástí didaktického setu TP 260 spolu s vytvořením grafického rozhraní pro řízení pneumatického lisu.

Kapitola 2

Didaktický set TP260

2.1 Základní představení didaktického setu

Didaktický set TP260 poskytuje úvodní vhled do světa digitalizace. Je založen tak, aby reflektoval praktické zkušenosti, které jsou použitelné v praxi. Pro toto seznámení s digitalizací jsou využity v didaktickém setu konkrétní ukázky, které mohou nastat v praxi. Tuto bezesporu nespornou výhodu didaktického setu lze využít v ukázkách, které zahrnují jak návrh pneumatického obvodu a jeho optimalizaci, ale také i konfiguraci PLC, nastavení OPC serveru a nastavení komunikační sítě. Pro tyto účely jsou dodány veškeré komponenty potřebné pro nastavení a oživení úloh připravených v didaktickém setu. [1]



Obrázek 2.1: Didaktický set TP260 [2]

2.2 Komponenty didaktického setu

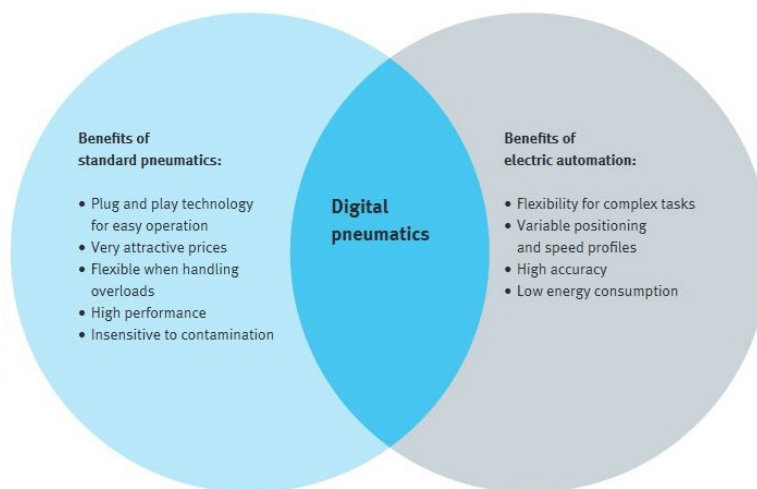
- Proporcionální tlakový regulátor
- Analogový průtokový senzor
- Tlačítko nouzový stop
- PLC Simatic S7/1200
- TIA Portal V 15.1
- Síťový kabel

- Wi-Fi Router
- USB s programy
- Notebook
- Dvojčinný pneumatický motor
- Kompresor
- Jednotka na úpravu vzduchu
- Rozvaděč 5/2 se zpětnou pružinou, elektricky ovládaný
- Škrticí ventil

Kapitola 3

Digitální pneumatika

Digitální pneumatika jako další generace vývoje klasické pneumatiky známé již z dob starého Řecka, kdy je možné dohledat první doložitelnou zmínku o použití stlačeného vzduchu jako pracovního prostředku. O digitální pneumatice lze říci, že spojuje výhody klasické pneumatiky a výhody elektrické automatizace. Výčet benefitů, ze kterých digitální pneumatika těží je k nahlédnutí na obrázku č.3.1. V digitální pneumatice se hojně využívá řídicích jednotek jako jsou PLC, IPC a další. Důvodem využití těchto řídicích jednotek je snížení počtu komponentů, kdy komplexnost je převedena do programového kódu, jenž vykonává řízení. [3], [4]



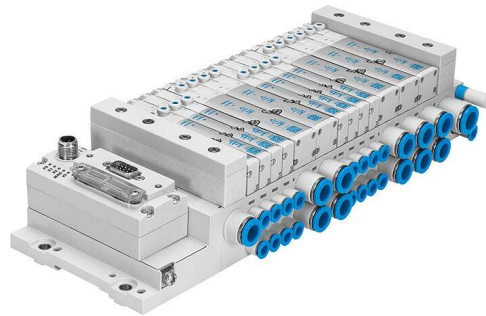
Obrázek 3.1: Znázornění benefitů, ze kterých těží digitální pneumatika [5]

Digitální pneumatika taktéž sleduje trend inteligentní automatizace a Průmyslu 4.0. Tento trend preferuje inteligentní, decentralizované a síťově propojené kyber-fyzikální systémy. Kyber-fyzikální systémy, jsou mechatronické systémy, disponující integrovanými senzory a interní nezávislou inteligencí, která umožňuje lokální využití dat. Například FMT, pneumatické zařízení pro řízení průtoku a tlaku kyber-fyzikálního systému, obsahuje modulární softwarové aplikace, které využívají data z interních senzorů monitorujících vestavěné ventily k optimalizaci řízených procesů. Jeho aplikace pro proporci-

onální regulaci tlaku založená na modelu automaticky mění tlak na ventilu tak, aby optimalizovala tlak připojeného systému (např. pneumatického motoru). Nesporné výhody kyber-fyzikálních systémů jsou možnost upgradu pouze softwaru nikoliv však hardwaru, komunikace pomocí mezinárodního komunikačního protokolu OPC UA, zjednodušení plánování, instalace, provoz a údržba zařízení. [4], [5], [6]

3.1 Ventilové terminály

Hlavní komponentou používanou v digitální pneumatice jsou ventilové terminály. Jedná se o funkční celek prvků, které byly v minulosti separátně využívány. Propojením těchto prvků se zjednodušily pneumatické obvody, jejich instalace a údržba. Ventilové terminály jako takové prošly historickým vývojem, kdy na přelomu 80. a 90. let minulého století, došlo k integraci elektrické části. Integrace elektrické části vedla k razantnímu snížení



Obrázek 3.2: Ventilový terminál MPA-L [7]

počtu kabelů. Bohužel, stále byla nutná montáž jednotlivých vodičů k řídicímu zařízení. Jako o dalším vývojovém stupni ventilových terminálů můžeme uvažovat použití komunikačních sběrnic. Kdy přidaný komunikační modul zprostředkovává dekódování signálů vyslaných řídicím systémem. Logickým krokem po aplikaci komunikačních sběrnic následovala implementace komunikačních protokolů. Tato implementace přináší mnoho výhod. Tento vývojový skok se promítl i v oblasti ovládání cívek uvnitř zařízení a to tak, že každý z ventilů má svou adresu a cívky ventilu nejsou fyzicky propojeny s jednotlivými kontakty konektoru. Toto velice napomohlo sériové výrobě, která zlevnila ventilové terminály. Pomyslným nejvyšším evolučním stupněm klasických ventilových terminálů jsou programovatelné instalační ventilové terminály, jenž kombinují výhody předchozího typu s plnohodnotnou integrací řídicího členu. Tímto lze centralizovat kompletně celý systém, kdy ventilový terminál komunikující pomocí komunikačních modulů sdílí informace a obsluhuje jiná zařízení umístěná mimo samotný ventilový terminál. [4], [8]

3.2 Programovatelné logické automaty

Programovatelné automaty jsou uživatelsky programovatelné řídicí systémy přizpůsobené pro řízení strojů, průmyslových a technologických procesů. Původním určením programovatelných automatů bylo řešení úloh logického typu, nyní však zvyšují svůj podíl v oblasti úloh regulačního typu, úloh monitorování řízeného procesu nebo v oblasti úloh analogového měření. [9]

Téměř každý programovatelný automat se skládá z těchto prvků:

- Centrální procesorová jednotka
- Systémové paměti
- Uživatelské paměti
- Soubor vstupních a výstupních jednotek
- Soubor komunikačních jednotek
- Systémová sběrnice



Obrázek 3.3: Cyklus PLC [9]

Realizace řídicích algoritmů je prováděna díky uživatelskému programu, který může být zapsán v různých programovacích jazycích a po přeložení je uložen v uživatelské paměti. Tento uložený program obsahuje řadu posloupných instrukcí, které procesor cyklicky vykonává. Postup zpracování programu probíhá u většiny automatů tak, že jsou načteny hodnoty ze vstupních jednotek do zápisníkové paměti automatu. Poté probíhá vykonání samotného uživatelského algoritmu tak, že

centrální procesorová jednotka postupně čte a vykonává instrukce, které jsou uloženy v uživatelské paměti programu. Procesorová jednotka během výkonu instrukcí provádí operace s daty v zásobníkové paměti a zásobníku. Po provedení všech instrukcí daného algoritmu jsou aktualizovány výstupní proměnné centrální procesorovou jednotkou, do výstupních jednotek periferních jednotek a poté aktualizuje stavy z vstupních periferních jednotek do zápisníkové paměti. Tento proces je neustále opakován a mezi jednotlivými cykly probíhá režie, během které se centrální procesorová jednotka připravuje na vykonání dalšího cyklu. [4], [9]

3.2.1 Programovací jazyky dle standardu IEC 61131-3

Standard IEC 61131-3 definuje pět programovacích jazyků. Jejich syntaxe a sémantika neponechává žádný prostor pro nepřesné vyjadřování. Tyto programovací jazyky lze rozdělit do dvou skupin:

- Grafické jazyky
 - Ladder Diagram (LD) - Tento jazyk má svůj původ v USA. Tento jazyk je založen na grafické reprezentaci reléové logiky. [10]
 - Function Block Diagram (FBD) - Tento jazyk je velice blízký procesnímu průmyslu. Je to velice intuitivní programovací jazyk, kde programátor spojuje funkční bloky do sítě. [4], [10]

- Sequential function chart (SFC) - Tento programovací jazyk popisuje sekvenční chování řídicího programu. Jazyk se skládá z kroků, bloků akcí a přechodů. [4]
- Textové jazyky
 - Instruction List (IL) - Tento programovací jazyk je evropským protějškem k Ladder Diagramu. Jedná se o nižší jazyk, který je strojově orientován. Nespornou výhodou tohoto jazyka je malá výpočetní náročnost. Nevýhodou je nevhodnost užití v komplexních aplikacích, a to díky své náročnosti na programátora. [10]
 - Structured Text (ST) - Jedná se o vyšší programovací jazyk, který má kořeny v jazycích Ada, Pascal a C. Tento jazyk je velice vhodný pro tvorbu komplexních aplikací. [10]

Pomocí těchto programovacích jazyků lze naprogramovat celé aplikace nebo je použít samostatně (lokálně). Jazyky lze v projektu i kombinovat. Toto kombinování jazyků může vést k zneřehlednění řídicího algoritmu, což může vést ke zvýšení nákladů na přípravu řídicího algoritmu.

Kapitola 4

Festo Motion Terminal (FMT)

4.1 Charakteristika FMT



Obrázek 4.1: Festo Motion Terminal [11]

Festo Motion Terminal je programovatelný ventilový terminál, jenž je softwarově ovládaný pomocí tzv. "Motion Apps". Toto softwarové ovládaní je umožněno díky novému univerzálnímu ventilu VEVM, který má schopnost měnit své vnitřní uspořádání na základě pokynů Motion Apps. [4]

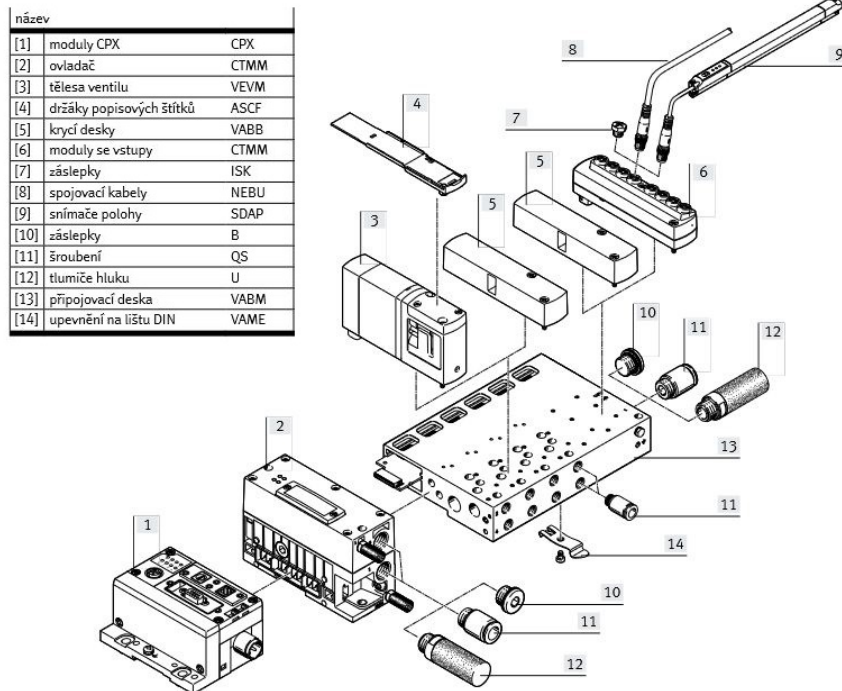
Uvnitř ventilů VEVM se nachází dvojice piezoventilů regulující řídicí tlak a čtveřice sedlových ventilů zapojených do můstku. Díky tomuto vnitřnímu uspořádání dokáže zastoupit VEVM ventil funkci 50 konvenčních výrobků. Chování a funkce každého z ventilů lze snadno změnit pomocí aplikací "Motion Apps". Tyto aplikace zatím firma Festo nabízí ve 3 balíčcích, které se vztahují na výrobní číslo daného FMT, tedy jsou mezi jednotlivými terminály nepřenosné. Součástí FMT je i programovatelný automat CPX, který zajišťuje jednak roli řídicího členu, ale i připojuje terminál k průmyslové sběrnici. [4], [8], [11]

4.2 Stavba terminálu

FMT lze rozdělit na tři základní části:

- Řídicí část
- Pneumatická část
- Část vstupních a výstupních modulů

Programovatelný automat CPX komunikující s ovladačem CTMM, jenž je rozhraním pro pneumatickou část a obsahuje hlavní přívod stlačeného vzduchu a odvětrávání přes tlumič. Ovladač CTMM je jak elektricky i pneumaticky propojen pomocí přípojovací desky VABM s těly ventilů VEVM. [4], [12]



Obrázek 4.2: Festo Motion Terminal stavba [12]

4.3 Ventil VEVM

Největší inovace FMT spočívá právě v univerzálním ventilu VEVM. Všechny ventily VEVM mají stejnou vnitřní stavbu, avšak mohou vykonávat rozdílné úkoly. Vnitřní konstrukce ventilu sestává ze čtyř 2/2 proporcionálních ventilů zapojených do můstku, přičemž je každý z ventilů řízen pomocí dvou proporcionálních piezovenilů. Ve ventilu se nacházejí integrované senzory snímající polohu otevření proporcionálních sedlových ventilů a tlak na portech. Nově vyvinuté pilotní ventily díky svým vlastnostem redukuje spotřebu tlakového vzduchu až o 90%. Další nesporné výhody piezovenilů oproti solenoidovým ventilům jsou menší spotřeba elektrické energie, vysoká rychlost sepnutí a nízká váha při zachování dlouhé životnosti. [4], [12]

Kapitola 5

Komunikační protokol OPC UA

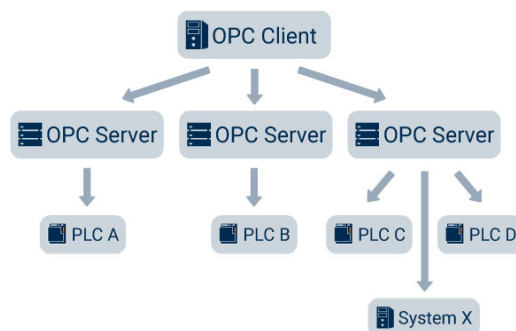
5.1 Základní principy

OPC UA je M2M komunikační standard. Oproti původní specifikaci OPC, která je založena na technologii COM/DCOM, která funguje pouze na zařízeních s operačním systémem Windows. OPC UA nemá za úkol definovat vnitřní strukturu stavby aplikace, je založený na obecně používaných komunikačních standardech jako jsou např. TCP/IP, HTTP a SOAP. [14], [15]



Obrázek 5.1: OPC Foundation logo [13]

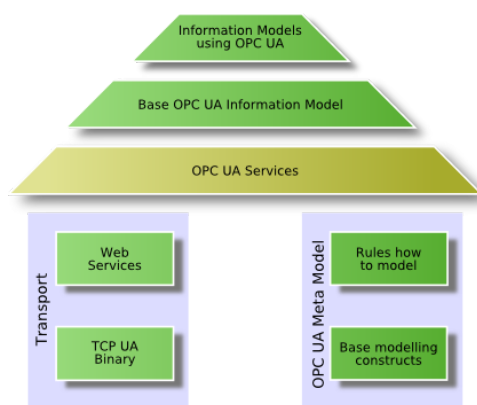
Specifikace OPC UA je založena na předávání dat mezi OPC UA klientem a OPC UA serverem, na mapování a navazování spojení, zabezpečení komunikace a struktury poslaných dat. Pokud se bedlivěji podíváme na specifikaci protokolu OPC UA, zjistíme, že jeho architektura je služebně orientovaná (SOA), což znamená, že jsou definovány služby, na které se OPC UA klient může dotazovat a OPC UA server na každý dotaz reaguje příslušnou odpovědí. [15]



Obrázek 5.2: OPC UA schéma komunikace [16]

Služby poskytující OPC UA server vytváří abstraktní komunikační model. Kdy po navázání fyzického spojení se vytváří a udržuje zabezpečený kanál (Secured Channel) a relace (Session). Zabezpečený kanál je nutné mít aktivní pro veškerou komunikaci, relaci je nutné mít vytvořenou pro dotazování klienta na služby serveru. Obě části komunikace jsou mnohdy označovány jako komunikační zásobník (Stack),

jež bývá programován jako samostatná knihovna použitelná dalšími aplikacemi při vytváření aplikací, které využívají OPC UA. Pro popis adresního prostoru se používají uzly. Pro používání funkční OPC UA komunikace není nutné mít implementované veškeré funkce, nýbrž jen nutné minimum funkcí. Další funkce je možné přidávat dle potřeby. Pokud je nutné zjistit, která funkce aplikaci podporuje, existují profily se seznamem vlastností, které aplikace musí splňovat. Aplikace poskytuje informace o tom, které profily podporuje, a tímto způsobem dává možnost dalším aplikacím zjistit, které části specifikace využívá. Profily mohou obsahovat sady služeb, které jsou používány ke kódování, zabezpečení nebo k dalším volitelným částem specifikace OPC UA. [14], [15]



Obrázek 5.3: OPC UA základní blokové schéma architektury [14]

5.2 OPC UA model/zásobník

5.2.1 Transportní vrstva

Transportní vrstva zabezpečuje samotné odesílání zpráv, tedy vytváří a obsluhuje komunikační protokol. Používá zabezpečovací a šifrovací mechanismy, které chrání odeslané zprávy proti přečtením či modifikováním třetí stranou. Během navazování spojení je transportní vrstva vytvořena okamžitě po připojení. Transportní vrstva podporuje tyto protokoly HTTP/SOAP, HTTPS a TCP/IP. [14], [15], [17]

5.2.2 Komunikační vrstva

Komunikační vrstva představuje zabezpečený kanál (Secured Channel) mezi OPC UA serverem a OPC UA klientem, který musí být vytvořen ihned po navázání komunikace. Metoda vytvoření kanálu závisí na použitém komunikačním protokolu. Komunikace mezi OPC UA serverem a OPC UA klientem probíhá na tomto vytvořeném komunikačním kanále, který zajišťuje bezpečnost z pohledu důvěrnosti, celistvost komunikace a také identifikuje aplikaci.

Pokud chceme vytvořit více připojení, je nutné použít více kanálů, na každém kanále je možné identifikovat jeho identifikátor (Secured Channel ID) a jeho bezpečnostní známku (Security Token), pomocí bezpečnostní známky se dále kanál prokazuje. Ačkoliv identifikátor kanálu je trvalý, bezpečnostní známka je pouze dočasná a je třeba ji pravidelně obměňovat. Po vypršení platnosti poslední bezpečnostní známky se ukončí spojení. [14], [15], [17]

■ 5.2.3 Aplikační vrstva

Aplikační vrstvu reprezentuje relace (Session), uvnitř které probíhá veškeré volání a zpracování služeb. Relace je využívána k vnitřní identifikaci komunikace a také může poskytovat autorizaci. [14], [15]

Během vytváření relace předá klient serveru přihlašovací údaje a server po ověření označí klienta jako specifického uživatele, který může mít práva na provedení určitých akcí jako např. zápis do proměnné nebo omezený přístup do masek ve vizualizaci. Specifikace OPC UA nenavrhuje, v jaké formě mají existovat uživatelé, navrhuje pouze jak předat přihlašovací údaje. Důležité je si uvědomit, že každý zabezpečený kanál může mít pouze jednu relaci, nicméně je možné relaci aktivovat v jiném kanále, a tím se naváže relace na nový kanál. Toto je možné pouze, pokud se jedná o stejného klienta. Relace takto není ovlivněna při poruše zabezpečeného kanálu, stačí vytvořit nový kanál a relaci znovu aktivovat. [15]

Relaci po vytvoření je nutné ještě aktivovat. Aktivací se naváže aktivní zabezpečený kanál s relací. [14], [15]

Relace se uzavře po předem stanovené době nečinnosti, tedy je nutné, aby klient pravidelně posílal dotazy, které udrží relaci aktivní. [15]

■ 5.3 Adresní prostor a uzly

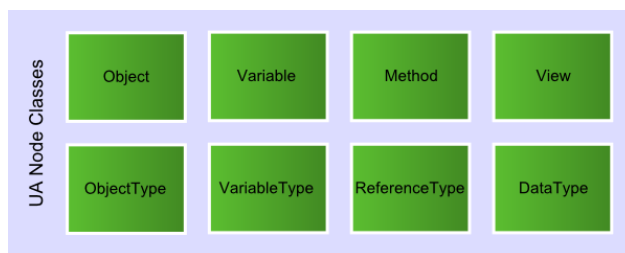
Adresní prostor (Address Space) je tvořen sdílenými daty a je vytvářen z jednoduchých objektů, uzlů, jež jsou mezi sebou provázány. Tyto vazby mezi uzly se nazývají reference. Pomocí referencí mezi uzly lze vytvořit složitější objekty. [14], [15], [17]

Tedy uzly jsou základní jednotkou sdílených dat. Každý uzel má svůj identifikátor (Node Id). Tento identifikátor se skládá z jmenného prostoru (Name Space) a unikátní části, která může být číselná, textová nebo může být využito GUID (Global Unique Identifier). Jmenný uzel (URI) označuje kontext uzlu. Jakmile je použit stejný identifikátor spolu se stejným jmenným prostorem na jiném serveru, jedná se o tentýž uzel. Další parametry uzlu jsou zobrazované jméno (Display Name) a prohledávané jméno (Browse Name). Zobrazované jméno nemá další význam, naopak pomocí prohledávaného jména lze vyhledat uzly z výchozího uzlu pomocí referencí. Prohledávané jméno nemusí být unikátní, může vyjadřovat vlastnost a umístění uzlu. [14], [15]

OPC UA definuje svůj vlastní všeobecně známý jmenný prostor, který již obsahuje předdefinované uzly potřebné k provozu serveru. Uzly se v adresním prostoru dělí na 8 základních tříd (Node Classes). Třídy uzlů jsou dále popsány v sekci 5.4. [14]

5.4 Atributy a třídy uzlů

Pro každou třídu uzlů jsou jiné atributy pro každý uzel. Mezi atributy patří například identifikátor uzlu, prohledávané jméno, právo k zápisu, hodnota nebo třída uzlu. Jak bylo zmíněno v sekci 5.3, uzly se rozdělují do 8 základních tříd.



Obrázek 5.4: OPC UA třídy uzlů [18]

- **Proměnné (Variables)** - Třída uzlů Proměnná se používá k reprezentaci obsahu objektu. Proměnné poskytují reálná data, a proto je počet atributů vyšší. Pro tuto třídu jsou typické atributy jako hodnota nebo datový typ.
- **Typy proměnných (Variable types)** - Třída uzlu Typ proměnných představuje typ uzlu pro proměnné v adresovém prostoru serveru. Obvykle se používají k definování vlastností, které jsou dostupné pro instanci proměnné.
- **Objekty (Objects)** - Třída uzlů Objekt se používá k reprezentaci systémů, systémových komponent, objektů reálného světa a softwarových objektů.
- **Typy objektů (Object Types)** - Třída uzlů Typy objektů představuje typ uzlu pro objekty v adresovém prostoru serveru. Tato třída je podobná třídám v objektově orientovaných jazycích.
- **Typy referencí (Reference Type)** - Třída uzlů Typy referencí slouží k reprezentaci typu referencí používaných serverem.
- **Typy dat (Data Type)** - Všechny datové typy jsou v adresovém prostoru reprezentovány jako uzly datového typu třída uzlů (Node Class).
- **Metody (Method)** - Třída uzlů Metody se používá k reprezentaci metody v adresním prostoru serveru.

- **Pohledy (View)** - Pohled se používá k omezení počtu viditelných uzlů a referencí ve velkém adresním prostoru. Pomocí pohledů mohou servery organizovat svůj adresní prostor a poskytovat na něj pohledy přizpůsobené konkrétním úlohám nebo případům použití.

Stavbou by měli objekty a proměnné odpovídat svému typu, toto je nutnost vyplývající z potřeb objektového programování, kdy by objekty a proměnné měly být instancí svých typů. [14], [15], [19]

5.5 Služby

Komunikace mezi klientem a serverem probíhá výhradně pomocí volání a zpracování služeb. Tyto služby se organizují dle své činnosti do služebních sad (Service Set), jejichž jedinou činností je ovládání jednotlivých částí funkcí serveru. Jak dotazy i funkce mají své společné hlavičky, kde si klient může například nastavit požadované informace, které mu má server vrátit. [14], [15]

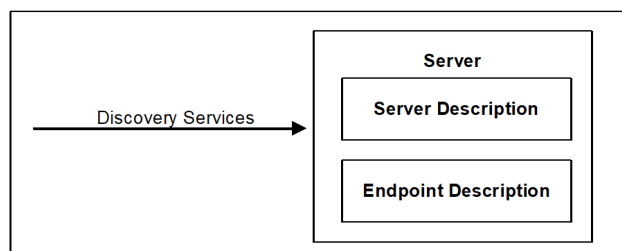
Server do svých odpovědí nastavuje stavový kód vykonání požadavku, který oznamuje, jestli se serveru podařilo vykonat službu. Tyto stavové kódy jsou definované protokolem a jsou děleny na:

- **Dobré** - Správně provedená služba
- **Nejisté** - Stav služby je nejistý, důvod není znám
- **Špatné** - Selhání volání služby

Chyby se nemusí týkat jenom služeb, mohou se taktéž týkat i přístupových práv, stavu cíle či stavu serveru. [14], [15], [20]

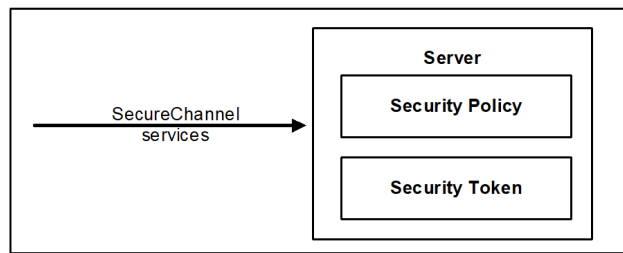
Základní služby protokolu OPC UA:

- **Průzkumné služby (Discovery)** definují služby, které klientovi umožňují zjišťovat koncové body implementované serverem a číst konfiguraci zabezpečení pro každý z těchto koncových bodů. [14], [15], [21]



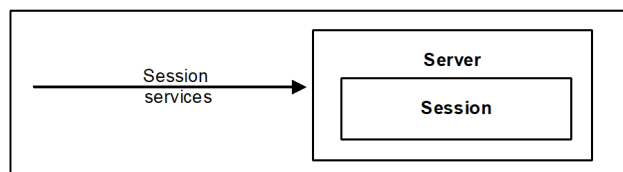
Obrázek 5.5: Znázornění průzkumné služby [21]

- **Zabezpečený kanál (Secured Channel)** definuje služby, které klientovi umožňují vytvořit komunikační kanál pro zajištění důvěrnosti a integrity zpráv vyměňovaných se serverem. [14], [15], [21]



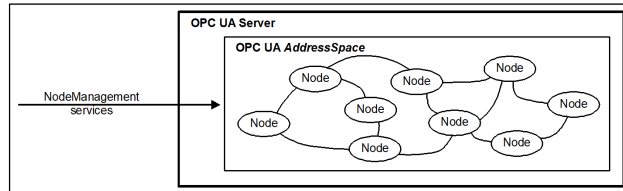
Obrázek 5.6: Znáznornění služby zabezpečený kanál [21]

- **Relace (Session)** definuje služby, které klientovi umožňují ověřit uživatele, jehož jménem jedná, a spravovat relace. [14], [15], [21]



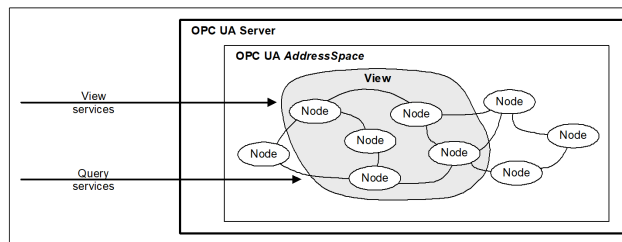
Obrázek 5.7: Znáznornění služby relace [21]

- **Správa uzlů (Node Management)** definuje služby, které klientovi umožňují přidávat, upravovat a odstraňovat uzly v adresním prostoru. [14], [15], [21]



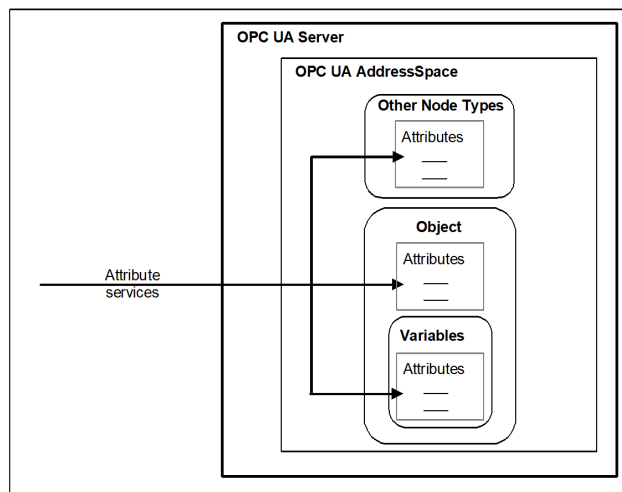
Obrázek 5.8: Znáznornění služby správa uzlů [21]

- **Procházení (Browse)** definuje služby, které prochází a načítají adresní prostor serveru. Lze nastavit směr prohledávání referencí a která data má služba vrátit.
- **Pohled (View)** definuje služby, které klientům umožňují procházet adresním prostorem nebo jeho podmnožinami nazývanými Zobrazení. Sada služeb dotazování umožňuje klientům získat podmnožinu dat z prostoru AddressSpace nebo zobrazení. [14], [15], [21]



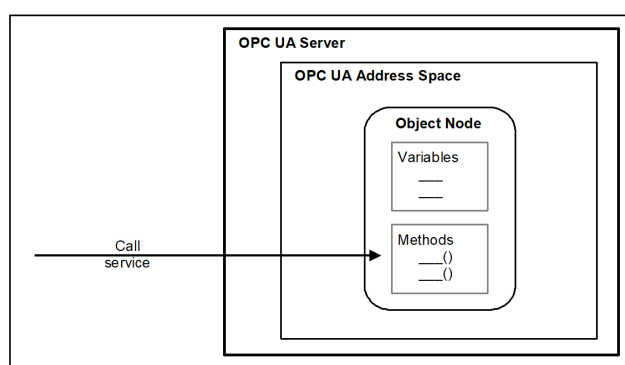
Obrázek 5.9: Znázornění služby pohled [21]

- **Dotazování (Query)** definuje služby, pomocí kterých se může klient dotazovat na data, která splňují parametry specifikované v dotazu. Při dotazování nad pohledem server vrací pouze data obsažená v daném pohledu. [14], [15]
- **Atributy (Attribute)** definují služby, které klientům umožňují číst a zapisovat atributy uzlů, včetně jejich historických hodnot. Protože hodnota proměnné je modelována jako atribut, umožňují tyto služby klientům číst a zapisovat hodnoty proměnných. [14], [15], [21]



Obrázek 5.10: Znázornění služby atributy [21]

- **Metody (Method)** definují služby, které umožňují klientům volat metody. Metody se po zavolání spustí až do konce. Mohou být volány se vstupními parametry specifickými pro metodu a mohou vracet výstupní parametry specifické pro metodu. [14], [15], [21]



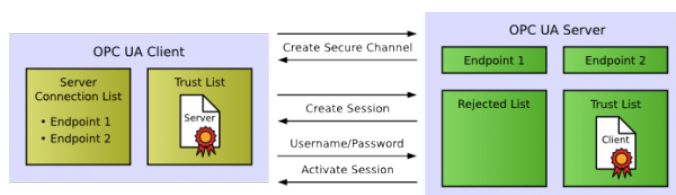
Obrázek 5.11: Znázornění služby metody [21]

- **Monitorování (Monitor)** definuje služby, které jsou určeny k vytvoření, úpravě a mazání monitorovaných položek, nastavení monitorování a vytváření spouštěcích událostí. Hodnota monitorovaného uzlu je cyklicky snímána monitorovanou položkou, která dále předává hodnoty do fronty odběru. [14], [15]
- **Odběr (Subscription)** definuje služby, které vytváří, upravují a mažou odběry. Účelem těchto služeb je předávání informací o změnách stavu monitorovaného uzlu klientovi. Odběr obsahuje frontu, do které jsou předávána data. Při zavolání publikující služby, jsou data z fronty odeslána klientovi. Důležité je, že mezi publikováním musí uběhnout předem definovaný časový interval. [15]

5.6 Zabezpečení komunikace

Možnost zabezpečené komunikace je v dnešní době nutností, kterou se nevyplácí podceňovat. O tom, že není dobré podceňovat zabezpečení se již přesvědčili některé mocnosti, kterým cizí tajné služby byly schopné poškodit nebo zničit cenná zařízení a zpozdily či dokonce úplně zastavily celý jejich nákladný výzkumný program. Proto je nutné trvat na kvalitním a komplexním zabezpečení. Bohužel nejslabším článkem v tomto řetězu je samotný personál, který lze pouze vzdělávat, popřípadě pomocí penetračních testů testovat.

Protokol OPC UA je navržen tak, aby odolával moderním hrozbám napadení. Protokol poskytuje jak vnější, tak vnitřní zabezpečení. Do kategorie vnějšího zabezpečení můžeme za-



Obrázek 5.12: OPC UA schéma zabezpečené komunikace [14]

členit šifrování a podepisování zpráv, popřípadě využití zabezpečeného kanálu.

Nebo lze využít i smíšenou verzi, která posílá data v binární podobě, což je efektivní řešení, které umožňuje lepší prostup skrz firewally v problematických nasazeních. V kategorii vnitřního zabezpečení můžeme najít například zavírání nevyužívaných spojení nebo tzv. auditing, což je zaznamenávání aktivity na serveru. [14], [15], [22]

Každý účastník komunikace, ať už je to server nebo klient, musí mít vlastní certifikát, jež jednoznačně identifikuje aplikaci a zařízení, na kterém tato aplikace běží. V protokolu OPC UA jsou definovány tyto čtyři úrovně zabezpečení.

- **Bez autentifikace** - Klient a server umožňují komukoliv komunikovat, tedy všechny certifikáty jsou platné a považované za důvěryhodné. Na této úrovni není vyžadováno cokoli nastavovat jak na straně klienta nebo na straně serveru. [14], [15], [22]
- **Serverová autentifikace** - Tento způsob autentifikace umožňuje připojení libovolnému klientovi. Pokud je nutné ověření klienta, je pro ověření klienta použito uživatelské jméno a heslo. Každý z klientů musí důvěřovat serverovému certifikátu. Toto nastavuje administrátor na straně klienta. Pokud serverový certifikát není na seznamu certifikátů, je nutné porovnat DNS jméno na serverovém certifikátu s DNS jménem zařízení, ke kterému se připojuje. [14], [15], [22]
- **Klientská autentifikace** - Klient se může připojit k libovolnému serveru, nicméně server umožní připojit se pouze důvěryhodným klientům. Nastavení důvěryhodných klientů provede administrátor na serveru, kdy do seznamu důvěryhodných certifikátů vloží certifikát klienta. Toto se používá u služeb, které vyžadují přístup pouze důvěryhodným klientům, avšak není kladen nárok na legitimitu serveru. [14], [15], [22]
- **Oboustranná autentifikace** - Toto je způsob s nejvyšší úrovní zabezpečení, kdy klient a server umožní připojení pouze důvěryhodným partnerům. [14], [15], [22]



Část II

Praktická část

Kapitola 6

Řídicí systém

6.1 Řídicí hardware Simatic S7-1200

Dodávanou součástí didaktického setu TP 260 od společnosti Festo je i logický automat Simatic S7-1200 od společnosti Siemens.

Logické automaty typu Simatic S7-1200 jsou vhodné pro automatizační úlohy malého až středního výkonu. Tento automat disponuje integrovaným rozhraním PROFINET, které zajišťuje dokonalou souhru s dalšími prvky, jako jsou například operátorské panely. Velice zajímavou funkcí, kterou využije leckterý uživatel, je možnost ochrany před neautorizovanou modifikací programu či procesních hodnot.



Obrázek 6.1: Siemens SIMATIC S7-1200 [23]

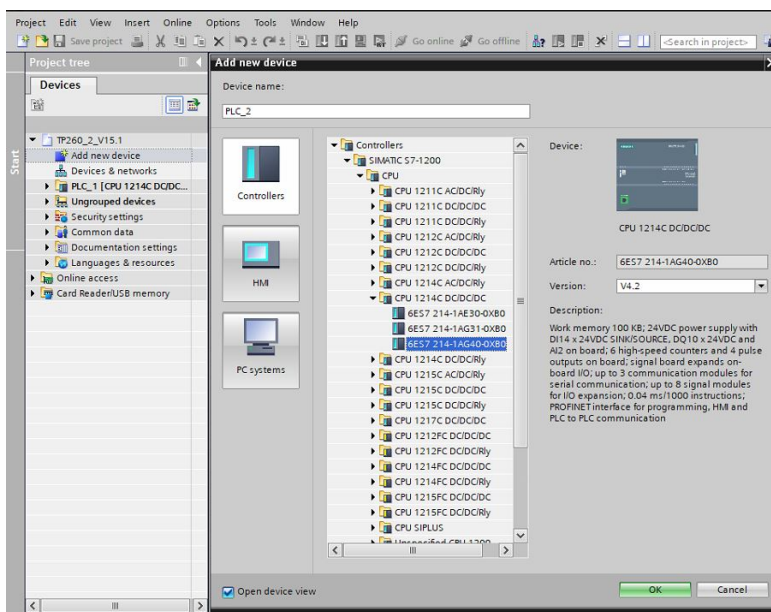
Technická specifikace zapůjčeného modelu Simatic S7-1200

CPU	1214C
Verze firmwaru	4.2
Počet digitálních vstupů	14
Počet digitálních výstupů	10
Rozhraní	PROFINET
Počet portů RJ45	1
Podporované protokoly	TCP/IP, ISO-on-TCP, USS drive protocol, Modbus Master/Slave
Vstupní napájení	DC 20.4 - 28.8 V
Stupeň krytí	IP20
Rozšiřující modul	SM1234
Počet analogových vstupů modulu	4
Počet analogových výstupů modulu	2

Tabulka 6.1: Tabulka parametrů PLC Simatic S7-1200 [23]

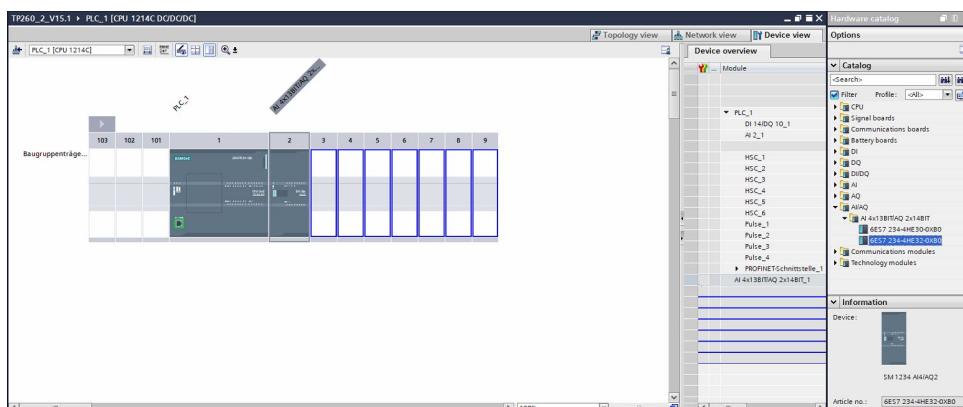
6.1.1 Konfigurace PLC v prostředí TIA Portal

Po vytvoření nového projektu v prostředí TIA Portal lze vybrat zařízení z katalogu firmy Siemens. Postup přidání nového zařízení je zobrazen na obrázku č.6.2.



Obrázek 6.2: TIA Portal přidání nového zařízení

Přidání rozšiřujícího modulu probíhá obdobně. V záložce *Device configuration* po zvolení záložky *Hardware catalog* se zobrazí katalog, ve kterém je již snadné dohledat příslušný rozšiřující modul. Postup přidání rozšiřujícího modulu je zobrazen na obrázku č.6.3.



Obrázek 6.3: TIA Portal přidání rozšiřujícího modulu ke konfiguraci

6.1.2 Konfigurace vstupů a výstupů

Adresace vstupů a výstupů lze najít v záložce *PLC tags*, kde lze vytvořit novou tabulku proměnných.

6.1.3 Přenášené proměnné pomocí OPC serveru

Popis	Označení v programu
Vstupy	
Start	M28.0
Stop	M28.1
Nouzový stop	M28.2
Manuální mód	M28.5
Automatický mód	M28.4
Průběžný automatický režim	M28.7
Režim jednoho ražení	M28.6
Seřizovací režim	M29.0
Vysunout pneumatický motor (Manuální režim)	M29.1
Zasunout pneumatický motor (Manuální režim)	M29.2
Výstupy	
Poloha pneumatického motoru : vysunuto	I0.3
Poloha pneumatického motoru : zasunuto	I0.2
Detekce nouzového stopu	M29.3
Analogové vstupy	
Materiál	MW26
Analogové výstupy	
Průtok	IW96
Tlak	IW98

Tabulka 6.2: Tabulka přenášených proměnných

■ 6.2 Řídicí software

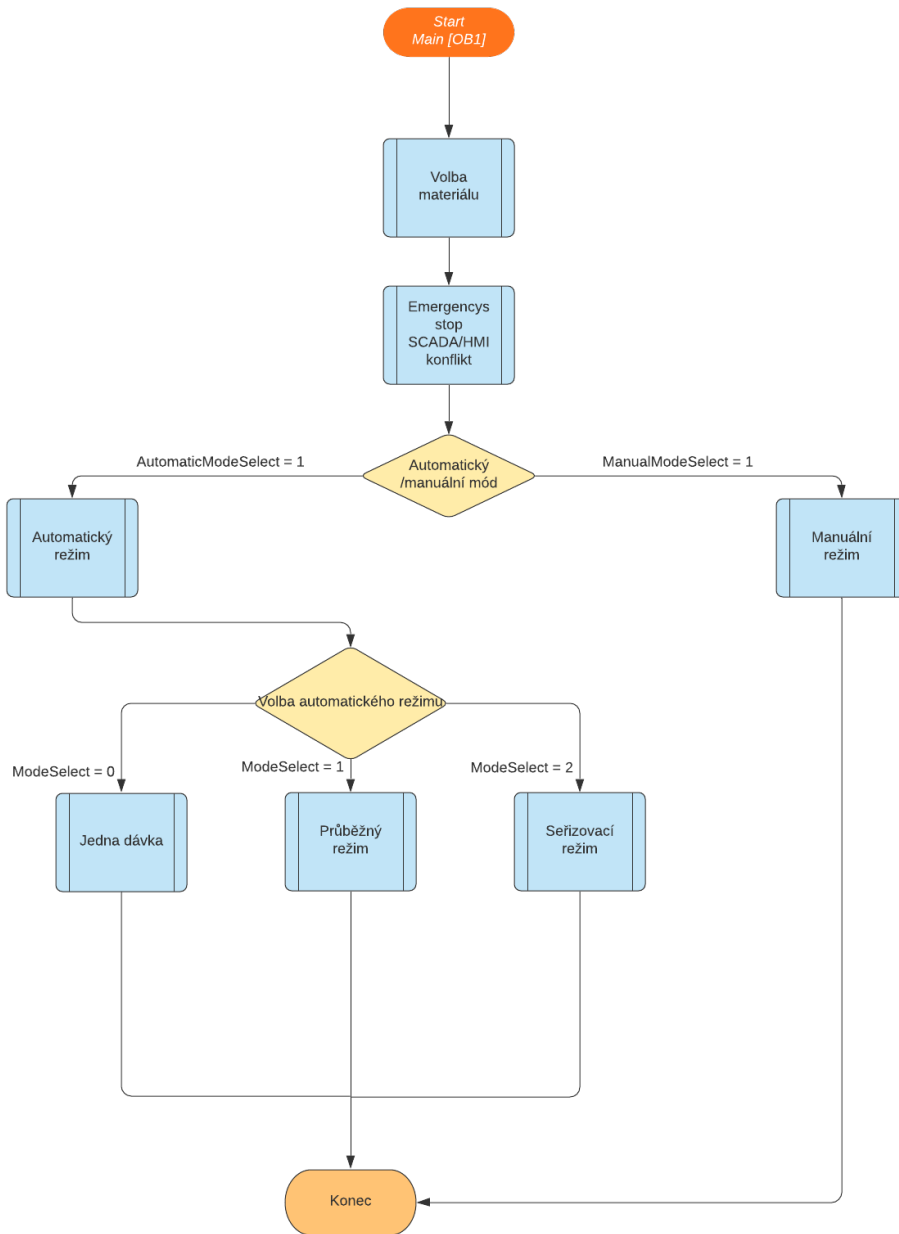
■ 6.2.1 TIA Portal

Jedná se o software od firmy Siemens určený k programování, konfigurování a diagnostice řídicích systémů. Velkou devizou tohoto softwaru je možnost vytvářet jak samotné řídicí aplikace, tak i vizualizace nejen pro HMI ale i pro SCADA. TIA Portal využívá všechny jazyky dle standardu IEC 61131-3. Programy se v tomto programu dělí do bloků, které jsou rozděleny dle jejich funkcí. [24]

- **Organizační blok - OB** - Jedná se o základní blok programu, jenž se vytváří automaticky s názvem Main. Organizační bloky jsou volány cyklicky. Organizačních bloků je několik druhů, níže jsou vypsány základní organizační bloky.
 - **OB Startup** - Tento organizační blok je volán pouze jednou po spuštění PLC.
 - **Cyclic program OB** - Tento organizační blok je volán cyklicky pro vykonání a vykonává program.
- **Datový blok - DB** - Datové bloky slouží k uložení dat programu, obsahují hodnoty proměnných, jenž jsou využity v programu.
- **Funkční blok - FB** - Funkční bloky jsou podprogramy, jenž jsou vykonány pouze při volání. Každému funkčnímu bloku je při volání přidělen deklarovaný datový blok, který obsahuje data a parametry funkčního bloku.
- **Funkce - FC** - Funkce obsahují program, jsou volány z jiných bloků a mohou být volány vícekrát z různých částí programu. K funkcím se na rozdíl od funkčních bloků neváže žádná paměť, tedy po vykonání funkce jsou data ztracena.

■ 6.2.2 Program PLC

Zobrazený diagram na obrázku č. 6.4 zjednodušeně popisuje hlavní cyklicky opakovaný program.



Obrázek 6.4: Vývojový diagram inovovaného hlavního cyklu

Ideální průběh vypadá následovně. Po zapnutí stroje automat cyklicky kontroluje vstupní hodnotu do funkčního bloku kontrolujícího nastavení materiálu. V další části probíhá vyhodnocování nouzového stopu, kdy je vyhodnocován vstup od reálného tlačítka u stroje a vstup z vizualizace. Pokud je zmáčknuto alespoň jedno z tlačítek, výstupem z funkčního bloku je proměnná, která okamžitě zastaví stroj nezávisle na zvoleném módu nebo režimu, ve kterém se právě nachází. Pokud však k tomuto nedojde, přichází rozhodovací část, ve které je volen režim stroje a to tedy automatický nebo manuální režim.

Volba režimu je ve vizualizaci řešena pomocí radiových tlačítek, tedy není možné, že nastane situace, kdy je spuštěn automatický a manuální režim současně. Při zvolení manuálního módu je ovládání stroje jednoduché a velice intuitivní. Veškeré prvky nesouvisící s ovládáním v manuálním módu zmizí a zůstávají pouze nezbytné prvky. Nezbytné prvky jsou radiová tlačítka ovládající rozvaděč, který svým přestavením mění polohu pístu. Při zvolení automatického režimu, je třeba ještě zvolit mód automatického režimu. Na výběr jsou celkem tři.

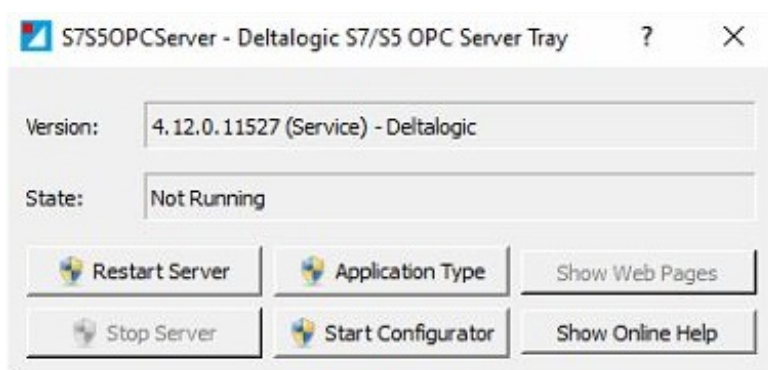
- Kontinuální mód
- Mód jedné dávky
- Seřizovací mód

Přepínání mezi režimy probíhá u všech módů stejně. Při změně módu dojde ke změně až tehdy, kdy je pneumatický motor ve své počáteční pozici. Odstartování všech režimů je též shodné, provádí se tlačítkem *Start*. Po zmáčknutí nouzového stopu dojde k okamžitému zastavení stroje, to však neplatí pro tlačítko *stop*, které zastaví stroj v poloze zasunuto.

Kapitola 7

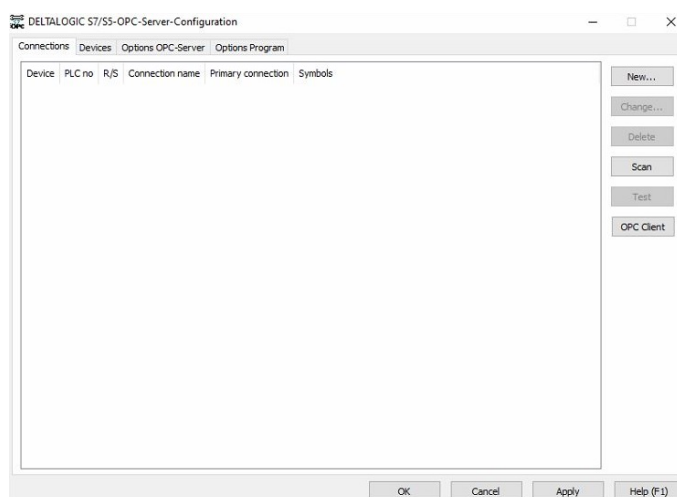
OPC server

7.1 Nastavení DeltaLogic OPC serveru



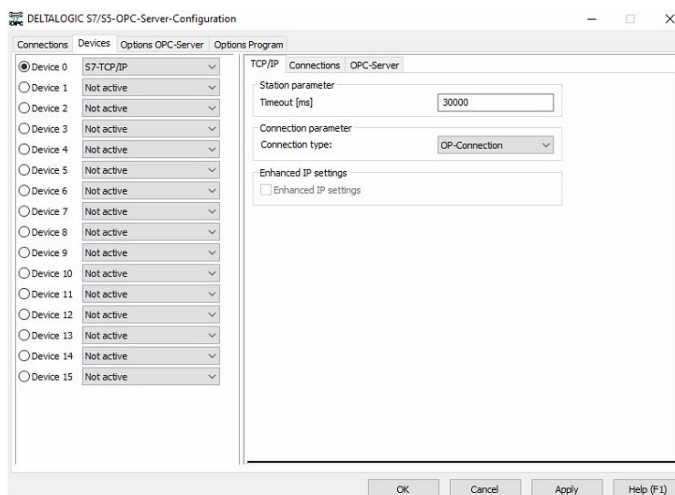
Obrázek 7.1: Deltalogic S7/5 OPC server Tray

Konfiguraci OPC serveru lze nastavit po spuštění *OPC Tray*, kde po zvolení možnosti *Start Configuration* se otevře dialogové okno konfigurace serveru.



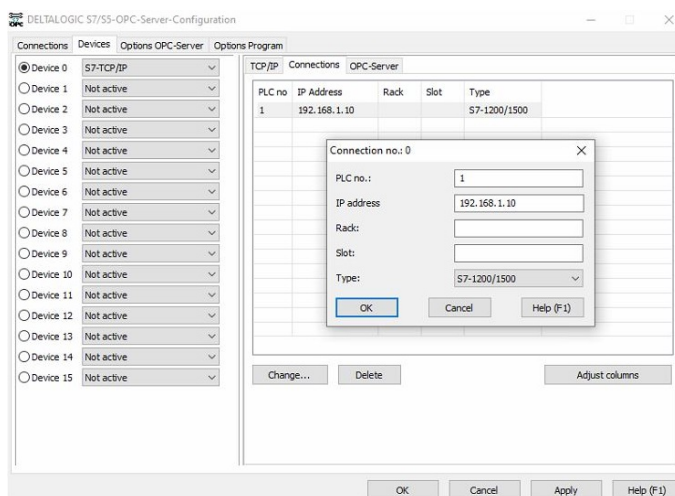
Obrázek 7.2: Deltalogic S7/5 OPC server konfigurační okno

Po změně záložky *Connections* na záložku *Devices*, zvolíme první volné zařízení, tedy *Device 0* a zvolíme *S7-TCP/IP*.
Ve vedlejší nabídce v záložce *TCP/IP* nastavíme *Connection parameter* jako *OP-Connection*.



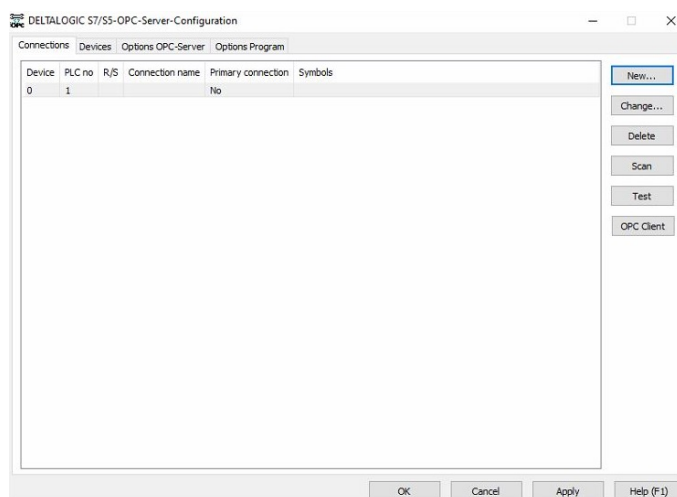
Obrázek 7.3: Deltalogic S7/5 OPC server nastavení zařízení

V druhé záložce *Connections* vyplníme parametry logického automatu, kterému přiřadíme číslo 1, jeho IP adresu a typ, viz obrázek č.7.4.



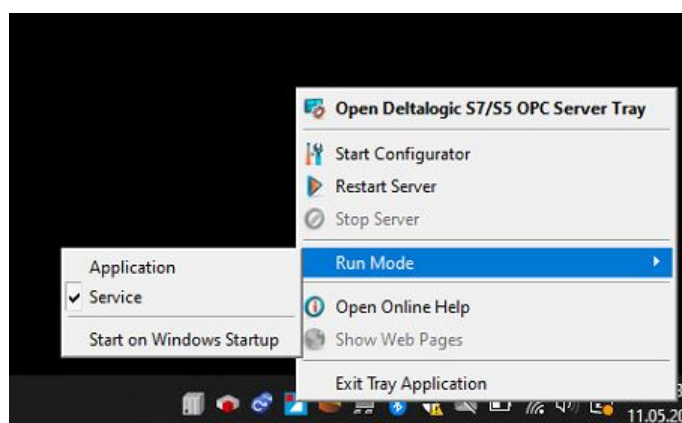
Obrázek 7.4: Deltalogic S7/5 OPC server nastavení připojení zařízení

V posledním kroku je nutné přidat připojení na záložce *Connection*, která je zobrazena na obrázku č.7.2.



Obrázek 7.5: Deltalogic S7/5 OPC server přidání připojení

Po přidání připojení je možné otestovat spojení s logickým automatem, a to pomocí tlačítka *Test*. Nyní stačí pouze zapnout OPC server a to tak, že se na hlavní liště Windows klikne pravým tlačítkem na logo *OPC Tray*, zobrazí se lišta, kde v nabídce *Run Mode* je třeba zvolit volbu *Application*.



Obrázek 7.6: Deltalogic S7/5 OPC server spuštění

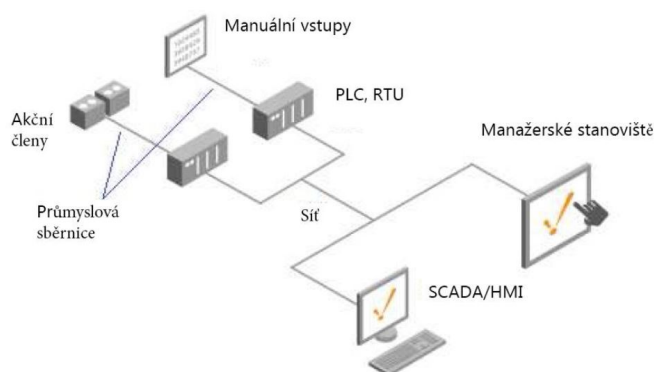
Kapitola 8

Vizualizace

8.1 SCADA systémy

SCADA tedy Supervisory Control and Data Acquisition bývá většinou volně překládáno do češtiny jako dispečerské řízení a sběr dat. Slouží jako náhrada dřívějších ovládacích panelů, které již v dnešní době SCADA systémy vytlačily téměř ze všech aplikací. Výhodou, kterou disponují SCADA systémy oproti ovládacím panelům, je vysoká míra flexibility a variabilita nastavení. SCADA systémy umožňují sbírání, vyhodnocování a zobrazení dat technického charakteru. Jak již volný překlad napovídá, jednou z hlavních rolí SCADA

systémů je sběr dat. Sběr dat začíná u samotných senzorů a snímačů, které zajišťují pro proces nezbytná data. Sensory umístěné přímo v bodě našeho zájmu, zasílají data do PLC či RTU, které dále předávají data samotnému SCADA systému. SCADA systémy bývají většinou rozděleny do několika dílčích celků. Každý z dílčích celků má své specifické úlohy a oprávnění. Nejčastějším rozdělením je na operátorské stanoviště a manažerské stanoviště. [25]

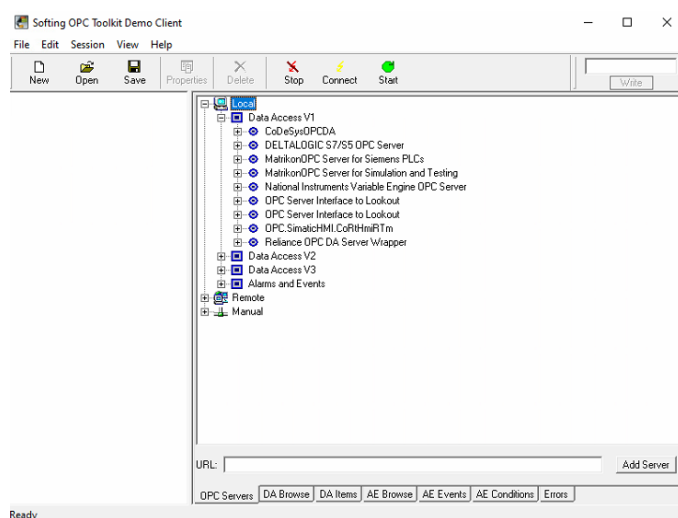


Obrázek 8.1: Nejčastější rozdělení SCADA systémů [25]

8.2 Komunikace mezi OPC serverem a SCADA systémem

8.2.1 Kontrola proměnných

Prvně než se vůbec spojíme SCADA systém s OPC serverem, je dobré zkontrolovat stav přenášených proměnných pomocí klienta. Na obrázku č. 8.2 je vidět výpis dostupných OPC serverů. Pro další postup jsem zvolil server DELTALOGIC S7/S5.

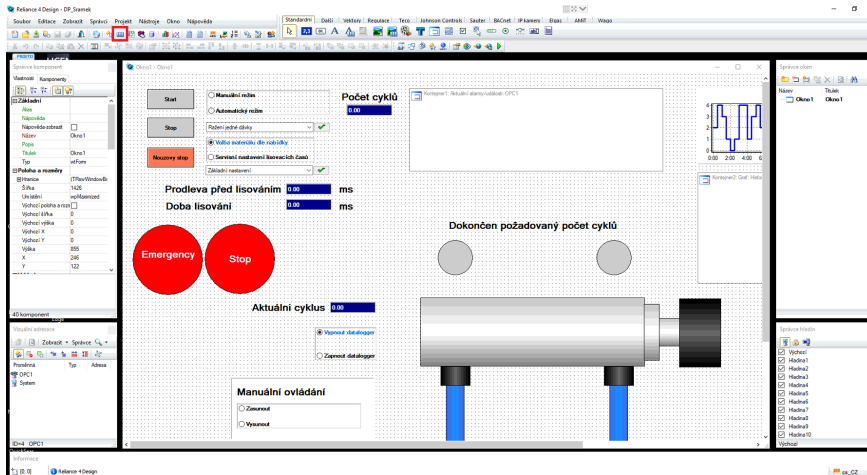


Obrázek 8.2: Výpis dostupných OPC serverů

Na obrázku č. 8.3 jsou znázorněny dostupné OPC proměnné. Bohužel tento výpis proměnných je poněkud nestandardní a měly by se zde zobrazit veškeré přenášené proměnné. K proměnných je nutné přistoupit pomocí zadání přesné adresy proměnné.

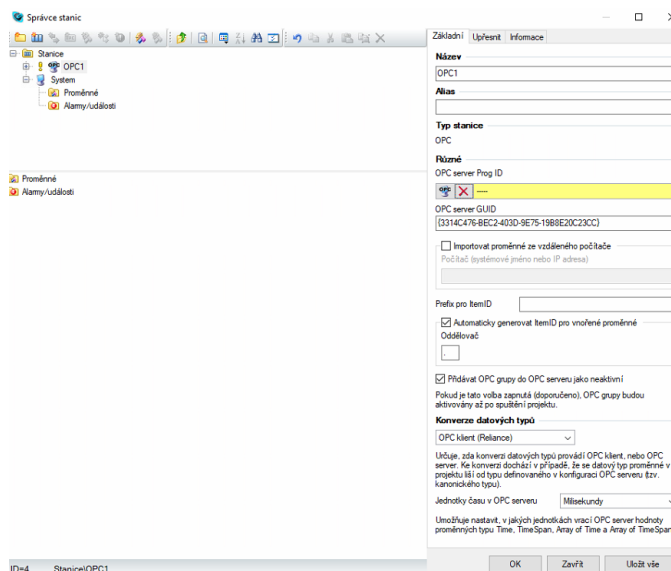
8.2.2 Nastavení spojení mezi OPC serverem a SCADA systémem - Řešení

Pro přidání OPC serveru je nutné otevřít *Správce stanic*. Na obrázku č. 8.5 je ikona zvýrazněna červeným čtvercem.



Obrázek 8.5: Prostředí programu Reliance 4 Design

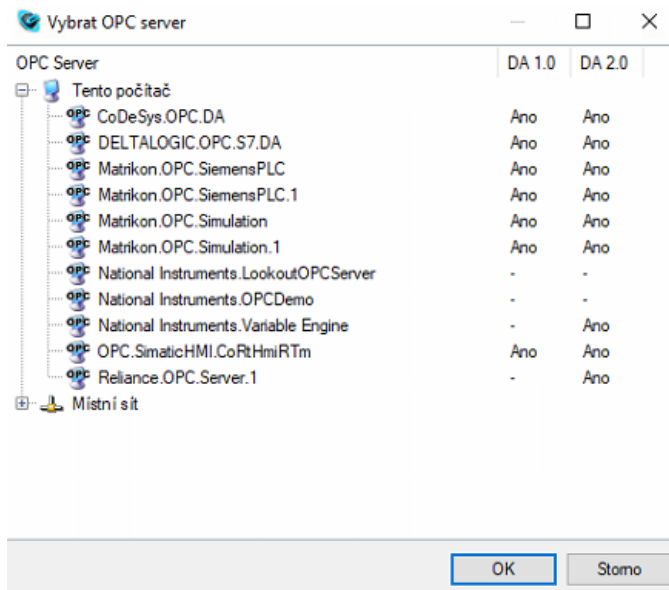
Po otevření okna *Správce stanic* je třeba vybrat druh spojení. To je v tomto případě OPC. Dále po kliknutí na ikonu OPC je třeba vybrat OPC server. Ten lze vybrat na záložce *Základní* v části *Různé*. Zde je třeba kliknout na ikonu monitoru s nápisem OPC.



Obrázek 8.6: Správce stanic

Po kliknutí na ikonu výběru OPC serveru se zobrazí dialogové okno s výpisem všech dostupných OPC serverů. Znovu volím jako v sekci výše

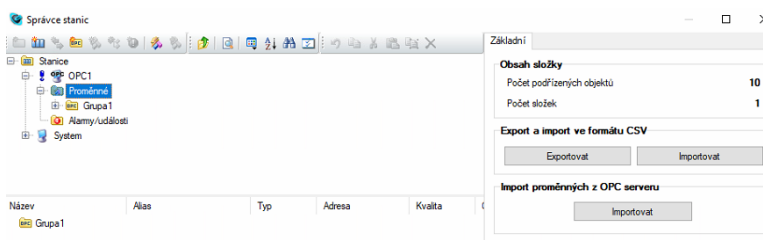
DELTALOGIC S7/S5.



Obrázek 8.7: Dialogové okno s výpisem dostupných OPC serverů

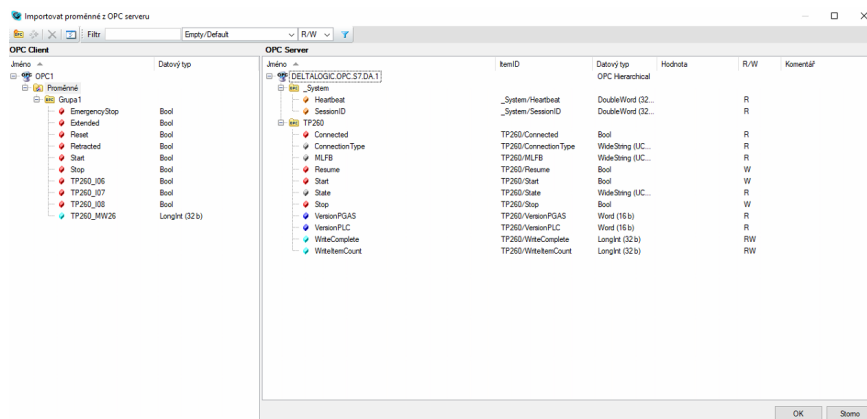
8.2.3 Import proměnných z OPC serveru do SCADA systému

Po úspěšném přidání OPC serveru zbývá pouze import proměnných z OPC serveru. Znovu je nutné otevřít *Správce stanic*, avšak nyní je třeba zvolit místo na *OPC1* na složku *Proměnné*. Po zvolení záložky *Proměnné* je třeba importovat proměnné z OPC serveru, to lze provést pomocí tlačítka *Importovat* v části *Import proměnných z OPC serveru*.



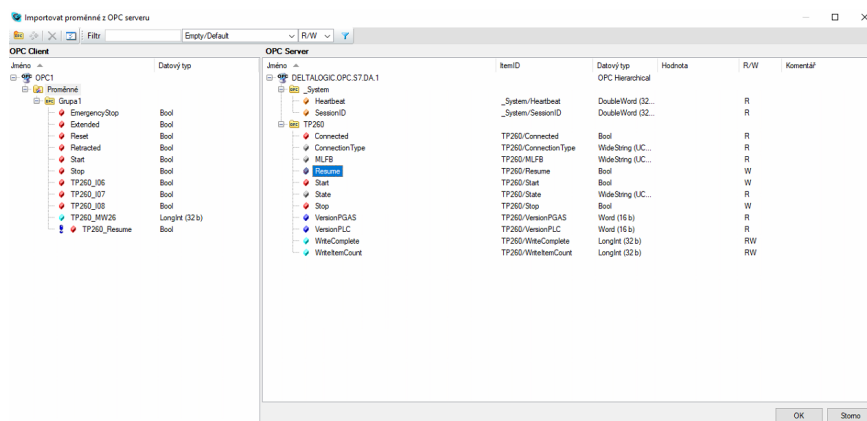
Obrázek 8.8: Import proměnných do SCADA systému

Po importování pomocí tlačítka *Importovat* se otevře nabídka s přenášenými proměnnými na OPC serveru. Bohužel proměnné z PLC zde nejsou vidět. Postup, jakým je zpřístupníme SCADA systému je obdobný jako v sekci Komunikace mezi OPC serverem a SCADA systémem.



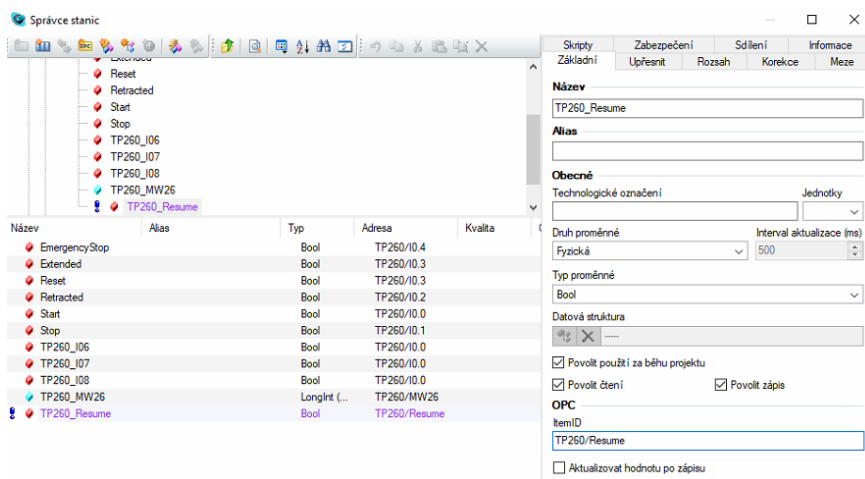
Obrázek 8.9: Dialogové okno s výpisem dostupných proměnných přenášených OPC serverem

Nyní stačí pouze přetáhnout libovolnou OPC proměnnou do tzv. OPC grupy. Úspěšné přetažení, je znázorněno na obrázku č. 8.10.

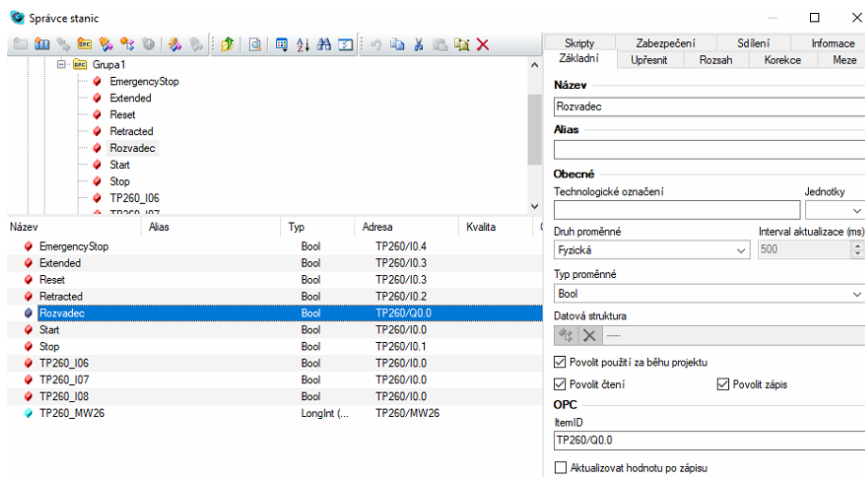


Obrázek 8.10: Dialogové okno po úspěšném přetažení proměnné do OPC grupy

Nyní je proměnná zpřístupněná SCADA systému. Bohužel se nejedná o proměnnou, kterou bychom chtěli importovat. Pro získání proměnné, kterou chceme sdílet se SCADA systémem, je třeba upravit *ItemID* proměnné. Ve *Správci stanic* je třeba rozbalit nabídku OPC grupy, kam jsme umístili proměnnou v předchozím kroku. Postup je názorně vidět na obrázcích č. 8.11 a č. 8.12.



Obrázek 8.11: Nastavení proměnné ve Správci stanic

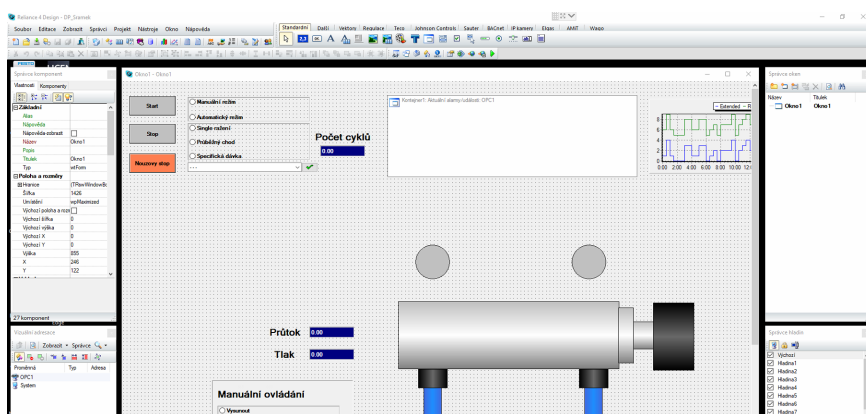


Obrázek 8.12: Upravená proměnná ve Správci stanic

8.3 Tvorba vizualizace v prostředí programu Reliance 4

8.3.1 Tvorba vizualizačního okna

Tvorba grafického rozhraní ve SCADA systému Reliance 4 Design je z velké většiny intuitivní.



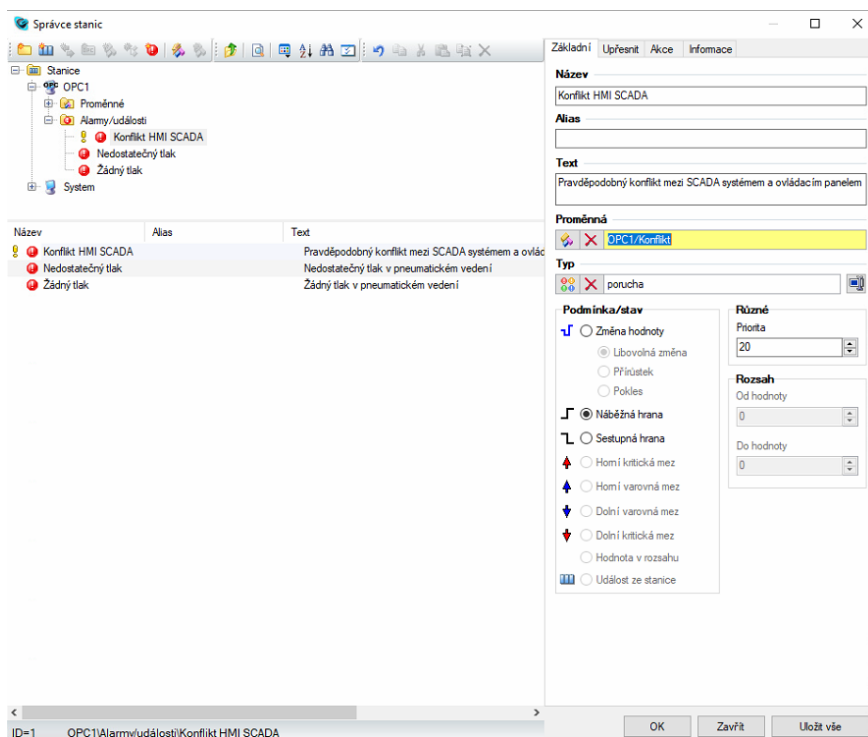
Obrázek 8.13: Prostředí SCADA systému Reliance

V tomto prostředí nás z počátku bude nejvíce zajímat horní lišta, která poskytuje množství nástrojů na tvorbu grafického rozhraní a okno pro tvorbu samotného rozhraní. Nejdůležitější funkce lze nalézt v horní liště. Některé z těchto funkcí budou popsány v následujících sekcích.

8.3.2 Tvorba alarmů

Tvorba alarmů je poměrně intuitivní. Po otevření *Správce stanic* je třeba přidat do složky *Alarmy/Události* nový alarm. Pokud však již máme předpřipravené alarmy, stačí je pouze importovat ze souboru CSV.

V nastavení nového alarmu zvolíme proměnnou, typ poruchy, vypíšeme zvolenou alarmovou hlášku, prioritu a zvolíme podmínku. Podmínky, které poskytuje systém vystihují téměř všechny možné případy.



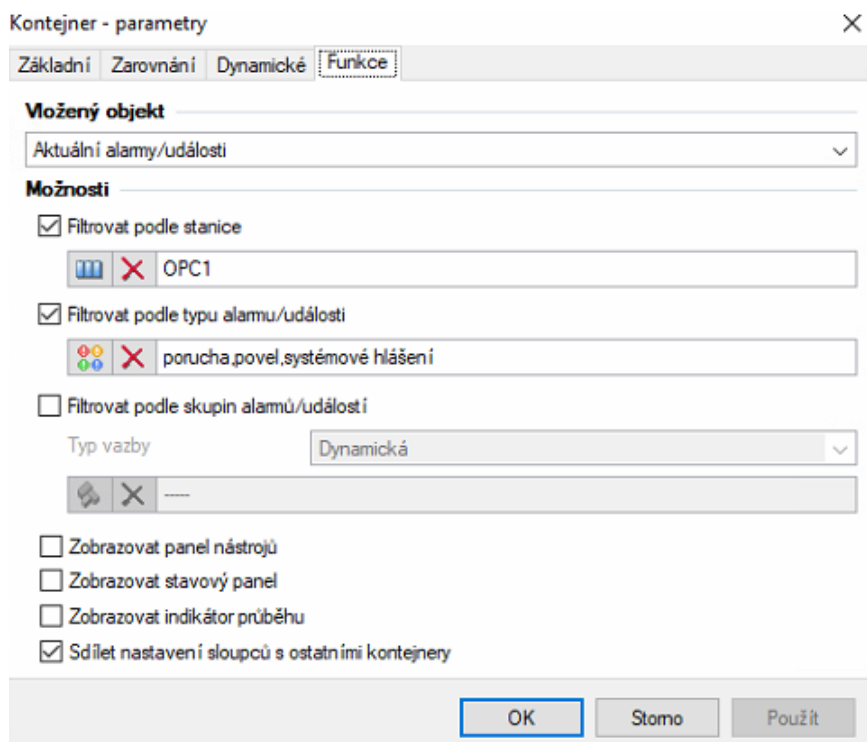
Obrázek 8.14: Nastavení nového alarmu ve Správci stanic

Pro zobrazení alarmových hlášek v grafickém, je třeba přidat prvek *Kontejner*. Prvek je zvýrazněn na obrázku č.8.15 červeným obdélníkem.



Obrázek 8.15: Přidání prvku Kontejner

Po přidání prvku je třeba svázat prvek s vytvořenými alarmy ve *Správci stanic* a přiřadit funkci prvku. Tedy užijeme dvojklik na prvek *Kontejner* a jeho vlastnostech mu přiřadíme vytvořené alarmy a funkci *Aktuální alarmy/události*.



Obrázek 8.16: Přiřazení vytvořených alarmů k prvku Kontejner

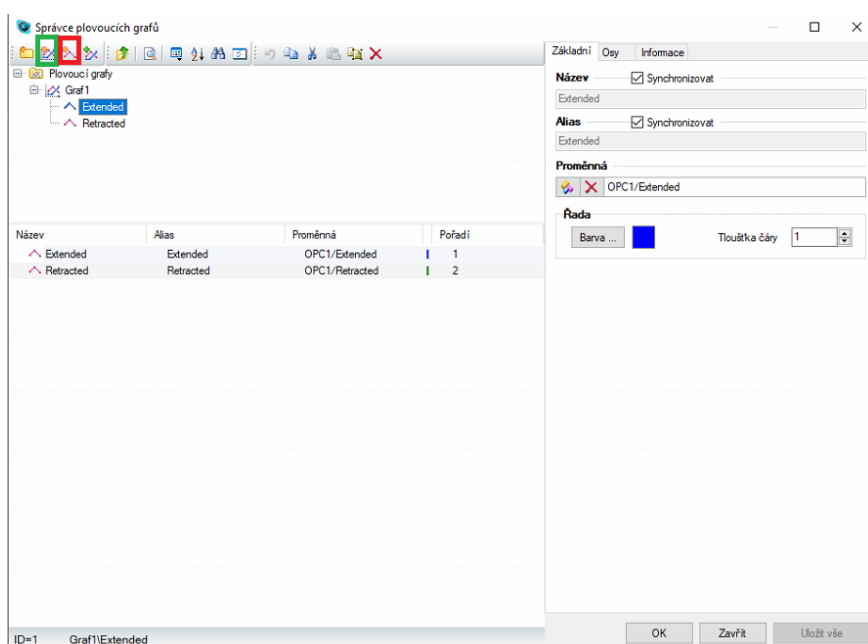
8.3.3 Tvorba plovoucích grafů

Nastavení grafů je obdobné jako v případě přidávání nových alarmů/událostí.



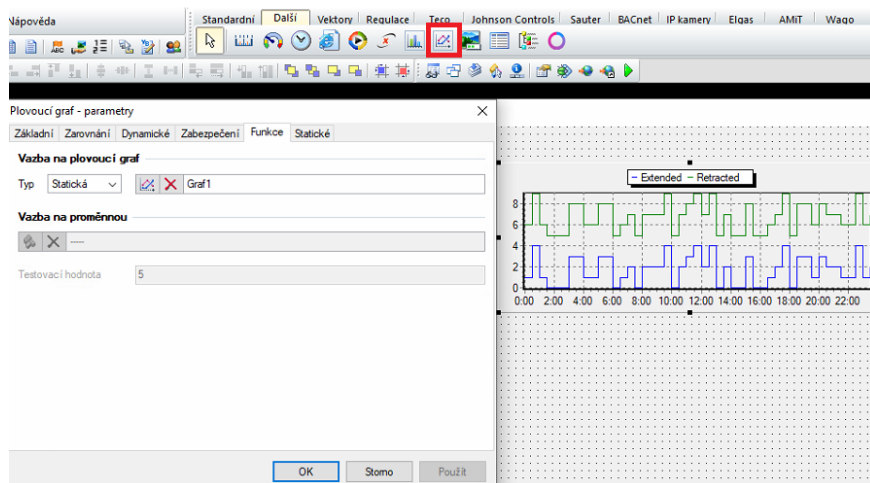
Obrázek 8.17: Umístění Správce plovoucích grafů

Po otevření *Správce plovoucích grafů* je třeba vytvořit graf a přiřadit mu *Novou řadu grafu*, dále pak je třeba doplnit sledovanou proměnnou.



Obrázek 8.18: Přidání nového grafu a jeho nastavení

Nyní již zbývá pouze přidat prvek plovoucího grafu a přiřadit mu nastavený graf výše. Prvek plovoucího grafu nalezneme v horní liště, jedná se o zvýrazněný prvek červeným čtvercem. Po přidání prvku, dvojklikem na prvek otevřeme nastavení jeho parametrů. V záložce *Funkce* vybereme typ *Statická* a přiřadíme před vytvořený graf.

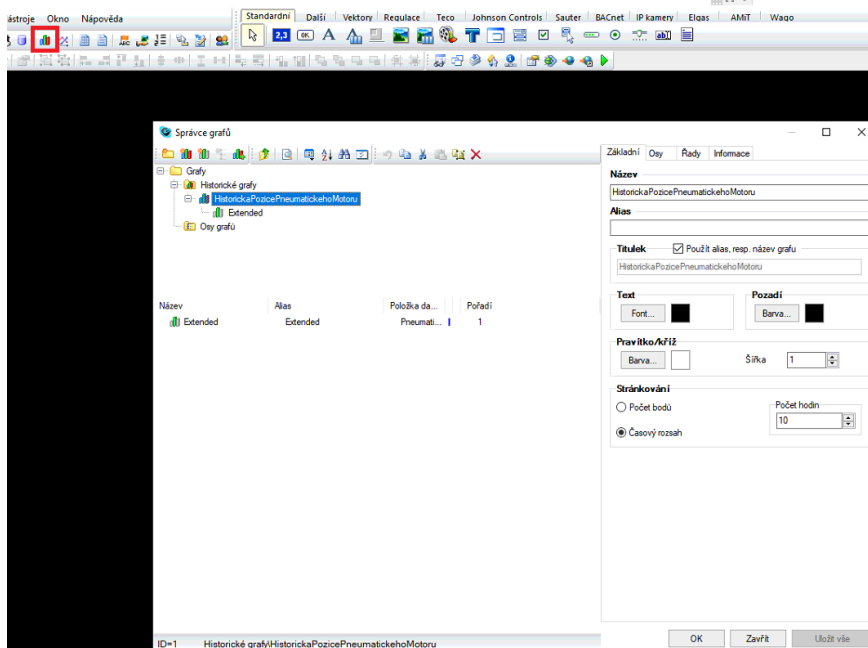


Obrázek 8.19: Přiřazení vytvořeného plovoucího grafu k prvku Kontejner

8.3.4 Tvorba historického grafu

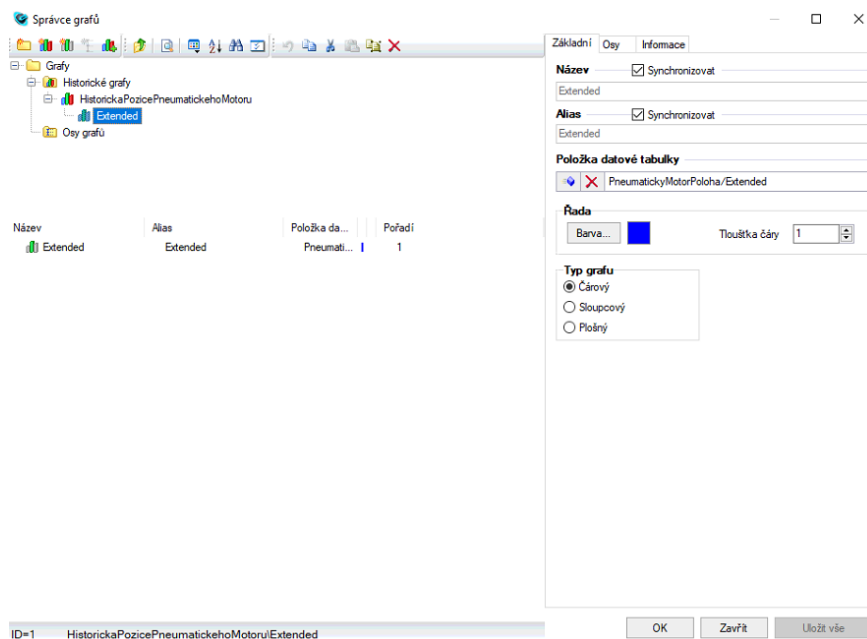
SCADA systém Reliance umožňuje nejen vytvoření grafů, které zobrazují aktuální hodnoty, ale lze vynesť do grafu i historická data. Tento typ grafů se

definuje ve *Správci grafů*, který se nachází vlevo od *Správce plovoucích grafů*. Pozice ikony je zvýrazněna na obrázku níže červeným čtvercem.



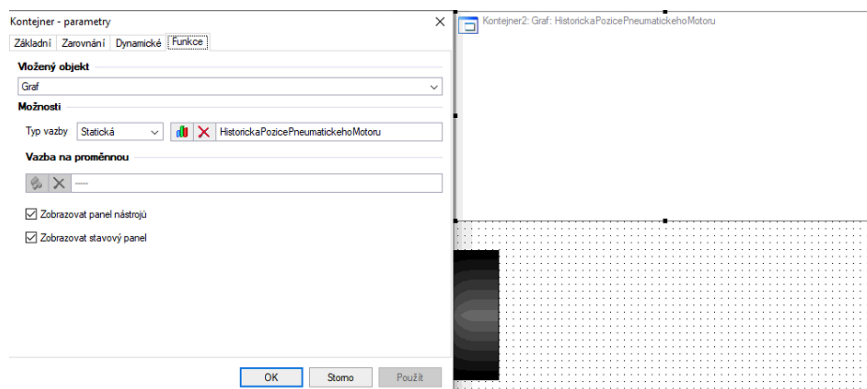
Obrázek 8.20: Umístění správce grafů spolu se základním nastavením historického grafu

Při vytváření historického grafu je nutné prvně vytvořit nový graf, dále tomuto nově vytvořenému grafu je nutné vytvořit novou řadu, které je nutné přiřadit řadu vytvořenou pro plovoucí graf. V tomto případě řady, které jsou vytvořeny na obrázku č. 8.18.



Obrázek 8.21: Nastavení historického grafu ve Správci grafů

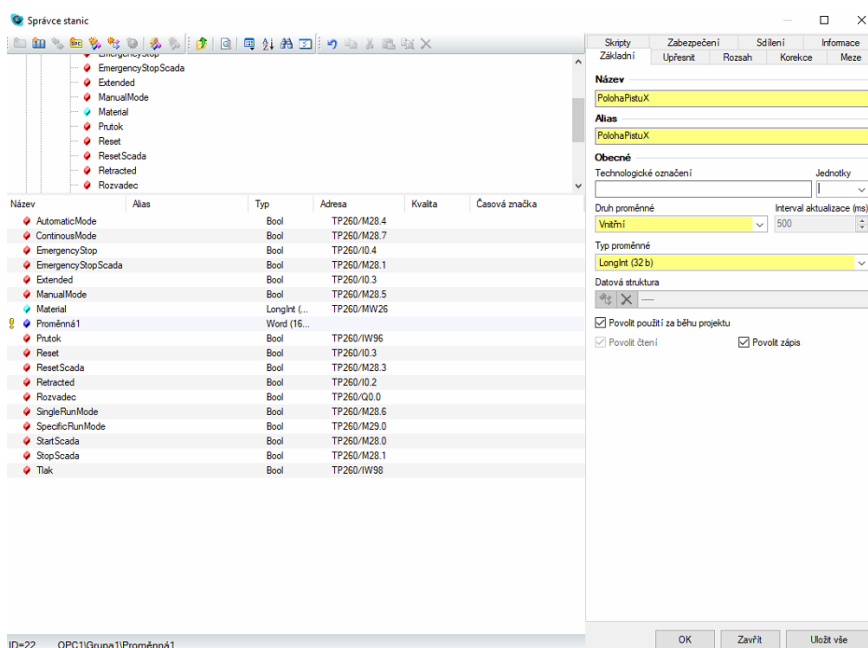
Prvek, který umožňuje zobrazit historický graf je prvek *Kontejner*, kterému změním atribut na *Graf*. Detailní nastavení historického grafu je zobrazeno na obrázku č. 8.22.



Obrázek 8.22: Nastavení prvku Kontejner pro zobrazení grafu

8.3.5 Implementace skriptů

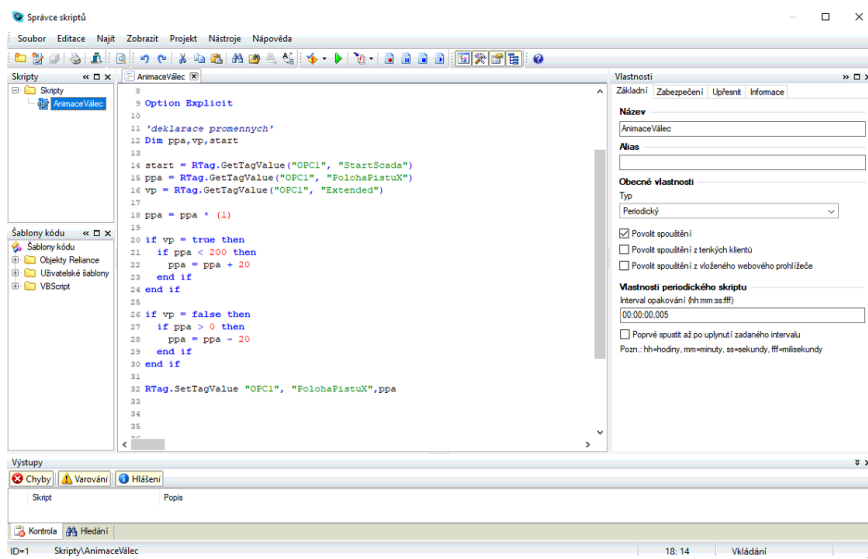
Pro vytvoření animace pneumatického motoru je zapotřebí vytvořit skript. Ještě před započítím práce na samotném skriptu je třeba vytvořit proměnnou, která bude obsahovat informaci o pozici v ose x, kam se má pneumatický motor vysunout.



Obrázek 8.23: Vytvoření interní proměnné

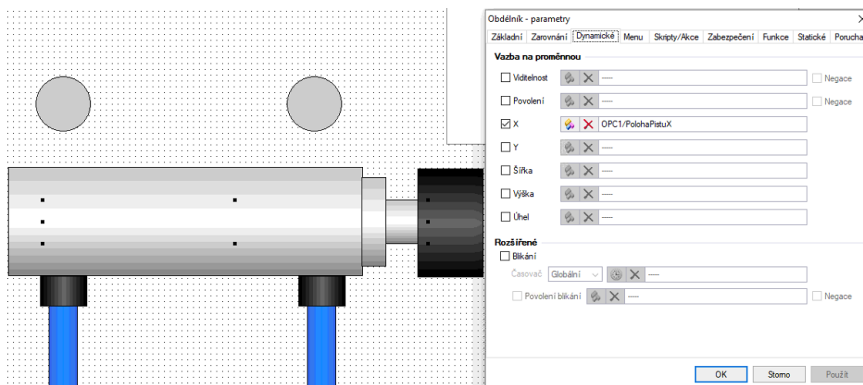
Příklad jak má být vytvořena interní proměnná lze nalézt výše na obrázku č. 8.23, na kterém je vidět detailní nastavení proměnné, která byla využita při tvorbě skriptu.

Samotné nastavení a vytváření skriptů se provádí ve správci skriptů, který lze nalézt v hlavní nabídce pod záložkou *Správce*. Po otevření *Správce skriptů* se zobrazí okno s editorem skriptů, ve kterém lze vytvářet a upravovat vytvořené skripty. Pro účel animace bylo zvoleno periodické vykonávání skriptu s následujícím intervalem opakováním *00:00:00,005*.



Obrázek 8.24: Skript animace pohybu pneumatického motoru

Po dokončení skriptu už jen zbývá přiřadit před připravenou proměnnou všem prvkům, které chceme uvést do pohybu pomocí skriptu.



Obrázek 8.25: Příklad přiřazení předpřipravené proměnné

Kapitola 9

Závěr

1. Prostudujete podklady z didaktického setu TP 260 - Digitální pneumatika.

Tato část zadání jsem rešeršně zpracoval v kapitolách Didaktický set TP260, Digitální pneumatika. V dalších kapitolách mé diplomové práce jsem rešeršně zpracoval témata, která velice úzce souvisí s již zmíněným didaktickým setem. Z hlediska dalšího vývoje a využití jsem rešeršně nezpracovával komunikační protokol OPC nýbrž OPC UA, který v průmyslové automatizaci jistě mnohé dokáže. Tímto jsem splnil první úkol mé diplomové práce.

2. Připravte sadu výukových úloh podle tohoto setu.

V další části jsem vypracoval sadu výukových úloh dle didaktického setu TP 260. Zadání výukových úloh spolu s řešením úloh je přiloženo jako příloha této diplomové práce. Tímto jsem splnil další bod zadání mé diplomové práce.

V praktické části této diplomové práce jsem využil nabyté znalosti, které jsem získal při vypracování úloh k didaktickému setu TP 260 a vytvořil jsem software, který inovuje funkci a pneumatického lisu. Pomocí komunikačního protokolu OPC jsem propojil logický automat se SCADA systémem. V průběhu řešení spojení mezi OPC serverem a SCADA systémem jsem narazil na nesčetné problémy, které mě vedly ke zkoušení a vymýšlení nových variant spojení SCADA systému s OPC serverem. Postupně jsem vyzkoušel téměř všechny volně dostupné OPC servery. Jako nejspolehlivější OPC server se ukázal ten, který je dodáván spolu s didaktickým setem. Prakticky jsem popsal jak nastavit samotný server spolu s tím jak jej propojit se SCADA systémem. Jako vhodný SCADA systém pro tuto práci se ukázal systém Reliance dodávaný firmou Geovap. Tento systém se v průběhu řešení diplomové práce ukázal jako velice silný nástroj pro průmyslovou automatizaci. Práci s tímto SCADA systémem mi ulehčovaly velice detailní a užitečné návody jak od dodavatelské firmy tak i návody vytvořené v rámci předmětu Programovatelné automaty a vizualizace. Tímto jsem splnil body 3. a 4. zadání mé diplomové práce

3. Navrhněte inovaci instrumentace a řízení pneumatického lisu s ohledem na snížení spotřeby vzduchu, optimalizaci parametrů výroby a s ohledem na možnost zařazení inovovaného stroje do automatizované výroby.
4. Navrhněte SCADA/HMI projekt pomocí SW Reliance pro tento stroj s možností zadávání různých výrobních dávek a s možností dlouhodobého sběru a vyhodnocení dat.

Tím byly naplněny všechny body zadání mé diplomové práce.

Seznam použité literatury

1. Gohlke, F. & Unan, L. *Festo Didactic - TP 260* Denkendorf, 2019.
2. *Equipment set TP 260.v1 – Advanced level: digitalization in pneumatics* <https://www.festo-didactic.com/int-en/learning-systems/equipment-sets/pneumatics/training-packages/equipment-set-tp-260-advanced-level-digitalization-in-pneumatics.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4xOC41NjMuMTAyODA4> (2021).
3. Beneš, P. & Mykiska, A. *Úvod do pneumatiky Učebnice FESTO Didactic Postgraduální studium První* (České vysoké učení technické v Praze, Praha, 1989).
4. Koubová, J. *Didaktické úlohy pro digitální pneumatiku s využitím FMT (Festo Motion Terminal)* dipl (České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum., 2020).
5. Wahl, P. *Digital simplicity. New ways to increase productivity with “smart” systems* http://festoblog.com/pdf/white-paper/Digital_Simplicity_WP.pdf (2021).
6. *Digital Pneumatics: How Cyber-Physical Systems are Ushering in the Fourth Industrial Revolution* <https://insights.globalspec.com/article/10758/digital-pneumatics-how-cyber-physical-systems-are-ushering-in-the-fourth-industrial-revolution> (2021).
7. *Ventilové terminály MPA-L* https://www.festo.com/cms/cs_cz/17307.htm (2021).
8. Janovský, J. *Návrh systému domácího kina s pohyblivou sedačkou s využitím FMT (Festo Motion Terminal)* dipl (České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum., 2021).
9. Martinásková, M. & Šmejkal, L. *Řízení programovatelnými automaty* Vyd. 2. ISBN: 80-010-2925-5 (Vydavatelství ČVUT, V Praze, 2004).
10. Martinásková, M. & Šmejkal, L. *Řízení programovatelnými automaty* ISBN: 80-010-2804-6 (Vydavatelství ČVUT, Praha, 2003).
11. *Digital simplicity: Festo Motion Terminal VTEM* https://www.allied-automation.com/wp-content/uploads/2018/02/Festo_Motion_Terminal-00000002.pdf (2021).

12. *Motion Terminal VTEM* https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/VTEM_CZ.PDF (2021).
13. GmbH, U. A. *OPC UA Foundation logo* <http://opcfoundation.github.io/UA-.NETStandard/help/acclientoverview.htm> (2021).
14. Vojáček, A. *Průmyslová komunikace OPC UA - 1.díl - popis protokolu* <https://automatizace.hw.cz/prumyslova-komunikace-opc-ua-1dil-popis-protokolu.html> (2021).
15. Ausberger, T. *OPC UA servery a jejich použití pro přenos dat řídicích systémů* (2015).
16. Inray Industriesoftware GmbH. *OPC Server* [https://www.opc-router.com/what-is-opc-ua/%5C#iLightbox\[feature\]/0](https://www.opc-router.com/what-is-opc-ua/%5C#iLightbox[feature]/0) (2021).
17. GmbH, U. A. *OPC UA Software Layers* <https://documentation.unified-automation.com/uasdkdotnet/2.6.1/html/L2opcUaSoftwareLayers.html> (2021).
18. *OPC UA Node classes* <http://documentation.unified-automation.com/uasdkc/1.9.1/html/L2UaAddressSpaceConcepts.html> (2021).
19. Automation, U. *OPC UA Node Classes* <http://documentation.unified-automation.com/uasdkc/1.9.1/html/L2UaNodeClasses.html> (2021).
20. *OPC UA Common Operation Level Status Codes* https://zone.ni.com/reference/en-XX/help/376230B-01/opcuavis/opcua_status/ (2021).
21. *Service Set model* <https://reference.opcfoundation.org/v104/Core/docs/Part4/4.1/> (2021).
22. *Exploring OPC UA security concepts* <https://opcconnect.opcfoundation.org/2020/06/exploring-opc-ua-security-concepts/> (2021).
23. *Siemens Simatic S7-1200 Data sheet* <https://docs.rs-online.com/4ed5/0900766b81397276.pdf> (2021).
24. Janeček, P. *Automatické generování PLC programu pomocí TIA Portal Openness: Automatic Creation of PLC Program using TIA Portal Openness* dis (Brno University of Technology, 2019).
25. Šrámek, F. *Vzdálené řízení PLC SCADA systémem pomocí protokolu MODBUS* B.S. thesis (České vysoké učení technické v Praze. Vypočetní a informační centrum., 2018).



Použitý software

- FluidSIM®
- Reliance 4
- TIA Portal V15.1
- OPC server DELTALOGIC



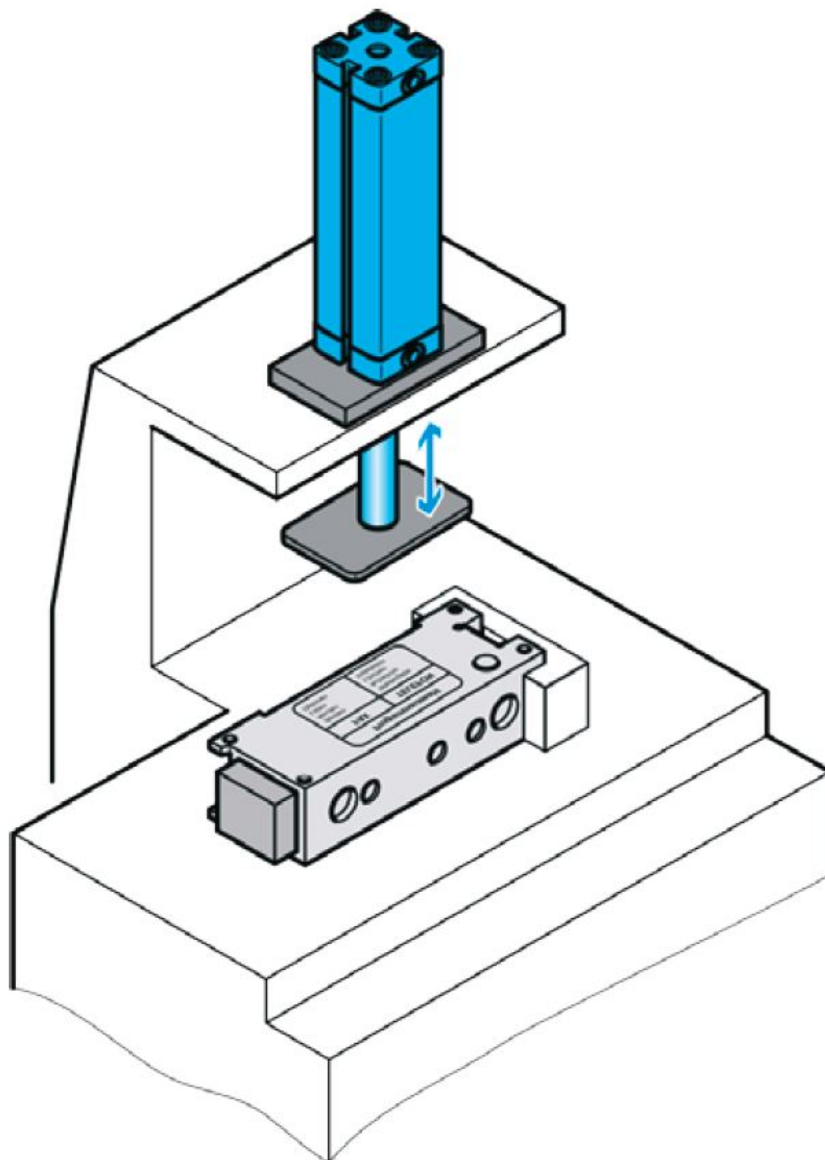
Přílohy



Příloha A

Příručka pro studenty

A.1 Návrh a oživení stroje



Obrázek A.1: Úloha č.1 [1]

■ A.1.1 Zadání

Cyklus začíná po stisknutí tlačítka START a bez přerušení pokračuje až do doby stisknutí tlačítka STOP. Stlačení tlačítka STOP nepřerušuje stávající cyklus a stroj pokračuje až do dokončení stávajícího cyklu. Pneumatický motor na počátku cyklu je zasunutý. Při dosažení koncové polohy pneumatický motor tlačí na produkt předem určeným tlakem, viz. tabulka č. A.1. Pneumatický motor by měl vyjízďet a zajíždět takovou rychlostí, aby nepoškodil produkt. Celková doba cyklu je pro plastový kryt 5 sekund a pro kovový kryt 6 sekund (Pro zjednodušení úlohy lze použít 5,5 sekund pro oba kryty). Po každém proběhnutí cyklu stroj vyčká 1 sekundu na další produkt a až poté začíná nový cyklus. V případě výpadku elektrického proudu se stroj automaticky zasune do své počáteční polohy.

Produkt	Požadovaný tlak
Plastový kryt	3,5 bar (350 kPa), 3 sec
Kovový kryt	4,5 bar (450 kPa), 4 sec

Tabulka A.1: Tabulka požadovaných tlaků pro různé materiály [1]

■ A.1.2 Úkoly

- Vyberte potřebné komponenty, které použijete pro stavbu stroje
- Nakreslete pneumatický obvod
- Vytvořte program v jazyku GRAFCET nebo jiném programovacím jazyku dle standardu IEC 61131-3
- Oživte stroj



■ A.2 Výroba pomocí stroje a řešení problémů

■ A.2.1 Výroba pomocí stroje

Po úspěšném návrhu, sestavení a oživení stroje je možné zahájit výrobu dle výrobního plánu, tabulka č. A.2.

Stroj:				
Zakázka:				
	Materiál	Množství	Operátor	Kontroloval
1	Plast	14	.....	.....
2	Kov	6	.....	.....
3	Plast	12	.....	.....
4	Kov	9	.....	.....
5	Plast	8	.....	.....
6	Kov	14	.....	.....
7	Plast	3	.....	.....
8	Kov	11	.....	.....
9	Plast	3	.....	.....
10	Kov	7	.....	.....
11	-	-	-	-
Celkový čas výroby: min				
Čas dokončení				

Tabulka A.2: Výrobní plán [1]

■ Úkoly

- Proveďte výrobu podle výrobního plánu. Během výroby dodržte specifikace daná v tabulce č. A.1.
- Změřte celkový čas výroby a posléze jej запиšte. Začněte měřit po stisku tlačítka START a přestaňte poté, co byl dokončen poslední kus a pneumatický motor je ve své počáteční poloze.

■ A.2.2 Řešení problémů (volitelné)

■ Úkoly

- Poznamenejte si čas, kdy se stroj zastavil.
- Pokuste se najít závadu na stroji. Není dovoleno nahodile vyměňovat komponenty.
- Po úspěšném nalezení vadné součástky ji buď vyměňte nebo nastavte/seřídte tak, aby znovu fungovala.
- Vytvořte seznam komponentů, vhodných k opravě nebo k výměně.
- Poznamenejte si čas, kdy začal stroj znovu pracovat.

■ A.3 Vylepšení stroje

Analyzujte roli týmu údržby ve výrobě z hlediska aktuálního stroje. Pravidlem je, že role týmu údržby se neliší od role týmu dalších zaměstnanců pracujících na značce produktu. Spokojenost zákazníků je vždy hlavním cílem.

Ziskovost, a tedy udržitelnost společnosti závisí na jednom klíčovém bodě spokojenosti jejích zákazníků. Každý zaměstnanec společnosti může přímo nebo nepřímo ovlivnit způsob, jakým zákazníci vnímají firmu a její produkty. Tento dopad může být pozitivní nebo negativní. Spokojenost zákazníka má mnoho aspektů, ale hlavní dva jsou tyto:

- Kvalita výsledného produktu
- Výrobní náklady

Stejně jako mnoho zaměstnanců ve společnosti má tým údržby obrovský a přímý dopad na spokojenost zákazníka. Musíme přemýšlet o tom, jak může tým údržby ovlivnit tyto dva hlavní aspekty. Nejprve musíme analyzovat parametry našeho stroje, které ovlivňují kvalitu a náklady.

■ A.3.1 Úkoly

- Vyjmenujte a popište alespoň dva faktory ovlivňující kvalitu výroby stroje.
- Vyjmenujte a popište alespoň pět faktorů ovlivňujících velikost nákladů stroje.

■ A.4 Plánování nezbytných modifikací stroje

■ A.4.1 Úkoly

- Vyjmenujte opatření zlepšující kvalitu produktu, která by měla být provedena.
- Vyjmenujte opatření, která chcete zavést za účelem zlepšení kvality výrobků.
- Vypište všechny modifikace stroje, které musíte provést, pokud chcete implementovat výše zmíněná opatření.
- Nakreslete nový pneumatický obvod obsahující všechny potřebné úpravy.

A large grid for drawing a pneumatic circuit. The grid consists of 20 columns and 20 rows of small squares, providing a workspace for the student to draw the required pneumatic circuit.

■ A.5 Digitální versus analogové signály

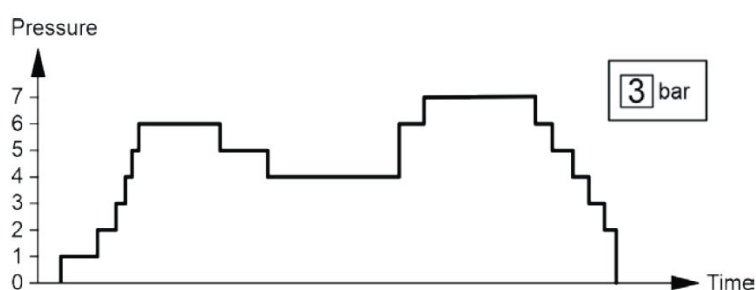
■ A.5.1 Signály

■ Digitální signál

Digitální signál je signál, který je vzorkovaný a následně kvantovaný. Je tvořen posloupností vzorků, které mohou nabývat pouze omezeného počtu hodnot, takže jej lze reprezentovat posloupností celých čísel.

Příklad digitálního signálu

Digitální senzor tlaku s displejem ukazuje tlak v krocích po 1 baru. Má osm možných zobrazovaných hodnot (0-7 bar).



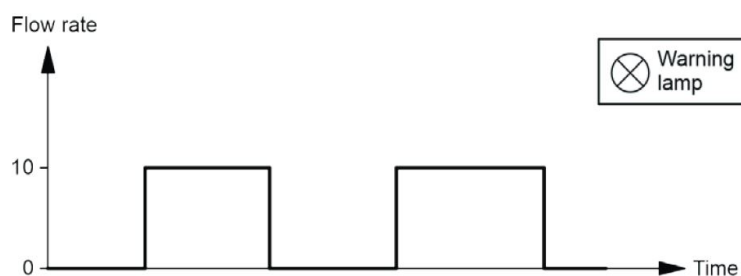
Obrázek A.2: Příklad digitálního signálu [1]

■ Binární signál

Binární signál je signál parametrizující informaci do dvou hodnot False a True.

Příklad binárního signálu

Žárovka se rozsvítí, pokud je systém zásobován správným množstvím vzduchu. Pokud je průtok pod $10 \frac{l}{min}$ (stav : False) žárovka nebude svítit. Pokud však je vyšší než $10 \frac{l}{min}$ (stav : True) žárovka se rozsvítí.



Obrázek A.3: Příklad binárního signálu [1]

■ Analogový signál

Analogový signál je signál, ve kterém jsou informace přiřazeny bod po bodu do rozsahu kontinuálních hodnot parametru signálu.

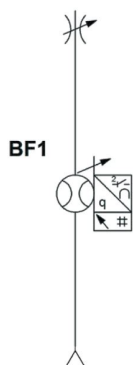
Příklad analogového signálu

V případě snímače průtoku je každé hodnotě průtoku přiřazena určitá hodnota (informace). Pokud signál stoupá nebo klesá, informace se neustále mění.



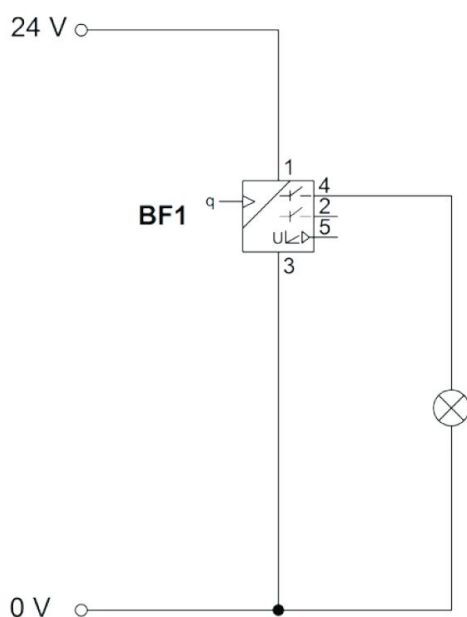
Obrázek A.4: Příklad analogového signálu [1]

■ A.5.2 Úkoly



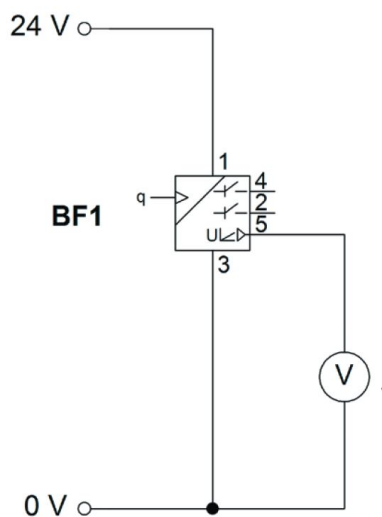
Obrázek A.5: Schéma zapojení průtokoměru [1]

- Nastavte průtokoměr, tak aby výstup byl binární signál. Stav True nastává v případě, že průtok je vyšší než $10[\frac{l}{min}]$, pokud však průtok nedosahuje $10[\frac{l}{min}]$ nastává stav False. Připojte žárovku na výstup senzoru (OutA). Nyní pokud průtok bude vyšší než $10[\frac{l}{min}]$ žárovka se rozsvítí. Návod, jak nastavit průtokoměr je v podkapitole č. A.5.3.



Obrázek A.6: Schéma zapojení průtokoměru s binárním výstupem [1]

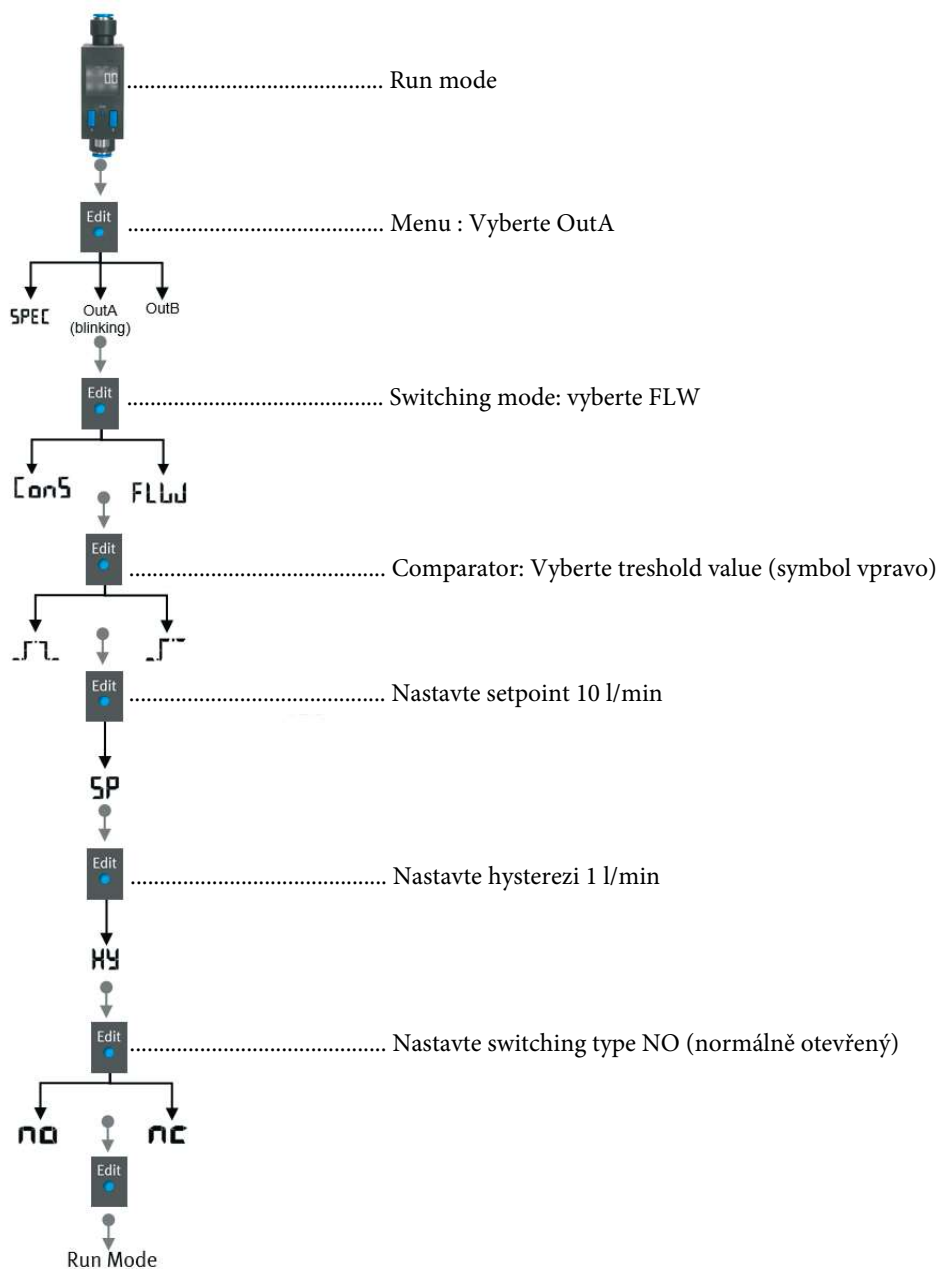
- Změřte výstupní signál průtokoměru voltmetrem. Připojte bílý kabel k multimetru a měřte signál. Změňte průtok pomocí škrťacího ventilu. Rozsah měření použitého průtokoměru je 0 až $50[\frac{l}{min}]$; analogový výstup je 0 až 10 V. To znamená, že voltmetr bude zobrazovat 0 V, v případě nulového průtoku, a 10 voltů při průtoku $50[\frac{l}{min}]$.



Obrázek A.7: Schéma zapojení průtokoměru s voltmetrem [1]

- Jaké napětí odpovídá průtoku $10[\frac{l}{min}]$?

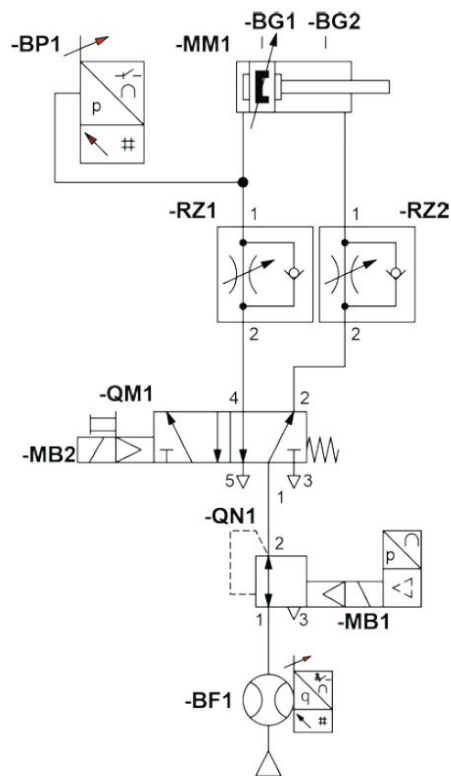
A.5.3 Nastavení průtokoměru



Obrázek A.8: Postup nastavení průtokoměru [1]

A.6 Oživování modifikovaného obvodu

A.6.1 Návrh pneumatického obvodu



Obrázek A.9: Modifikovaný pneumatický obvod [1]

A.6.2 Návrh elektrického obvodu

Zapojte všechny komponenty. Jakmile dokončíte zapojení komponentů, seznámte se s funkcí proporcionálního tlakového regulátoru. Pro správnou identifikaci barvy vodičů, použijte aplikaci Festo Didactic QR app. Pro tento účel si nastavte Festo Didactic info portal, jako váš vyhledávací portál v nastavení.

Otázky:

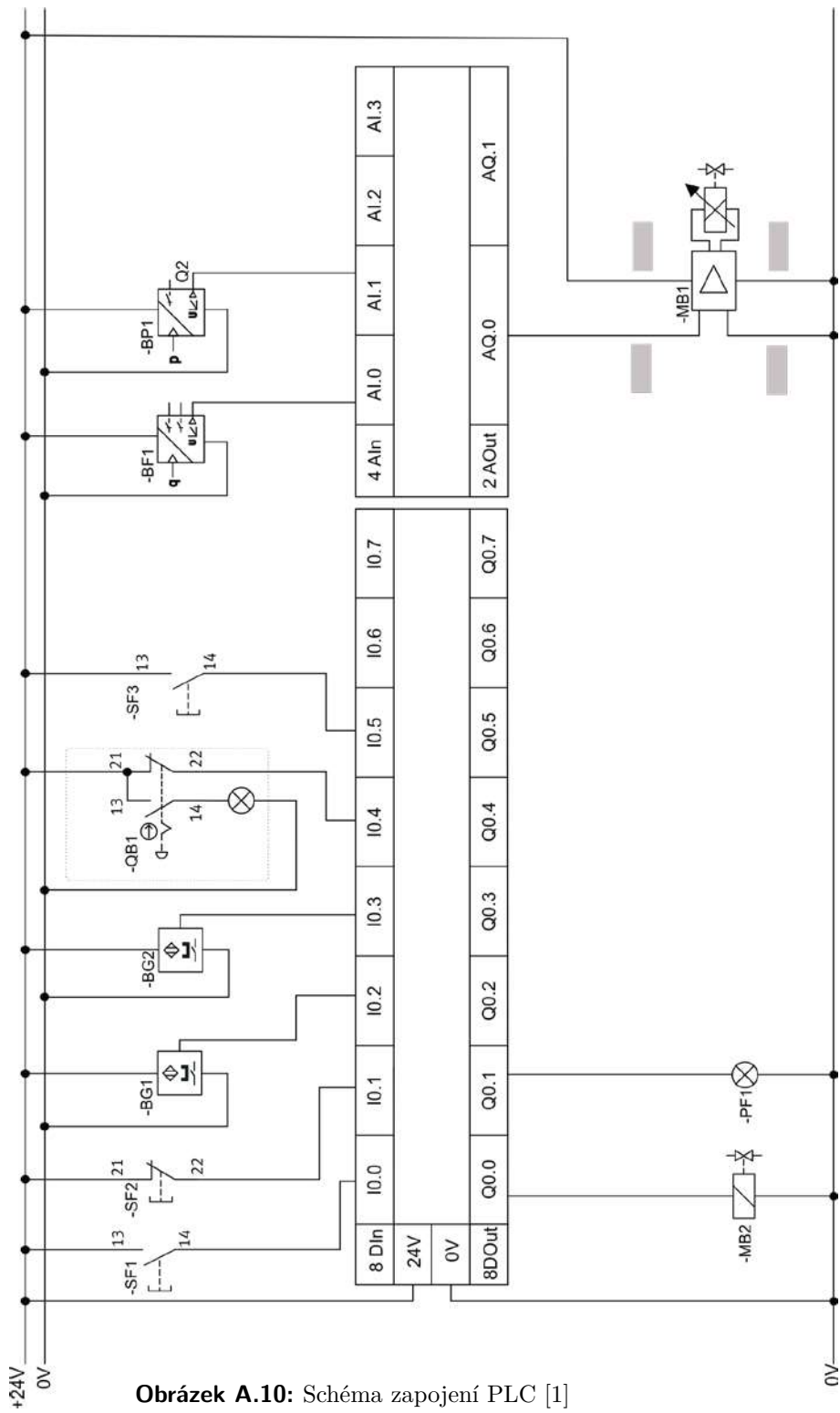
- Jaký je napěťový rozsah analogového vstupu automatu a jaký je regulační rozsah pro pracovní tlak?
- Jak vysoký musí být skutečný tlak, aby byla zajištěna správná regulace?
- Jaký tlak je zhruba nastaven, pokud je vstupní napětí 2.5 V?

■ Tabulka vstupů a výstupů

Popis	Označení v programu	Označení ve schématu
Digitální vstupy		
Start	I0.0	-SF1
Nouzový stop	I0.1	-QB1
Stop	I0.2	-SF2
Zasunutí pneumatického motoru	I0.3	-BG1
Vysunutí pneumatického motoru	I0.4	-BG2
Reset	I0.5	-SF3
Digitální výstupy		
Rozvaděč 5/2	Q0.0	-MB1
Reset světla	Q0.1	-PF
Analogové vstupy		
Průtokoměr	AI0	-BF1
Pracovní tlak	AI1	-BP1
Analogové výstupy		
Proporcionální tlakový regulátor	AQ0	-QN

Tabulka A.3: Tabulka vstupů a výstupů [1]

V elektrickém schématu na obrázku č.A.10 správně určete barvy vodičů proporcionálního tlakového regulátoru. Lze pro tuto úlohu využít aplikaci nebo katalogový list.



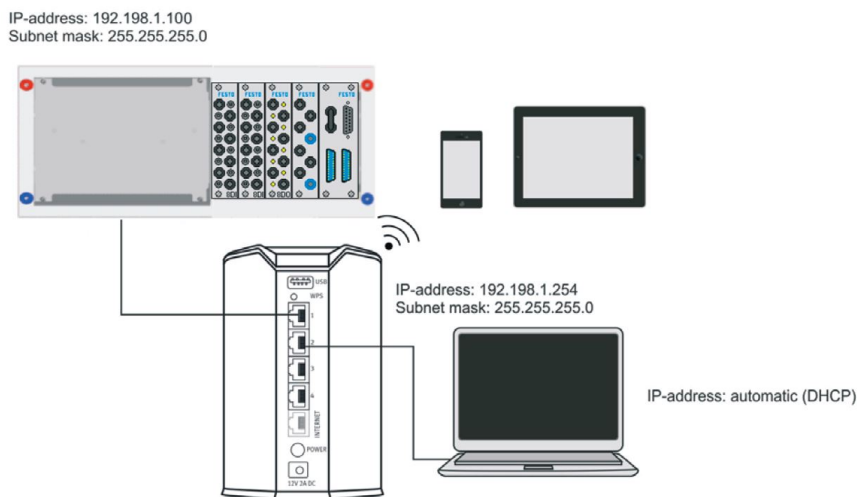
Obrázek A.10: Schéma zapojení PLC [1]

■ A.6.3 Oživovací protokol

Oživovací protokol	
Je schéma elektrického obvodu aktuální a úplné?	
Obvody	
Jsou zvolené komponenty správné?	
Jsou pneumatické hadice zapojeny správně?	
Bylo správně provedeno zapojení mezi PLC a polem?	
Je zapojení mezi součástkami a zdrojem napájení provedeno správně?	
Komponenty	
Jsou senzory polohy na pneumatickém motoru správně umístěny?	
Je směr regulačních ventilů průtoku správný?	
Byly namontovány všechny komponenty správně?	
Byly otestovány funkce všech komponent?	
Bezpečnost	
Jsou na stroji nezapojené, zničené nebo zkratované kabely?	
Jsou na stroji nezapojené nebo poškozené kabely?	
Existují nějaké překážky omezující zdvih pohonu?	
Byl odpojen zdroj vzduchu před prvním zapnutím?	

Tabulka A.4: Oživovací protokol [1]

A.7 Nastavování komunikační sítě



Obrázek A.11: Schéma zapojení komunikační sítě [1]

A.7.1 Úkol - Přizpůsobení konfigurace přístupového bodu WLAN

1. Vysvětlete tyto základní pojmy:
 - Síťový adaptér
 - WLAN přístupový bod
 - IP adresa
 - Maska podsítě
 - Gateway
 - DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)

2. Upravte konfiguraci přístupového bodů WLAN tak, abyste získali chybové hlášky přímo na počítači. Postupujte podle bodu uvedených níže.
 - Připojte PC k přístupovému bodu a v prohlížeči nastavte jeho IP adresu.
 - Otevřete Windows console (příkaz: cmd) a napište do příkazové řádky *ipconfig*.
 - Na jaké IP adrese je aktuálně přiřazen přístupový bod k vašemu počítači?
 - Jaká je IP adresa gateway a maska podsítě?

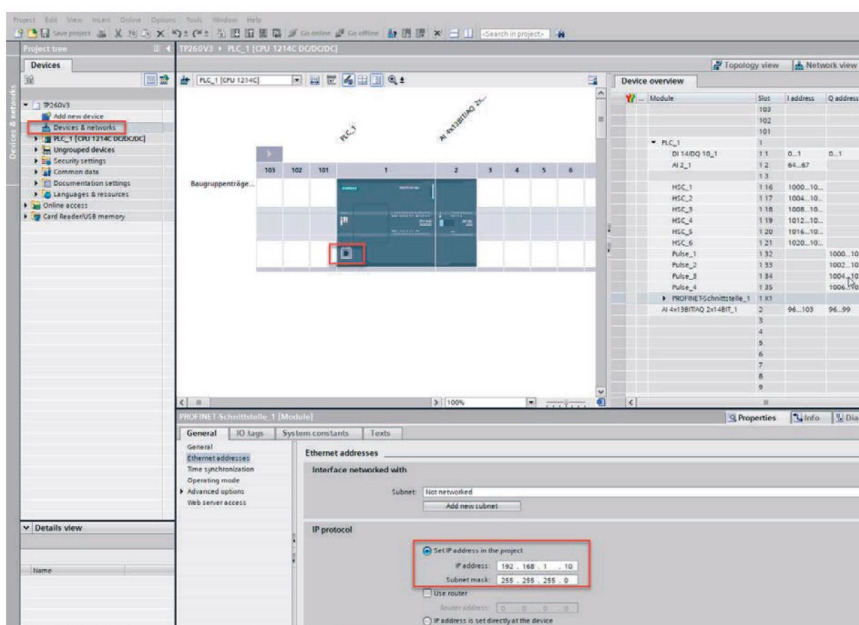
PC - IP adresa: ____ . ____ . ____ . ____
 Maska podsítě: ____ . ____ . ____ . ____
 Geteway IP adresa: ____ . ____ . ____ . ____

- Ve školní či pracovní síti mohou být IP adresy limitovány rozsahem. Pokud tomu tak je, změňte rozsah DHCP serveru.
 - Po úspěšném nastavení rozsahů, zkontrolujte nastavení. Otevřete Windows console (příkaz: cmd) a napište do příkazové řádky *ipconfig*.
 - Vyberte nové jméno sítě (SSID).
 - Jaká akce se provede pomocí příkazu *ipconfig*?
 - Poznamenejte si nejdůležitější informace, které lze určit pomocí tohoto příkazu.

■ A.7.2 Úkol - Nastavování PLC v TIA portal

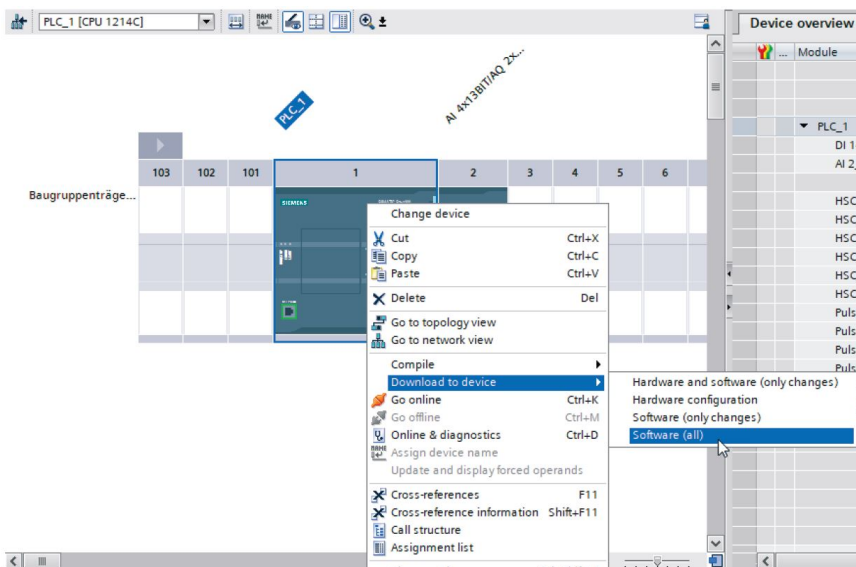
Systém je vybaven automatem S7-1200 a musí být připojen ke stejné síti jako váš počítač a později i vaše mobilní telefon.

- Otevřete TIA Portal v15 a poté program *TP260_2.ap15*. Program najdete na USB.
- *Devices networks*. PLC a další I/O moduly jsou již nakonfigurovány. V nabídce *Vlastnosti* zkontrolujte, zda je nastavena adresa IP 192.168.1.10 a maska podsítě 255.255.255.0.



Obrázek A.12: Nastavení IP adresy v prostředí TIA Portal [1]

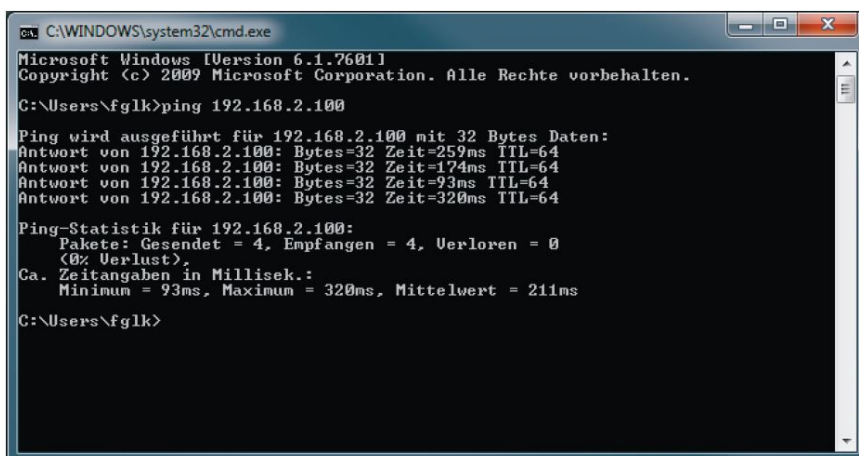
- Nahrajte program do PLC.



Obrázek A.13: Jedna z možností jak nahrát program do PLC v prostředí TIA Portal [1]

■ A.7.3 Úkol - Nastavení sítě

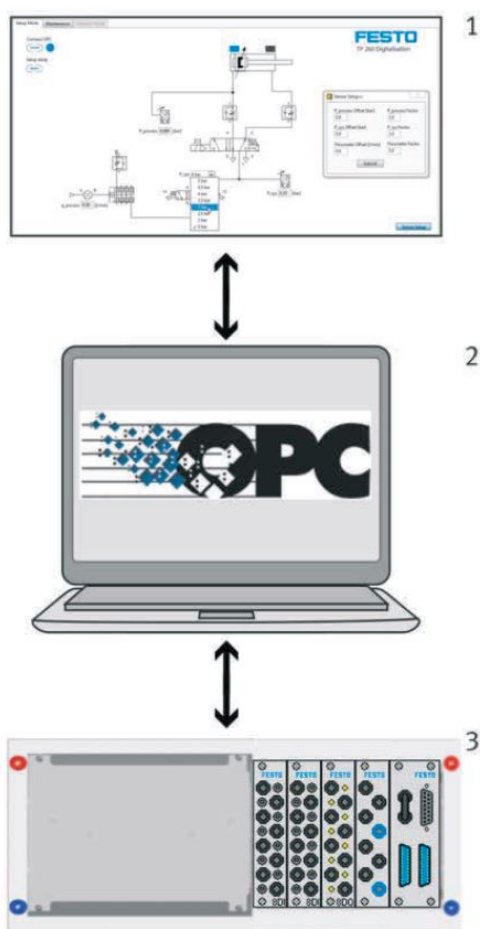
- Zapojte všechna zařízení dle obrázku č.A.11.
- Ujistěte se, že PC má statickou IP 192.168.1.100
- Zkontrolujte, zda jednotlivá zařízení spolu mohou komunikovat. Toto ověříte pomocí příkazu *ping*, za který zadáte IP adresu zařízení, se kterým chcete komunikovat. Komunikace funguje bez jakýchkoli chyb, pokud se neztratí žádný ze čtyř odeslaných datových paketů.



Obrázek A.14: Test fungující komunikace pomocí příkazu ping [1]

■ A.7.4 Úkol - Nastavení OPC serveru

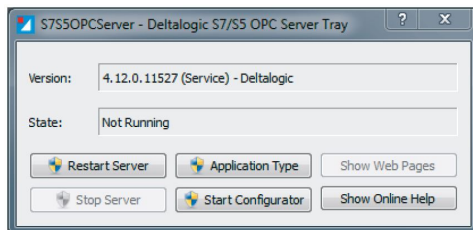
V automatizační technice OPC (Open Platform Communications) server formuje rozhraní datového přístupu mezi jedním datovým zdrojem na jedné straně a na straně druhé mezi OPC klienty. Komunikace OPC serveru (PC) může být realizována například pomocí sériové linky, Ethernetu či bezdrátově. V tomto tréninkovém setu je využit Ethernetový kabel jako přenosové médium. V tomto případě je software od firmy Festo OPC klientem, který může číst, přepisovat a interpretovat data získaná automatem pomocí OPC serveru.



Obrázek A.15: 1: OPC klient, 2: OPC server, 3: Zdroj dat [1]

Následující kroky Vás provedou základním nastavením OPC serveru. Ne-
maže nebo neměňte současnou konfiguraci. Pokud se však liší použitá IP
adresa, budete muset IP adresu odpovídajícím způsobem upravit.

1. Spuštění nastavení OPC serveru probíhá následovně. V pravém dolním
rohu dvojklikem na červenou šipku spustíte nabídku s možností konfi-
gurace OPC serveru. Pro otevření konfiguračního okna je třeba stlačit
tlačítko *Start Configurator*.



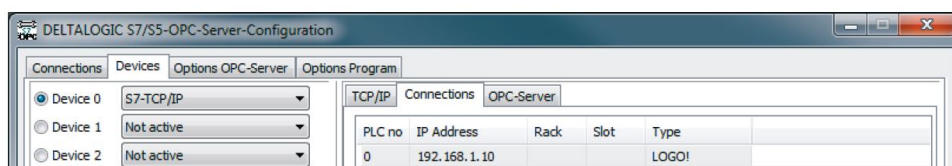
Obrázek A.16: OPC server dialogové okno [1]

2. Uvidíte, jak je přidáno zařízení s číslem 0. Pro toto zařízení je nastaveno
primární připojení. Kdy adresování proměnných, může být předpona,
která popisuje číslo zařízení a číslo AG, vynechána.
Doplněte tabulku pomocí níže uvedeného snímku obrazovky.

Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
Input								
xStart	Bool	0.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xStop	Bool	0.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xEmStop	Bool	0.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xCylRetracted	Bool	0.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xCylExtended	Bool	0.4	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xReset	Bool	0.5	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
tPressTime	Time	2.0	T#4s	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xExternalStop	Bool	6.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wPressureAN	Word	8.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wFlowAN	Word	10.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bLotSize	Byte	12.0	16#0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Output								
xExtendCyl	Bool	14.0	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xReseLamp	Bool	14.1	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xAutoLamp	Bool	14.2	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
xCounterStop	Bool	14.3	false	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

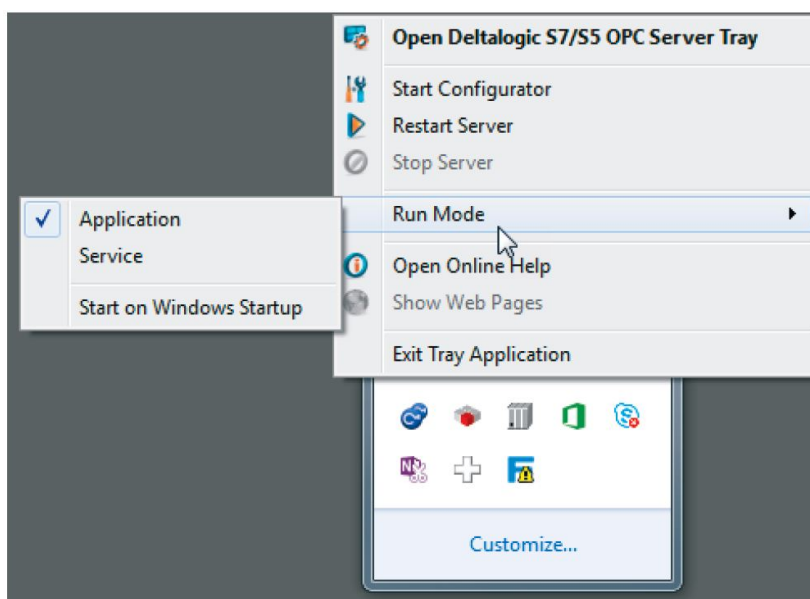
Obrázek A.17: Nastavení tagů v programu TIA Portal [1]

3. Zadejte IP adresu a typ PLC. Vyberte kartu *device* na horním panelu
nástrojů a poté kartu *Connections*. V případě potřeby změňte IP adresu
PLC.



Obrázek A.18: Menu dialogového okna konfigurace OPC server [1]

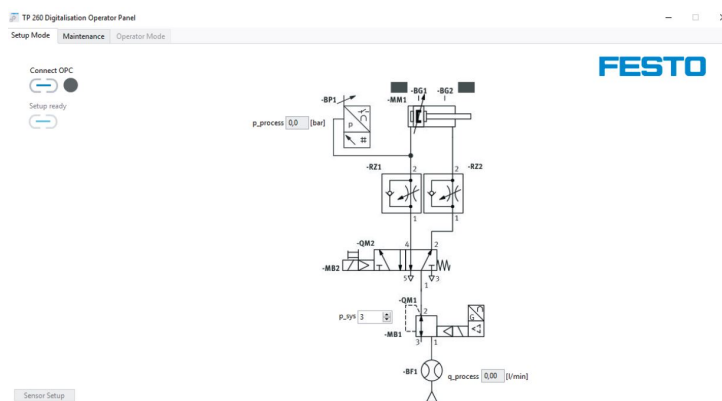
4. Kliknutím pravého tlačítka myši na ikonu OPC serveru nastavte OPC server do Run módu. Postupujte jako na obrázku č.A.19.



Obrázek A.19: Spuštění OPC serveru [1]

■ A.7.5 Úkol - Spuštění vizualizačního softwaru TP 260 Operator Panel

1. Zapněte vizualizační software TP 260 Operator Panel. Software bude nyní v *setup* módu.



Obrázek A.20: Náhled vizualizačního softwaru [1]

2. Co se zobrazuje po kliknutí na *Connect OPC*?
3. Otestujte funkčnost vašeho obvodu zmáčknutím tlačítka Start. Funguje Váš Obvod správně?
 - Ano, obvod funguje, tak jak má.
 - Ne, obvod nefunguje, tak jak má.

■ A.8 Stanovení a nastavení parametrů procesu

■ A.8.1 Nastavení senzorů

Analogové senzory poskytují řídicímu systému napěťový nebo proudový signál. Tento signál pak musí být převeden na odpovídající fyzickou jednotku. Dále je třeba definovat dvě veličiny faktor a ofset. Faktor je použit k převodu jednotek mezi sebou a posun. K tomu se používá následující vzorec:

$$\text{Fyzická hodnota} = (\text{Změřené napětí} \cdot \text{Faktor}) + \text{Offset}$$

Příklad:

Mějme snímač polohy, s rozsahem 0–200 [mm] a napěťovým rozsahem 0–10 [V]. Předpokládejme, že faktor pro tento příklad je 20 $\left[\frac{mm}{V}\right]$. Použijeme-li vzorec uvedený výše, dostaneme tento výsledek:

$$\text{Zdvih [mm]} = \left(\text{Hodnota napětí [V]} \cdot 20 \left[\frac{mm}{V} \right] \right) + \text{Offset [mm]}$$

■ Nastavení senzorů - úkoly

- Určete převodní faktory z katalogového listu snímače tlaku a průtoku. Výsledky запиšte.
 1. Faktor tlakového senzoru:
 2. Faktor průtokového senzoru:
- Jaký je tlak, pokud bylo změřeno napětí 3.5 [V] na výstupu z tlakového senzoru? Offset pro tento příklad je -0.1 [bar].
- Odpovídající faktory jsou přednastaveny v nastavení senzoru. Offset můžete upravit, pokud je potřeba. Níže vypište tyto hodnoty:
 1. Skutečný posun tlaku:
 2. Posun procesního tlaku:
 3. Posun průtoku:

Vypočítaná data lze zadat v nastavení, chcete-li to provést, vyberte tlačítko *Sensor setup* a poté pomocí tlačítka *Submit* nastavení uložíte.

■ A.8.2 Přiřazení snímačů do procesních parametrů

Přiřaďte instalované senzory, k zmíněným procesním parametrům.

Procesní parametry	Senzory
Runtime
Spotřeba energie
Kontaktní tlak
Únik

Tabulka A.5: Tabulka procesních parametrů [1]

Použitím tlakového senzoru (-BP1) síla vyvozená pneumatickým motorem může být změřena i nepřímo. Spočítejte lisovací tlak pneumatického motoru, pokud je do pneumatického motoru přiveden natlakovaný vzduch na 4 bary. Všechny další údaje týkající se pneumatického motoru lze získat z katalogového listu.

Řešení:

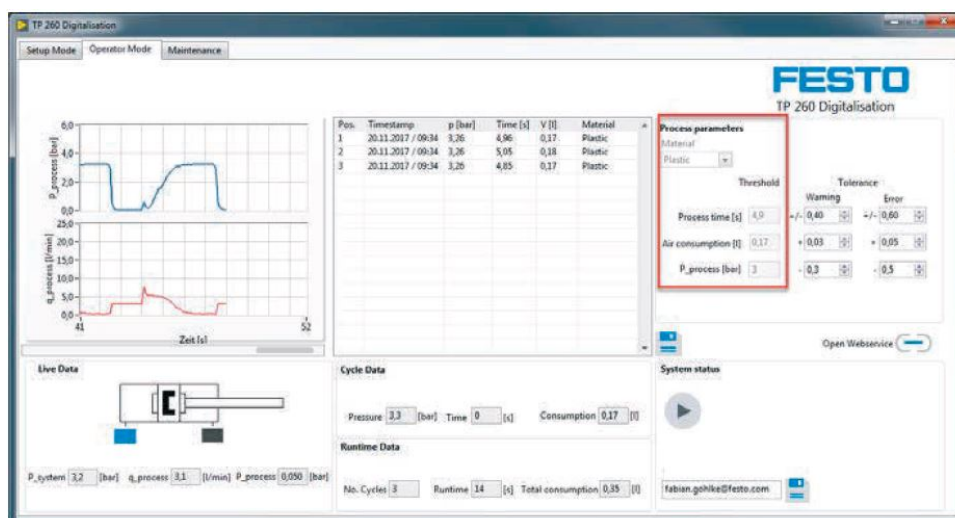
■ A.8.3 Provoz stroje

Jakmile nastavíte senzory a otestujete svůj obvod v módu *setup mode*, můžete zaznamenat svá měření.

Poznámka

Předtím než provedete změnu módu ze *Setup mode* do *Operator mode*, ujistěte se, že je stroj zastaven.

1. Zmáčkněte *Setup ready* pro opuštění Setup módu.
2. Zvolte *Operator Mode*. V operátorském módu, můžete volit ze dvou variant receptů na pravé straně okna. V závislosti na tom, zda chcete lisovat plastový nebo kovový díl, je nutné přizpůsobit nastavení tlaku a dobu lisování v programu Vašeho PLC. Referenční hodnoty jsou specifikovány podle receptu.



Obrázek A.21: TP 260 Operator Mode [1]

3. Zvolte recept a zmáčkněte tlačítko start pro zahájení měření.
4. Pomocí jednocestného škrťacího ventilu nastavte průtok tak, aby odpovídal průměrné hodnotě.
5. Po dokončení nastavení zastavte měření.

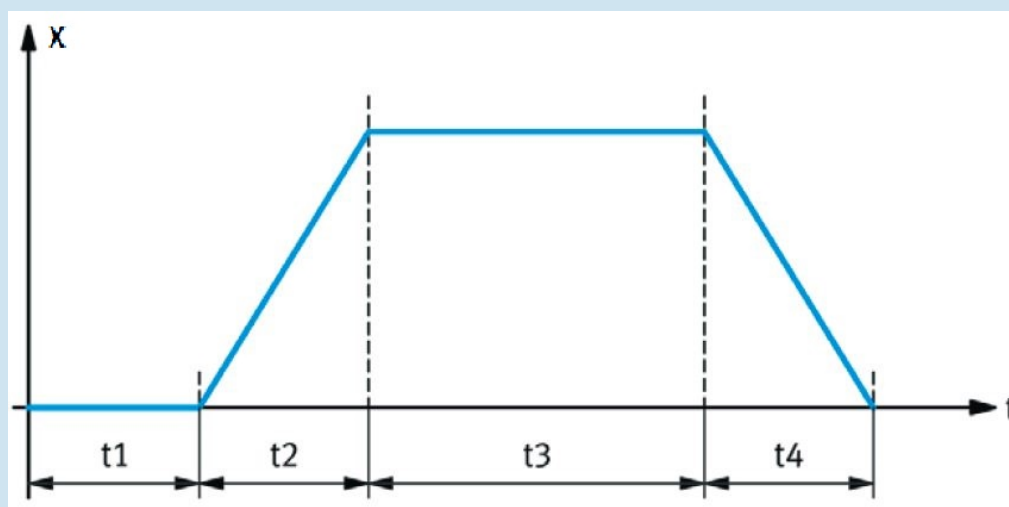
■ A.9 Poskytování informací o typech chyb

■ A.9.1 Nastavování tolerancí

Pozorujte, jak stroj provede několik cyklů, posléze nastavte tolerance pro upozornění a pro chybové hlášky.

Otázky

- Proč ve specifikované konfiguraci systému není nutné sledovat, zda je úroveň tlaku překročena?
- Vypočítejte tolerance tlaku, pro výstupní stavy "varování" a "chyba", pokud chcete stlačit plastovou část. Výstupní stav "varování" nastane v případě, že lisovací síla bude dosahovat méně než 90% lisovací síly a výstupní stav "chyba" nastane v případě, že lisovací síla bude méně než 80% lisovací síly.
- Uveďte své důvody, proč je dobré sledovat dobu běhu i v případě, že klesne pod danou úroveň?



Obrázek A.22: t_1 - Doba v zasunuté poloze, t_2 - Čas vysouvání pneumatického motoru, t_3 - Doba lisování, t_4 - Čas nutný pro zasunutí pneumatického motoru [1]

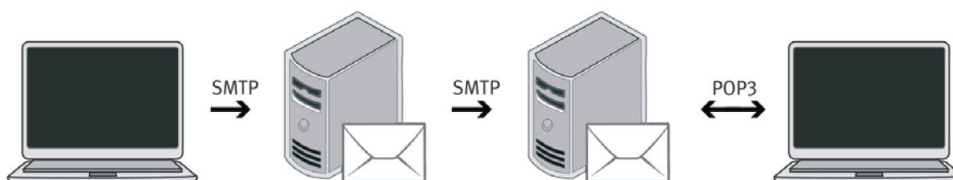
■ A.9.2 Zkoumání typů chyb

Vyplňte níže uvedenou tabulku pro čtyři typy chyb. Pokud si nejste jisti přesným označením součásti, naskenujte QR kód a načtěte si informace z informačního portálu. Mějte na paměti, že doba cyklu může být jak příliš krátká, tak i příliš dlouhá. Data o příčině a opatřeních přepište do tabulky, kterou naleznete na kartě *Maintenance tab*.

Typ chyby	Příčina	Opatření, jak danou chybu opravit	Náhradní díly
Nouzový stop			
Tlak			
Spotřeba stlačeného vzduchu			
Doba cyklu			

Tabulka A.6: Tabulka typů chyb [1]

A.10 Nastavení push up notifikací



Obrázek A.23: Schéma komunikace [1]

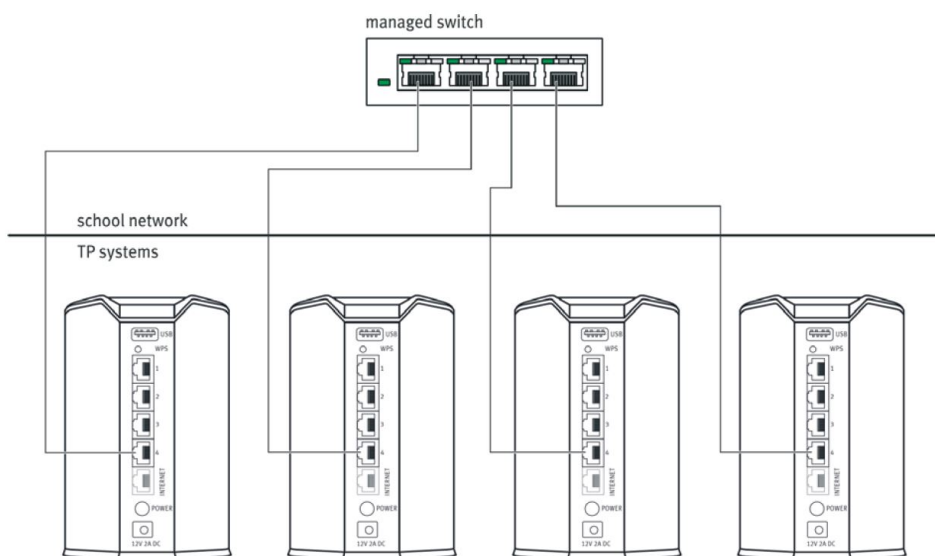
Upozornění

Na tomto cvičení lze pracovat pouze pokud je k dispozici přístup k internetu, který umožňuje požadavky SMTP. Síť ve vaší škole nebo firmě nesmí blokovat volání serveru SMTP.

A.10.1 Nastavení programu na odesílání emailů

Informace o nastavení systému připojeného k internetu

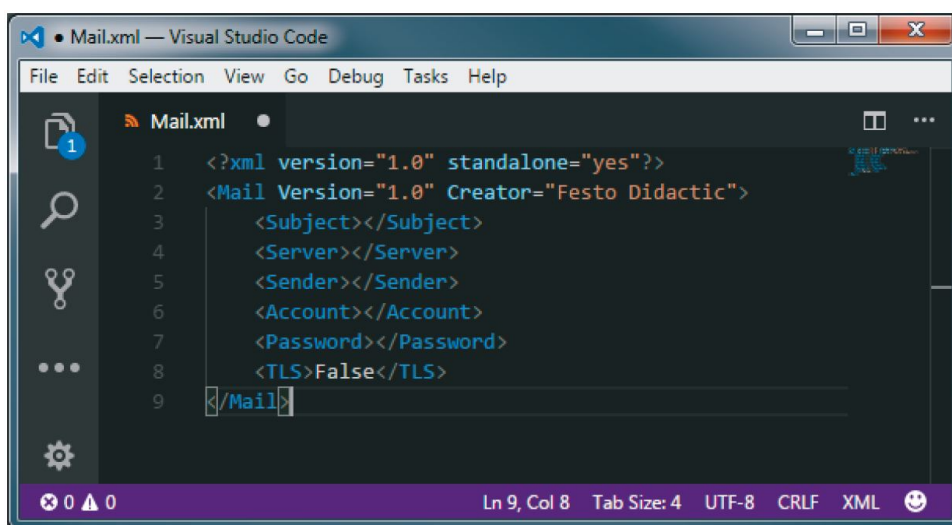
Aby bylo možné odesílat e-maily, systém nebo alespoň počítač, na kterém běží měřicí software, musí být připojen k internetu. Na obrázku č.A.24 je znázorněn způsob, jak docílit požadovaného zapojení.



Obrázek A.24: Schéma sítě [1]

Informace o odesílání e-mailů

Aby bylo možné odeslat e-mail, je nutné mít založený e-mail u některého z poskytovatelů (GMX, gmail, ...). Chcete-li odeslat e-mail z programu jako je například na obrázku č.A.25, je nutné znát jméno SMTP serveru poskytovatele. K odesílání a přenosu e-mailů se používá protokol SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). K otevření e-mailu na straně příjemce se používá protokol POP3 (Post Office Protocol 3). Většina poskytovatelů e-mailu v dnešní době používá k šifrování SSL / TLS (Transport Layer Security). Pokud poskytovatel podporuje šifrování SSL / TLS, odeslaný e-mail bude muset být šifrovaný.



```

1  <?xml version="1.0" standalone="yes"?>
2  <Mail Version="1.0" Creator="Festo Didactic">
3      <Subject></Subject>
4      <Server></Server>
5      <Sender></Sender>
6      <Account></Account>
7      <Password></Password>
8      <TLS>False</TLS>
9  </Mail>

```

Obrázek A.25: XML kód [1]

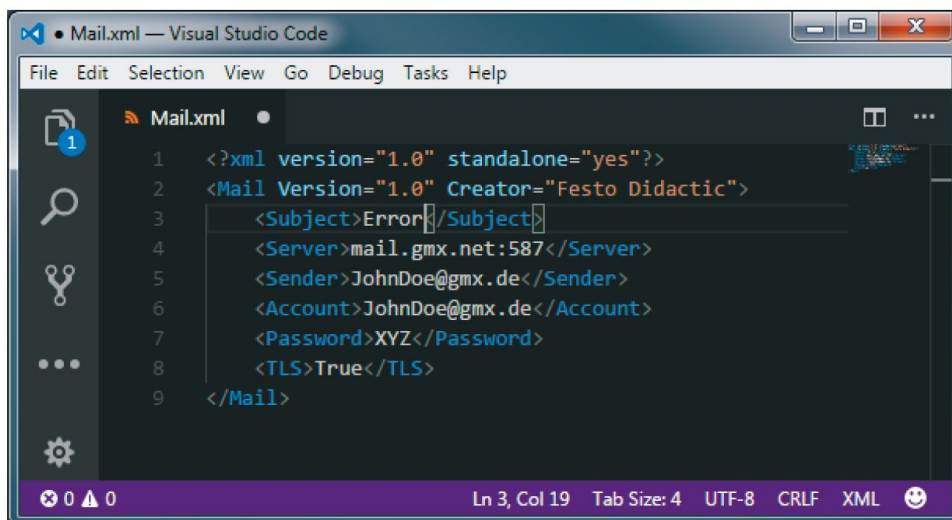
Úkoly

Máte e-mailový účet GMX s adresou JohnDoe@gmx.de. K tomu potřebujete jméno serveru SMTP, číslo portu a informace o tom, zda je podporován SSL. Předmět popisuje předmět zprávy, jak se bude zobrazovat technikovi po přijetí zprávy. Při odesílání prostřednictvím poskytovatele GMX, potřebná data mohou vypadat následovně:

Název serveru	mail.gmx.net
Číslo portu	587
Odesílatel	JohnDoe@gmx.de
Účet	JohnDoe@gmx.de
Heslo	XYZ
TLS	True

Tabulka A.7: Potřebná data [1]

Po doplnění by měl vypadat program jako na obrázku č.A.26.



Obrázek A.26: XML kód doplněný o potřebná data k zaslání notificačního emailu [1]

Název serveru a číslo portu jsou odděleny dvojtečkou a zadány do jednoho řádku. Adresa příjemce se zadává na ovládacím panelu softwaru TP 260 Software Operator Panel v části „System status“.

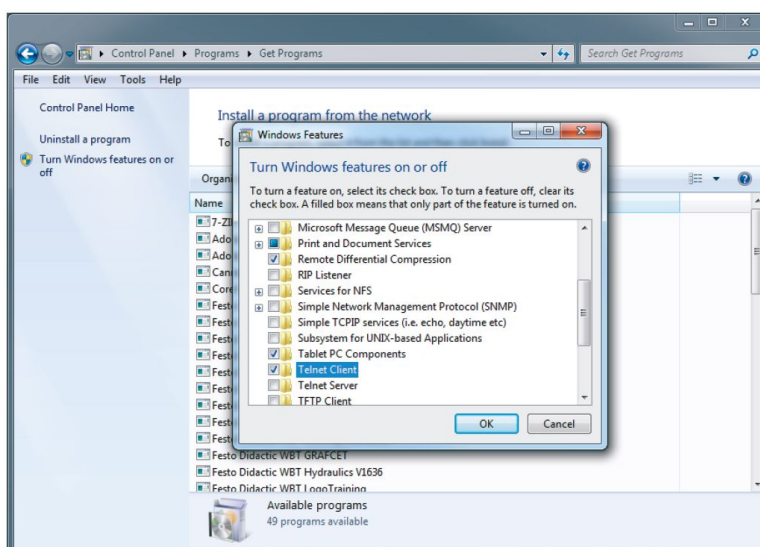
Úkoly

- Vyhledejte potřebná data a doplňte je do předpřipraveného programu.

```
<?xml version = " 1.0 " standalone = " yes " ?>
<Mail Version = " 1.0 " Creator = CVUT-FS>
  <Subject></Subject>
  <Server></Server>
  <Sender></Sender>
  <Account></Account>
  <Password></Password>
  <TLS>False</TLS>
</Mail>
```

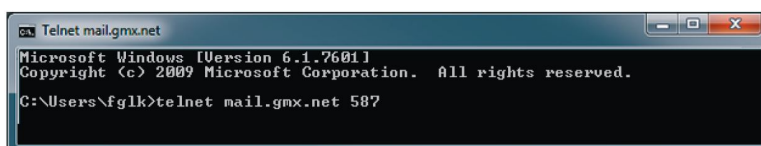
- Zkontrolujte připojení k e-mailovému serveru. Chcete-li zkontrolovat připojení k e-mailovému serveru STMP, můžete postupovat jako níže.

1. V ovládacím panelu aktivujte funkci "Telnet Client", jako na obrázku č.A.27.



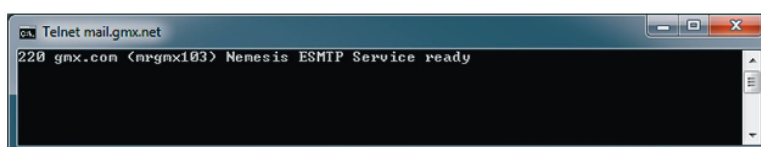
Obrázek A.27: Nastavení Telnet Client [1]

2. Jakmile je funkce aktivována, lze zadat příkaz do konzoly `'telnet<Server> <Port>'`. V našem příkladě s adresou GMX, příkaz by byl: `telnet mail.gmx.net 587`



Obrázek A.28: Ověření komunikace pomocí konzoly [1]

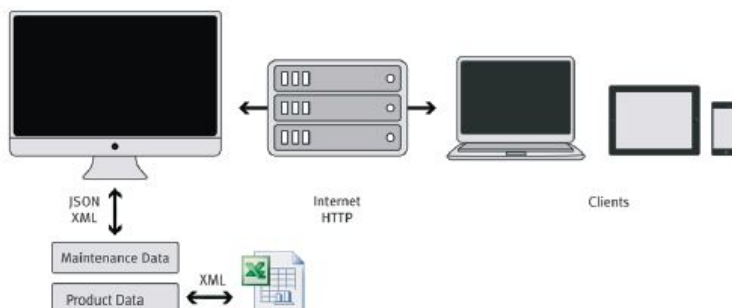
3. Pokud se podaří navázat spojení se serverem SMTP, zobrazí se po několika sekundách následující odpověď.



Obrázek A.29: Výstup z konzoly potvrzující navázání spojení se serverem SMTP [1]

4. Otestujte automatické odesílání e-mailů na nějakou událost např. stlačení tlačítka nouzový stop.

A.11 Provozování systému



Obrázek A.30: Rozvržení [1]

A.11.1 Simulace chybových stavů

- Spustíte měřicí software TP260 a webový server TP260. V operátorském režimu v měřicím softwaru TP260 otevřete webovou službu TP260 v prohlížeči stisknutím tlačítka *Open Webservice*. Pro přístup k níže uvedenému uživatelskému rozhraní vyberte v části Uživatelské role záložku *Maintenance Technician*.

Pos.	p [bar]	Time [s]	V [l]	Material
7	3,26	4,95	0,22	Plastic
8	3,26	5,26	0,20	Plastic
9	3,27	4,95	0,20	Plastic
10	3,27	4,95	0,20	Plastic
11	3,21	2,87	0,16	Plastic

Obrázek A.31: 1: Stav systému; 2: Výstrahy; 3: Cykly; 4: Informace o údržbě [1]

Poznámka

V uživatelském rozhraní webové služby se zobrazí (1) stav systému, (2) případná varování nebo chyby, (3) posledních pět cyklů a (4) informace pro technika údržby, které jste zadali.

Informace

Webová služba umožňuje komunikaci mezi stroji prostřednictvím počítačových sítí na základě požadavků http nebo HTTPS. Dochází k výměně dat a přístupu k funkcím na vzdálených počítačích. Každá webová služba má URI (jednotný identifikátor zdroje) a popis rozhraní ve strojově čitelném formátu, jako je XML nebo, jako v tomto případě, JSON6. Ten definuje způsob interakce s webovou službou.

- Případně připojte tablet k síti, abyste mohli spustit webovou službu a zpřístupnit ji technikovi údržby.

Poznámka

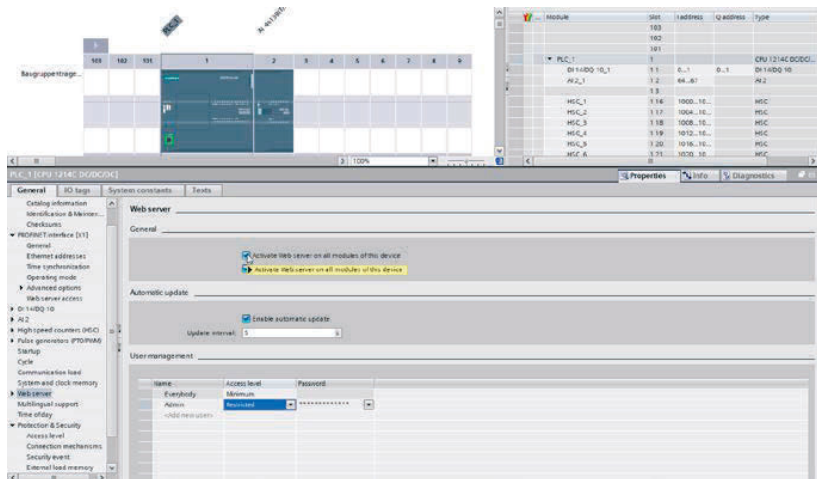
Adresa webové služby je: `http://"IP":8001/WebService1/index.html`. Nahradte "IP" IP adresou počítače, na kterém je webový server spuštěn. V části Uživatelské role vyberte možnost Maintenance Technician (Technik údržby). Každé zařízení, které chce webová služba spustit, se musí nacházet v síti systému.

- Simulujte jeden z následujících čtyř typů chyb :
 1. Nedostatečný tlak
 2. Nouzové zastavení
 3. Příliš vysoký průtok
 4. Příliš dlouhá/příliš krátká doba cyklu

A.12 Seznámení s webovou službou logického automatu

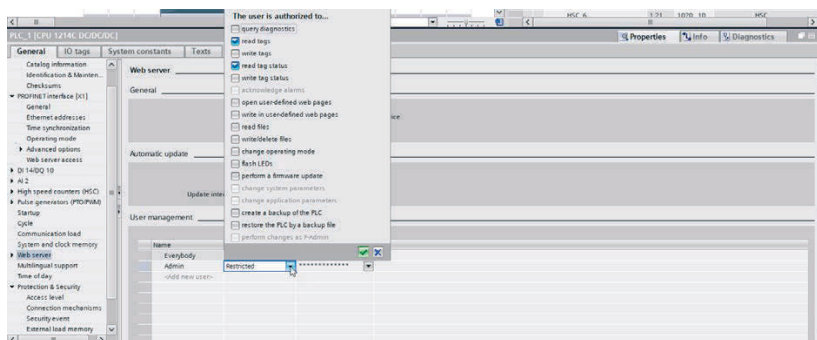
1. Aktivujte webovou službu S7

- Spustíte TIA Portal.
- Nakonfigurujete S7 tak, aby byl možný přístup k webové službě.



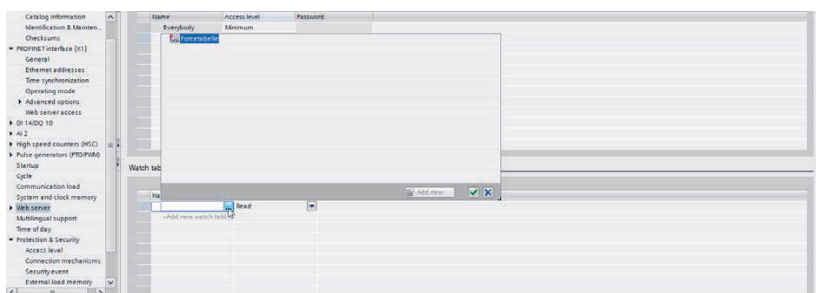
Obrázek A.32: Nastavení programu TIA Portal [1]

- Přidejte dalšího uživatele (např. Admin) s heslem a omezeným přístupem.



Obrázek A.33: Přidání dalšího uživatele v programu TIA Portal [1]

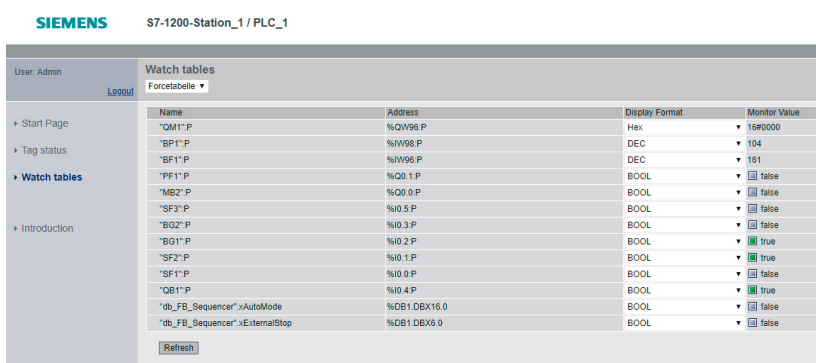
- Nastavte monitorovací tabulku.



Obrázek A.34: Nastavení monitorovací tabulky v programu TIA Portal [1]

2. Sledování vstupních a výstupních signálů procesu

- Spusťte webový prohlížeč a zadejte IP adresu S7 (192.168.1.00) zadáním adresy <https://192.168.1.00>.



Obrázek A.35: Monitorovací tabulka v programu TIA Portal [1]

Úkoly

Odpovězte na následující otázky pomocí tabulky č.A.8.

- Jaký signál je přítomen v normální poloze systému a jaký je jeho význam?
- Jak zjistíte, zda automatický mód funguje, pokud bylo stisknuto tlačítko start?

Popis	Označení v programu	Označení ve schématu
Digitální vstupy		
Start	I0.0	-SF1
Nouzový stop	I0.1	-QB1
Stop	I0.2	-SF2
Zasunutí pneumatického motoru	I0.3	-BG1
Vysunutí pneumatického motoru	I0.4	-BG2
Potvrzení	I0.5	-SF3
Digitální vlajky (flags)		
Automatický mód (xAutoMode)	DB1.DBX16.0	
Externí stop (xExternalStop)	DB1.DBX6.0	
Digitální výstupy		
Monostabilní rozvaděč 5/2	Q0.0	(-MB2)
Světelná kontrolka potvrzení	Q0.1	(-PF1)

Tabulka A.8: Tabulka vstupů a výstupů [1]

■ A.13 Výroba pomocí inovovaného stroje a řešení problémů

■ A.13.1 Výroba pomocí inovovaného stroje

Stroj:				
Zakázka:				
	Materiál	Množství	Operátor	Kontroloval
1	Plast	14	.....	.....
2	Kov	6	.....	.....
3	Plast	12	.....	.....
4	Kov	9	.....	.....
5	Plast	8	.....	.....
6	Kov	14	.....	.....
7	Plast	3	.....	.....
8	Kov	11	.....	.....
9	Plast	3	.....	.....
10	Kov	7	.....	.....
11	-	-	-	-
Celkový čas výroby: min				
Čas dokončení				

Tabulka A.9: Výrobní plán [1]

Úkoly

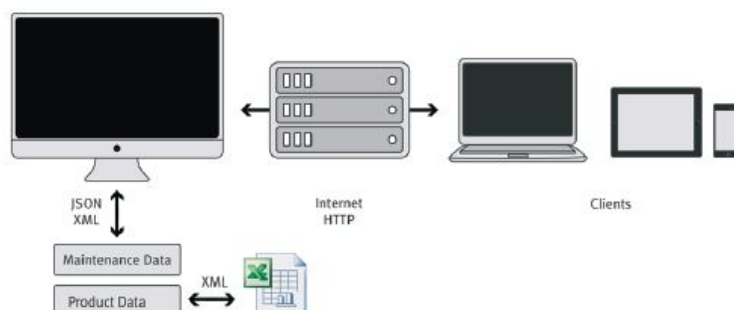
1. Provádějte výrobu podle plánu výroby.
2. Změřte čas výroby. Postup měření: Začne, jakmile stisknete tlačítko Start. Zastaví se, když je vyroben poslední kus a válec dorazí do své koncové polohy.
3. Porovnejte dobu výroby s hodnotami ve cvičení v sekci A.2.
4. Spočítejte celkovou spotřebu stlačeného vzduchu.

■ A.13.2 Řešení problémů inovovaný lis(volitelné)

Úkoly

1. Zaznamenejte čas, kdy se stroj zastaví.
2. Provedte odstranění závady na stroji. Není dovoleno vyměňovat součásti; je nutné pouze systematicky odstraňovat závady. Použijte upozornění na poruchu na webovém serveru nebo v chytrém telefonu.
3. Pomocí digitálních pomůcek lokalizujte poruchu a poté vyměňte příslušnou součástku nebo proveďte nastavení tak, aby se stroj mohl vrátit k normální funkci.
4. Zaznamenejte si čas, kdy se stroj opět rozběhne.
5. Porovnejte hodnoty s hodnotami ze cvičení v sekci A.2.

A.14 Analýza výrobní historie

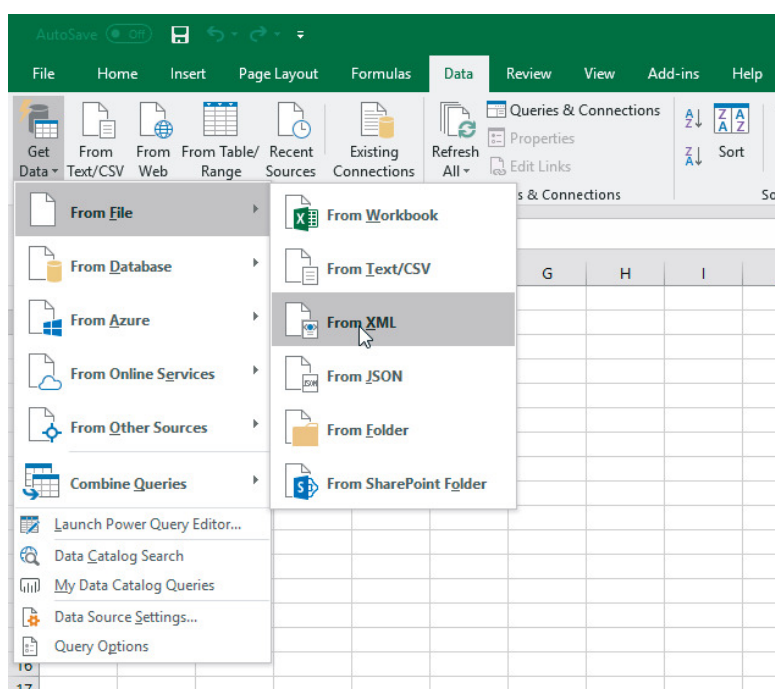


Obrázek A.36: Rozvržení [1]

Poznámka

Uložená výrobní data lze nalézt v adresáři: V adresáři `UserDocuments\TP_260\XML`. V závislosti na regionu můžete použít soubor `ProcessHistory_de.xml` nebo `ProcessHistory_en.xml`. `ProcessHistory_de.xml` používá jako oddělovač desetinných míst čárku (,), zatímco `ProcessHistory_en.xml` používá desetinnou tečku (.). Pokud dojde k přerušení záznamu dat měření, restartujte měřicí software, aby se OPC server znovu inicializoval.

1. Importujte data XML do programu pro tvorbu tabulek. Níže uvedený popis na příkladu vysvětluje, jak postupovat v aplikaci Microsoft Excel 365.
2. Otevřete nabídku: Data
 Zvolte: Otevřít data > Ze souboru > Z XML
 Vyberte požadovaný soubor (`ProcessHistory.xml`).
 A poté pomocí tlačítka *Importovat* nahrajte data.



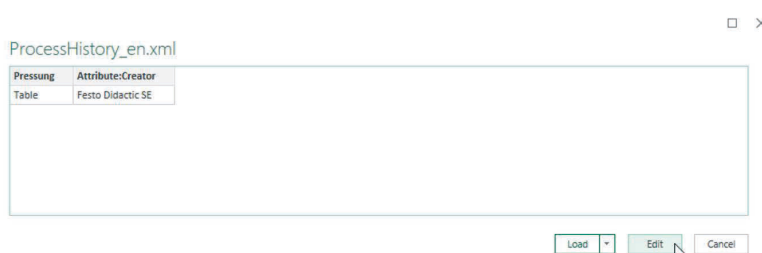
Obrázek A.37: Import z XML souboru [1]

3. Vyberte příslušný soubor XML.

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
ProcessHistory_de.xml	24.01.2019 08:25	XML-Dokument	1 KB
ProcessHistory_en.xml	24.01.2019 08:25	XML-Dokument	1 KB

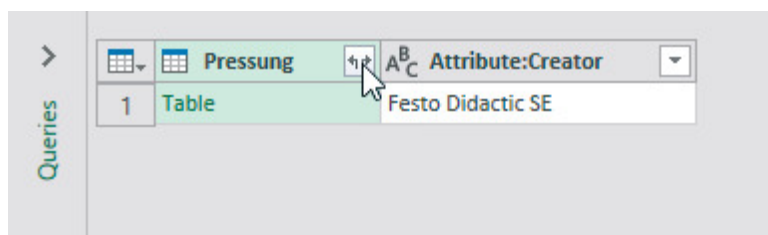
Obrázek A.38: Zvolení příslušného souboru [1]

4. V následujícím dialogovém okně vyberte možnost "Upravit". Data se importují.



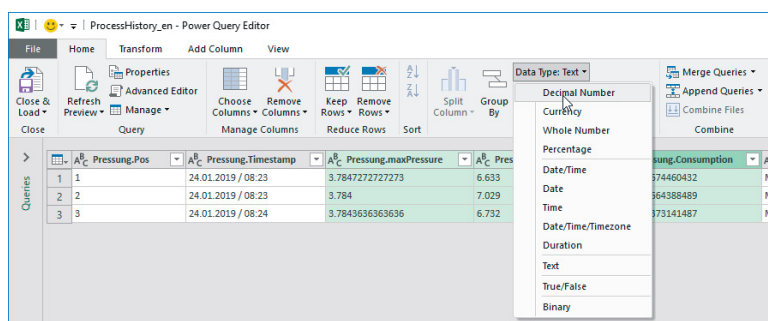
Obrázek A.39: Práce se souborem [1]

5. Kliknutím na dvě šipky otevřete tabulku dat.



Obrázek A.40: Tabulka dat [1]

6. Změňte datový typ sloupců obsahujících naměřené hodnoty na data s desetinnou čárkou. Ve výchozím nastavení jsou všechna data ze souboru XML zpracovávána jako text. Jakmile to provedete, můžete provést další kroky a definovat například desetinná místa dále v listu aplikace Excel.



Obrázek A.41: Změna datového typu v MS Excel [1]

7. Chcete-li data načíst, lze tak učinit pomocí tlačítka *Zavřít a načíst*.
8. Upravte data v aplikaci Excel tak, aby se cykly zobrazily podle následující tabulky. Zadejte následující veličiny:
- Počet plastových/kovových dílů
 - Počet dílů bez varování pro tři procesní parametry tlak, doba cyklu a spotřeba
 - Celkový počet dílů bez varování

Poznámka

Při práci na tomto cvičení se seznámte s následujícími funkcemi aplikace Excel a použijte je.

- **COUNTIF(rozsah; vyhledávací kritérium)**. Funkce počítá nahoru, pokud je kritérium splněno. Lze použít porovnávací znaménka jako Větší než > a Menší než <. Vybrané mezní hodnoty pak lze kontrolovat.

Příklad: V buňkách D2 až D10 je třeba zkontrolovat, zda byl tlak větší než 2,7 baru. (270 kPa) (=mezní hodnota). Funkce pro tento účel bude vypadat takto: **=COUNTIF(D2:D10;»2,7")**

- **MIN(count1,number2;...)**. Určí nejmenší ze dvou nebo více čísel.

Příklad: Chcete zjistit nejmenší číslo v rozsahu buněk D24 až F24. Funkce pro bude následující: **=MIN(D23:F23)**

1	Creator	Pos	Timestamp	maxPressure	CycleTime	Consumption	Material
2	Festo Didactic SE	1	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,856	0,177	Plastic
3	Festo Didactic SE	2	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,835	0,176	Plastic
4	Festo Didactic SE	3	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,943	0,176	Plastic
5	Festo Didactic SE	4	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,839	0,185	Plastic
6	Festo Didactic SE	5	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,839	0,220	Plastic
7	Festo Didactic SE	6	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,841	0,223	Plastic
8	Festo Didactic SE	7	06.02.2018 / 16:58	3,25	4,837	0,219	Plastic
9	Festo Didactic SE	8	06.02.2018 / 16:59	3,25	4,834	0,207	Plastic
10	Festo Didactic SE	9	06.02.2018 / 16:59	3,24	3,753	0,158	Plastic
11	Festo Didactic SE	10	06.02.2018 / 16:59	4,28	6,733	0,234	Metal
12	Festo Didactic SE	11	06.02.2018 / 16:59	4,28	6,816	0,243	Metal
13	Festo Didactic SE	12	06.02.2018 / 16:59	4,28	6,808	0,262	Metal
14	Festo Didactic SE	13	06.02.2018 / 16:59	4,28	6,616	0,263	Metal
15	Festo Didactic SE	14	06.02.2018 / 17:00	4,28	6,713	0,248	Metal
16	Festo Didactic SE	15	06.02.2018 / 17:00	4,28	6,714	0,251	Metal
17	Festo Didactic SE	16	06.02.2018 / 17:00	4,28	6,613	0,238	Metal
18	Festo Didactic SE	17	06.02.2018 / 17:00	4,28	6,713	0,248	Metal
19	Festo Didactic SE	18	06.02.2018 / 17:00	4,21	2,862	0,180	Metal
20							
21							
22				Pressure	CycleTime	Consumption	Qty Parts without
23	Quantity Plastic	9	Parts without Warnings	9	8	5	5
24	Quantity Metal	9	Parts without Warnings	9	8	7	7
25							
26							

Obrázek A.42: Předpokládaný výsledek [1]

■ A.15 Další vylepšení

Porovnejte výsledky z cvičení 2a a 13a a vyplňte tabulku č.A.10.

Kvalita výrobku		
Lisovací tlak a odchylky byly pod kontrolou		
Rychlost vyjždění a odchylky jsou pod kontrolou		
Náklady na výrobek		
Spotřeba stlačeného vzduchu a odchylky jsou pod kontrolou.		
Monitorování stavu bylo úspěšně zavedeno		
Digitální podpora údržby zkrátila dobu opravy		
Proporcionální regulátor tlaku zkrátil dobu nastavení.		
Rychlost vyjždění a odchylky jsou pod kontrolou		
Čítač zabránil nadprodukcí		

Tabulka A.10: Srovnávací tabulka pro cvičení 2a a 13a [1]

Pokud jste na výše uvedené body odpověděli "ne" nebo pokud vás napadají další body týkající se zlepšení stroje - zejména pokud se týkají digitalizace - vypište vaše návrhy pod tento text.

Příloha B

Příručka pro studenty - Řešení

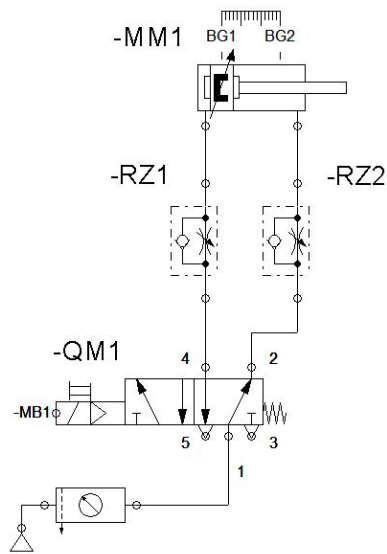
B.1 Návrh a oživení stroje - Řešení

- Vyberte potřebné komponenty, které použijete pro stavbu stroje.

Number	Description
1	5/2-way valve, with selection switch
1	Air service unit, simplified representation
1	Compressed air supply
1	Distance rule
1	Double acting cylinder
1	Electrical connection 0V
1	Electrical connection 24V
2	Magnetic proximity switch
7	Make switch
2	One-way flow control valve
1	Pushbutton (break)
1	Pushbutton (make)
2	Relay
2	Relay with switch-on delay
1	Valve solenoid

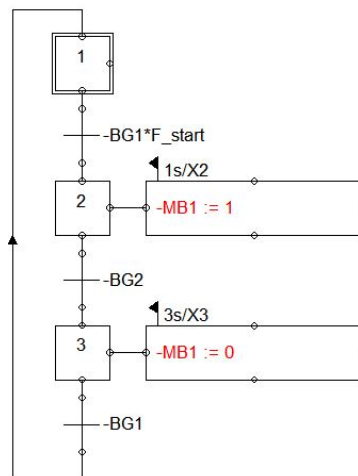
Obrázek B.1: Potřebné komponenty [1]

- Nakreslete pneumatický obvod.

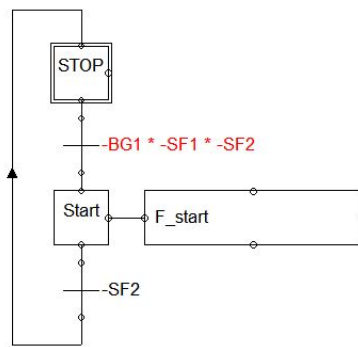


Obrázek B.2: Pneumatický obvod [1]

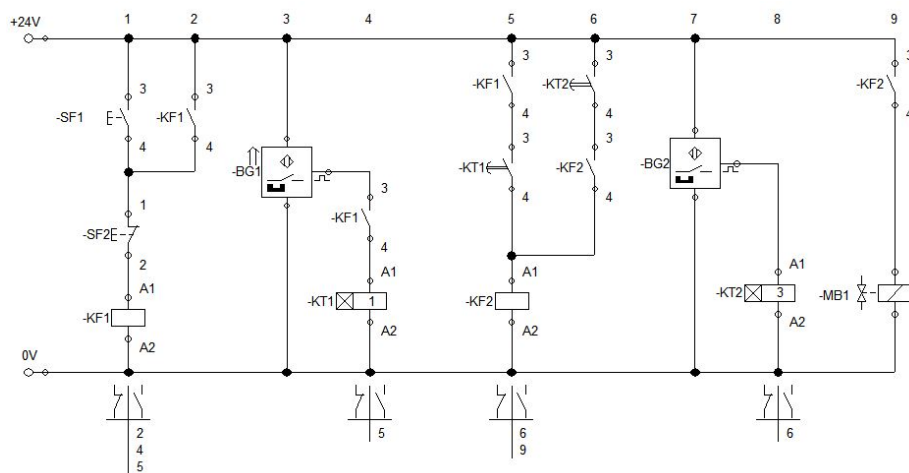
- Vytvořte program v jazyku GRAFCET nebo jiném programovacím jazyku dle standardu IEC 61131-3.



Obrázek B.3: Algoritmus řídicí proces lisování v jazyku GRAFCET [1]



Obrázek B.4: Algoritmus řídící start procesu lisování v jazyku GRAFCET [1]



Obrázek B.5: Elektrické schéma úlohy [1]

B.2 Vylepšení stroje - Řešení

B.2.1 Faktory ovlivňující kvalitu produkce

1. **Přítlak:** Pokud je přítlak příliš nízký, tisk nebude viditelný; pokud je příliš vysoký, barva se rozprostře po výrobku. Proto je třeba tlak vždy udržovat v určitém tolerančním rozmezí. Nedostatečný tlak může být způsoben několika faktory. Může se například jednat o nesprávně nastavený tlak, okolní stroje mohou současně využívat přívod stlačeného vzduchu nebo může docházet k únikům, které způsobují pokles tlaku.
2. **Rychlost vysouvání pneumatického motoru:** Je-li rychlost vysouvání válce příliš vysoká, může dojít k poškození filmu. Pomalejší vysouvání pravděpodobně neovlivní kvalitu produktu.

B.2.2 Faktory ovlivňující velikost nákladů

1. **Spotřeba stlačeného vzduchu:** Je-li spotřeba příliš vysoká (vyšší, než je potřeba), toto zbytečně navýší cenu produktu. Toto tedy nepředstavuje přidanou hodnotu pro zákazníka.
2. **MTBF:** Střední doba mezi poruchami (jak často se stroj porouchá): Pokud stroj trpí častou poruchovostí, může se stát, že nebudou dodány produkty včas do skladu. V tento moment jak sklad, tak i konečný zákazník, který platí za finální produkt jsou nespokojeni. Z tohoto důvodu by měla být poruchovost co nejmenší.
3. **MTTR:** Střední doba do opravy (doba mezi zastavením a spuštěním stroje). Pokud bude oprava stroje po poruše trvat příliš dlouho, bude výsledek stejný jako v bodě 2. Čas mezi poruchou stroje a jeho návratem plně funkčního stavu by měl být co nejkratší.
4. **Ztráta času v důsledku nastavovacích časů:** Přepínání mezi dvěma strojovými kódy (úprava tlaku pro kovové a plastové díly), nepřináší pro zákazníka žádnou hodnotu, proto by to mělo být prováděno zároveň co nejrychleji a přesněji.
5. **Ztráta času kvůli rychlosti stroje:** Pokud je stroj pomalejší, než musí být, bude vyrobeno méně produktů. Rychlost by proto měla být optimalizována způsobem, který není v rozporu s bodem 2.
6. **Zbytečná výroba:** Pokud stroj omylem vyprodukuje více produktů, než je požadované množství (k tomu může dojít, pokud neexistuje jiný systém počítání výrobků než samotný operátor), to ovlivní náklady na výrobek.

B.3 Plánování nezbytných modifikací stroje - Řešení

- Vyjmenujte opatření zlepšující kvalitu produktu, která by měla být provedena.

Řešení:

1. **Přítlak:** Pokud je přítlak příliš nízký, tisk nebude viditelný; pokud je příliš vysoký, barva se rozprostře po výrobku. Proto je třeba tlak vždy udržovat v určitém tolerančním rozmezí. Nedostatečný tlak může být způsoben několika faktory. Může se například jednat o nesprávně nastavený tlak, okolní stroje mohou současně využívat přívod stlačeného vzduchu nebo může docházet k únikům, které způsobují pokles tlaku.
 2. **Rychlost vysouvání pneumatického motoru:** Je-li rychlost vysouvání válce příliš vysoká, může dojít k poškození filmu. Pomalejší vysouvání pravděpodobně neovlivní kvalitu produktu.
- Vyjmenujte opatření, která chcete zavést za účelem zlepšení kvality výrobků.

Řešení:

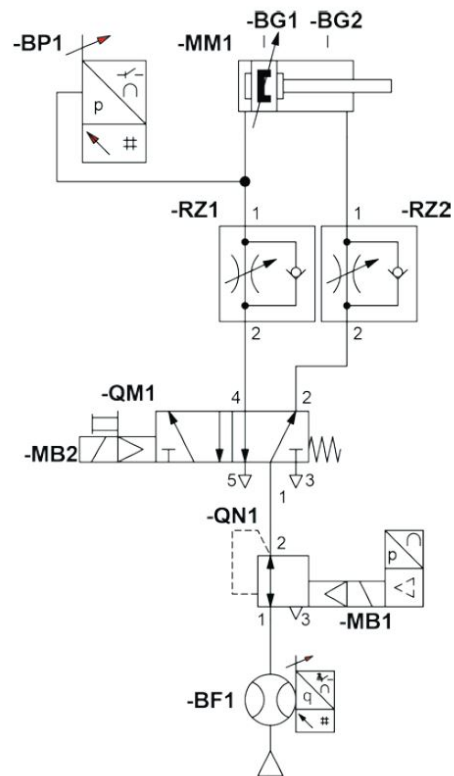
1. **Spotřeba stlačeného vzduchu:** Pokud je spotřeba příliš vysoká (vyšší, než je potřeba), výrobek se prodraží. Jako takový nepředstavuje pro zákazníka přidanou hodnotu.
2. **MTBF:** střední doba mezi poruchami (jak často se stroj porouchá): Pokud se stroj porouchává příliš často, výrobky nebudou včas předány do skladu, což bude mít za následek zpoždění dodávek. V této situaci existují dva zákazníci: sklad a koncový zákazník, který za výrobek platí. Poruchy stroje by proto měly být omezeny na minimum, aby byli spokojeni oba zákazníci.
3. **MTTR:** střední doba do opravy (doba mezi zastavením stroje a jeho opětovným spuštěním). Pokud oprava stroje po poruše trvá příliš dlouho, má to stejné důsledky jako v bodě 2. Doba mezi poruchou stroje a jeho obnovením plné funkčnosti by měla být co nejkratší.
4. **Ztráta času kvůli době nastavení:** Přepínání mezi dvěma kódy stroje (nastavení tlaku pro kovové a plastové díly) nepřináší zákazníkovi žádnou přidanou hodnotu, proto by mělo být provedeno co nejrychleji a nejpřesněji.
5. **Ztráta času kvůli rychlosti stroje:** Pokud je stroj pomalejší, než musí být, vyrobí se méně výrobků. Rychlost by proto měla být optimalizována tak, aby nebyla v rozporu s bodem 2.

6. **Zbytečná výroba:** Pokud se omylem vyrobí větší než požadované množství výrobku (k tomu může dojít, pokud neexistuje jiný systém počítání výrobků než samotný operátor), ovlivní to náklady na výrobek.
- Vypište všechny modifikace stroje, které musíte provést, pokud chcete implementovat výše zmíněná opatření.

Řešení:

1. Aby bylo možné sledovat odchylky ve stroji, je třeba umístit snímač průtoku stlačeného vzduchu na příchozí vedení stlačeného vzduchu a snímač tlaku na pístní straně pneumatického motoru.
2. Proporcionální regulátor tlaku musí být nainstalován na příchozím vedení stlačeného vzduchu před snímač průtoku.
3. Je třeba vyvinout rozhraní, které umožní nastavení požadovaného tlaku pro různé materiály dané ve specifikaci produktu, přípustných tolerancí a v určitém množství.
4. Je třeba vyvinout rozhraní, které umožní vizuální sledování stavu stroje.
5. Stroj musí být schopen plnit následující funkce
 - Zastavit produkci, pokud jsou překročeny definované tolerance.
 - Stroj by měl varovat servisní tým v případě zjištění odchylek.
 - Stroj upozorní servisní tým v případě náhlého zastavení stroje.
 - Stroj musí poskytnout servisnímu týmu potřebné informace jako jsou: typ poruchy, potenciální příčina poruchy, schéma zapojení a soupiska použitých dílů.
 - Stroj musí ukládat data o produkci na obecně přístupný server, kvůli zpětnému dohledávání.

- Nakreslete nový pneumatický obvod obsahující všechny potřebné úpravy.



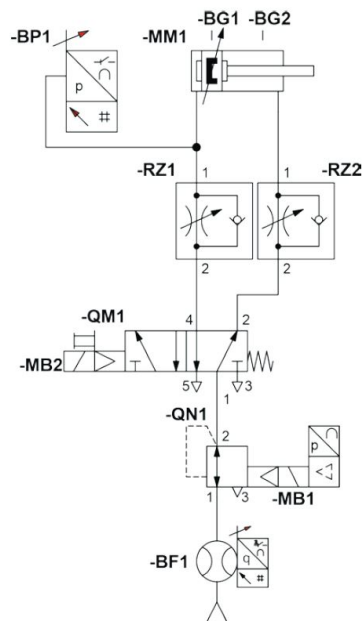
Obrázek B.6: Modifikovaný pneumatický obvod [1]

B.4 Digitální versus analogové signály - Řešení

- Jaké napětí odpovídá průtoku $10[\frac{l}{min}]$?
Řešení: 2V

B.5 Oživování modifikovaného obvodu

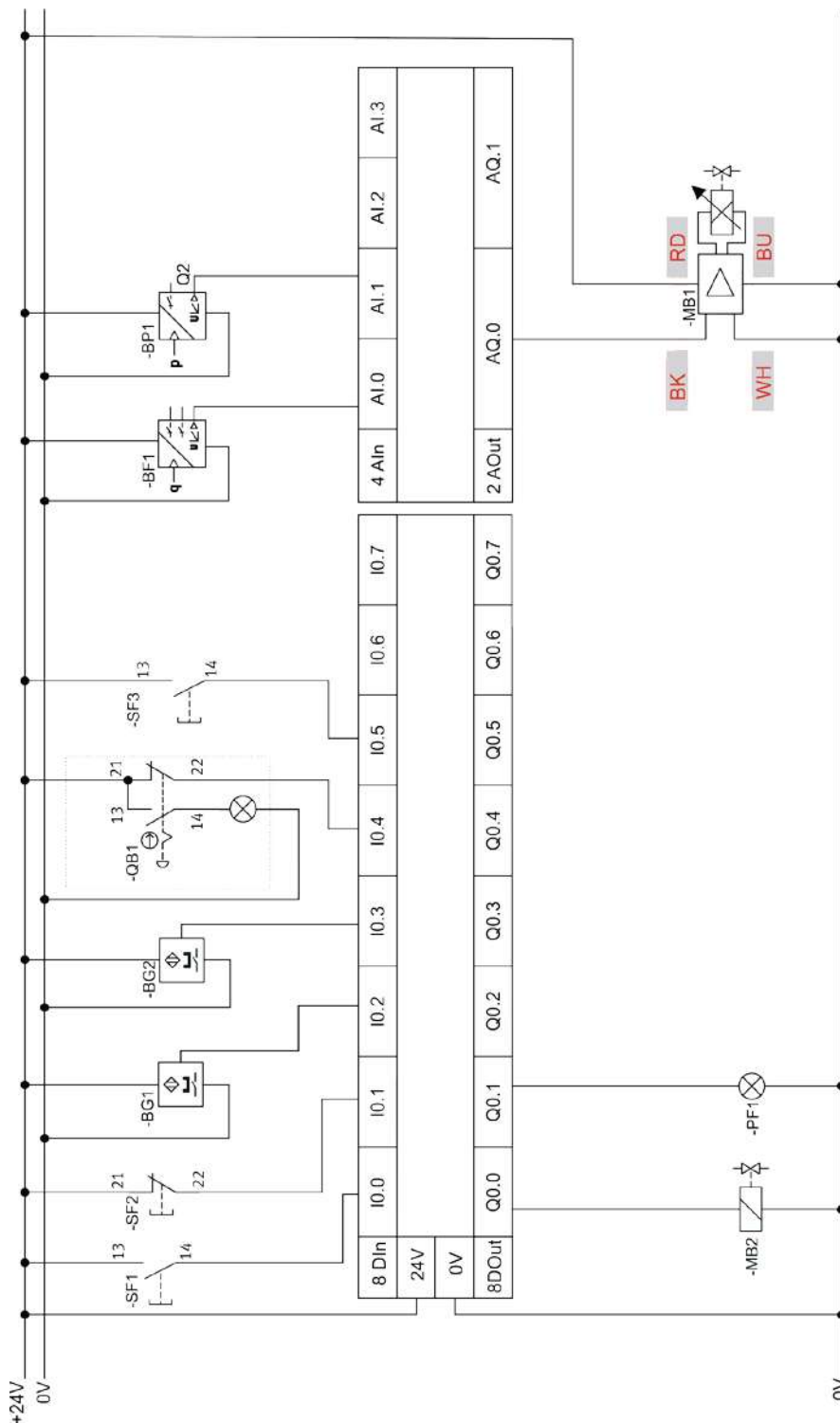
B.5.1 Návrh pneumatického obvodu



Obrázek B.7: Modifikovaný pneumatický obvod [1]

B.5.2 Návrh elektrického obvodu

- Jaký je napěťový rozsah analogového vstupu rozvaděče a jaký je regulační rozsah pro pracovní tlak?
Řešení : Vstupní napětí 0 až 10 V a pracovní tlak 0.15 až 6 bar.
- Jak vysoký musí být skutečný tlak, aby byla zajištěna správná regulace?
Řešení : Mezi 7 až 8 bar.
- Jaký tlak je zhruba nastaven, pokud je vstupní napětí 2.5 V?
Řešení : Přibližně 1.5 bar



Obrázek B.8: Schéma zapojení PLC - Řešení [1]

■ B.5.3 Oživovací protokol

Oživovací protokol	
Je schéma elektrického obvodu aktuální a úplné?	✓
Obvody	
Jsou zvolené komponenty správné?	✓
Jsou pneumatické hadice zapojeny správně?	✓
Bylo správně provedeno zapojení mezi PLC a polem?	✓
Je zapojení mezi součástkami a zdrojem napájení provedeno správně?	✓
Komponenty	
Jsou senzory polohy na pneumatickém motoru správně umístěny?	✓
Je směr regulačních ventilů průtoku správný?	✓
Byly namontovány všechny komponenty správně?	✓
Byly otestovány funkce všech komponent?	✓
Bezpečnost	
Jsou na stroji nezapojené, zničené nebo zkratované kabely?	✓
Jsou na stroji nezapojené nebo poškozené kabely?	✓
Jsou u stroje překážky omezující zdvih aktuátoru?	✓
Byl odpojen zdroj vzduchu před prvním zapnutím?	✓

Tabulka B.1: Oživovací protokol - řešení [1]

B.6 Nastavování komunikační sítě - Řešení

B.6.1 Základní pojmy

- **Síťový adaptér** - síťový adaptér nebo síťová karta jsou zařízení pro připojení počítače k síti, po které si mohou vyměňovat data.
- **WLAN přístupový bod** - Přístupový bod WLAN je zařízení, které slouží jako rozhraní pro bezdrátovou komunikaci. Koncová zařízení jako chytré telefony a tablety se mohou k přístupovému bodu připojit pomocí bezdrátového síťového adaptéru a tedy komunikovat s ostatními uživateli sítě.
- **IP adresa** - IP adresa je adresa přidělená zařízení v síti. To umožňuje identifikaci zařízení, a tedy i uživatele sítě. IP adresa je nastavena v síťovém adaptéru a společně s maskou podsítě umožňují komunikaci mezi uživateli sítě.
- **Maska podsítě** - Masku podsítě zašifruje IP adresu na síťovou a hostitelskou část. Určuje, které bity adresy IP popisují komunikační síť. Aby mohli všichni uživatelé v síti komunikovat, musí mít v adrese IP vždy stejnou síťovou část. Každý z uživatelů však musí mít jinou hostitelskou část, jinak dojde ke konfliktu adres IP.
- **Gateway** - Gateway vytváří spojení mezi dvěma zařízeními v síti. V případě naší sítě je bránou přístupový bod sítě WLAN.
- **DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)** - Protokol DHCP umožňuje začlenění zařízení připojených k přístupovému bodu do sítě bez nutnosti ruční konfigurace síťového adaptéru. Přístupový bod automaticky přiděluje IP adresy pro připojené uživatele v nastaveném rozsahu.

B.7 Stanovení a nastavení parametrů procesu - Řešení

B.7.1 Nastavení senzorů - úkoly

- Určete převodní faktory z katalogového listu snímače tlaku a průtoku. Výsledky запиšte.

- Faktor tlakového senzoru: $1 \left[\frac{mm}{V} \right]$
- Faktor průtokového senzoru: $5 \left[\frac{l/min}{V} \right]$

- Jaký je tlak, pokud bylo změřeno napětí $3.5 [V]$ na výstupu z tlakového senzoru? Offset pro tento příklad je $-0.1 [bar]$.

$$Tlak [bar] = \left(3.5 [bar] \cdot 1 \left[\frac{bar}{V} \right] \right) - 0.1 [bar] = 3.4 [bar]$$

- Odpovídající faktory jsou přednastaveny v nastavení senzoru. Offset můžete upravit, pokud je potřeba. Níže vypište tyto hodnoty:

- Skutečný posun tlaku:
- Posun procesního tlaku:
- Posun průtoku:

Vypočítaná data lze zadat v nastavení. Chcete-li to provést, vyberte tlačítko *Sensor setup* a po zadání dat lze uložit nastavení pomocí tlačítka *Submit*.

B.7.2 Přiřazení snímačů do procesních parametrů

Přiřadte instalované senzory, k zmíněným procesním parametrům.

Procesní parametry	Senzory
Runtime	Koncové snímače (-BG1, -BG2)
Spotřeba energie	Průtokový senzor (-BF1)
Kontaktní tlak	Tlakový senzor (-BP1)
Únik	Senzor průtoku (-BF1) v kombinaci s nastavenou hodnotou průtoku stlačeného vzduchu

Tabulka B.2: Tabulka procesních parametrů [1]

Použitím tlakového senzoru (-BP1) síla vyvozená pneumatickým motorem může být změřena i nepřímo. Spočítejte lisovací tlak pneumatického motoru, pokud je do pneumatického motoru přiveden stlačený vzduch natlakovaný na 4 bary. Všechny další údaje týkající se pneumatického motoru lze získat z katalogového listu.

Řešení:

$$A = 20^2 \left[mm^2 \right] \cdot \frac{\pi}{4} = 314 \left[mm^2 \right]$$

$$F = p \cdot A = 0.4 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \cdot 314 \left[mm^2 \right] = 125 [N]$$

B.8 Poskytování informací o typech chyb - Řešení

B.8.1 Nastavování tolerancí

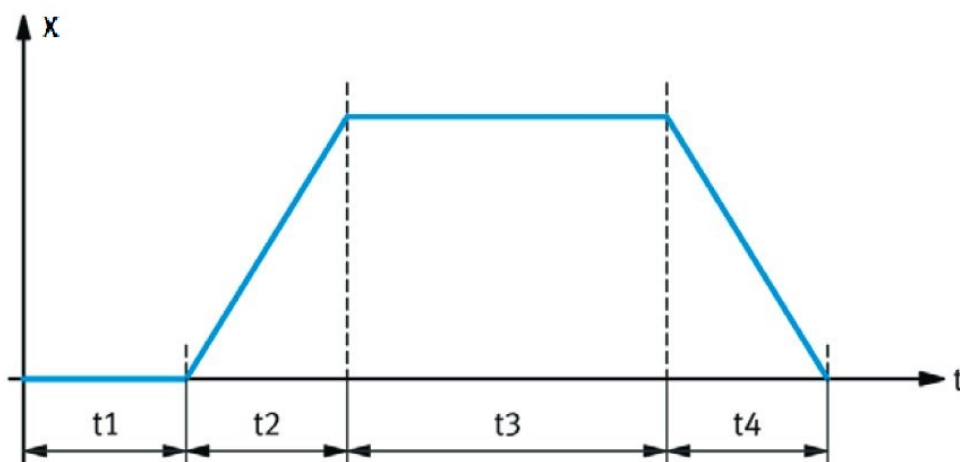
- Proč ve specifikované konfiguraci systému není nutné sledovat, zda je úroveň tlaku překročena?

Řešení: Pracovní tlak je regulován pomocí proporcionálního tlakového regulátoru. Pracovní tlak je specifikován vybranou variantou receptu. Odchytky jsou přípustné pouze při poklesu tlaku, pokud je nedostatečný tlak před proporcionálním ventilem.

- Vypočítejte tolerance tlaku, pro výstupní stavy "varování" a "chyba", pokud chcete stlačit plastovou část. Výstupní stav "varování" nastane v případě, že lisovací síla bude dosahovat méně než 90% lisovací síly a výstupní stav "chyba" nastane v případě, že lisovací síla bude méně než 80% lisovací síly.

Řešení: Lisovací síla je přímo úměrná lisovacímu tlaku. Pokud je nastaven tlak stlačeného vzduchu na tlak 3 bar, poté tlak odpovídající stavu "varování" je 2.7 bar a stavu "chyba" by odpovídal tlak 2.4 bar. Tolerance je proto třeba definovat na -0,3 nebo -0,6.

- Proč je dobré sledovat dobu běhu i v případě, že klesne pod danou úroveň? Uveďte důvod/y, proč tomu tak je.



Obrázek B.9: t_1 - Doba v zasunuté poloze, t_2 - Čas vysouvání pneumatického motoru, t_3 - Doba lisování, t_4 - Čas nutný pro zasunutí pneumatického motoru [1]

Řešení: Doba setrvání v koncové poloze pneumatického motoru (čas lisování) určuje přímo logický automat. Pokud doba cyklu je příliš krátká, může to znamenat, že rychlost vysouvání pneumatického motoru je příliš vysoká. Což může vést k poškození pneumatického motoru nebo lisovaného dílu.

Typ chyby	Příčina	Opatření, jak danou chybu opravit	Náhradní díly
Nouzový stop	Zmáčknutí tlačítka "nouzový stop".	Zjistěte, proč bylo tlačítko "nouzový stop" zmáčknuto. Eliminujte příčiny. Odblokujte tlačítko a odkvitujte poruchu.	Náhradní díly nejsou potřeba
Tlak	Požadovaný tlak je nastaven nesprávně.	Zkontrolujte aktuální tlak a upravte ho.	Náhradní díly nejsou potřeba
	Aktuální tlak je příliš nízký a filtr stlačeného vzduchu je zanesen.	Zkontrolujte filtr a pokud je to nezbytné, nahraďte jej.	Filtr stlačeného vzduchu 40 µm
	Tlak nebyl nahrán nebo je nahrán nesprávně.	Zkontrolujte tlakový senzor a kabeláž.	Tlakový senzor 572746 nebo kabel potřebný k připojení
Spotřeba stlačeného vzduchu	Netěsnost na přívodu stlačeného vzduchu do pneumatického motoru.	Zkontrolujte hadičky vedoucí do pneumatického motoru. Ujistěte se, že hadičky jsou správně umístěny v rychlospojce. Pokud jsou umístěny správně a stále dochází k úniku, nahraďte je.	PUN 4x0.75 pneumatická hadička
	Těsnění pneumatického motoru je poškozené.	Zkontrolujte pneumatický motor a pokud bude třeba nahraďte jej.	Pneumatický motor 152888
Doba cyklu	Doba cyklu je příliš dlouhá od doby, kdy jednosměrný ventil je uzavřen.	Zkontrolujte jednocestný škrťací ventil a obnovte jeho původní nastavení.	Náhradní díly nejsou potřeba
	Doba cyklu je příliš dlouhá od doby, kdy pneumatický motor je mechanicky blokován.	Zkontrolujte, zda se pneumatický motor pohybuje bez odporu, pokud není ani jedna z jeho částí natlakovaná. Pokud je třeba, nahraďte jej.	Pneumatický motor 152888
	Doba cyklu je příliš krátká od doby, kdy jednosměrný ventil je příliš otevřen nebo je nefunkční.	Zkontrolujte jednocestný škrťací ventil a seřídte jej nebo nahraďte.	DRV 193967

Tabulka B.3: Tabulka typů chyb - Řešení [1]

B.9 Seznámení s webovou službou logického automatu - Řešení

Odpovězte na následující otázky pomocí tabulky č.B.4.

Popis	Označení v programu	Označení ve schématu
Digitální vstupy		
Start	I0.0	-SF1
Nouzový stop	I0.1	-QB1
Stop	I0.2	-SF2
Zasunutí pneumatického motoru	I0.3	-BG1
Vysunutí pneumatického motoru	I0.4	-BG2
Potvrzení	I0.5	-SF3
Digitální vlajky (flags)		
Automatický mód (xAutoMode)	DB1.DBX16.0	
Externí stop (xExternalStop)	DB1.DBX6.0	
Digitální výstupy		
Monostabilní rozvaděč 5/2	Q0.0	(-MB2)
Světelná kontrolka potvrzení	Q0.1	(-PF1)

Tabulka B.4: Tabulka vstupů a výstupů - Řešení [1]

- Jaký signál je přítomen v normální poloze systému a jaký je jeho význam?
Řešení - Vstup I6. Pneumatický motor je zasunutý.
- Jak zjistíte, zda automatický mód funguje, pokud bylo stisknuto tlačítko start?
Řešení - Po stisknutí tlačítka Start se nastaví příznak xAutoMode (automatický mód).

B.10 Další vylepšení - Řešení

Porovnejte výsledky z cvičení 2a a 13a a vyplňte tabulku č.A.10.

Kvalita výrobku		
Lisovací tlak a odchylky byly pod kontrolou	✓	
Rychlost vyjíždění a odchylky jsou pod kontrolou	✓	
Náklady na výrobek		
Spotřeba stlačeného vzduchu a odchylky jsou pod kontrolou.	✓	
Monitorování stavu bylo úspěšně zavedeno	✓	
Digitální podpora údržby zkrátila dobu opravy	✓	
Proporcionální regulátor tlaku zkrátil dobu nastavení.	✓	
Rychlost vyjíždění a odchylky jsou pod kontrolou	✓	
Čítač zabránil nadprodukcí	✓	

Tabulka B.5: Srovnávací tabulka pro cvičení 2a a 13a - očekávaný výsledek [1]

Příloha C

Software použitý k řízení stroje

```
1 IF NOT #ManualChoice THEN
2
3     IF #Material = 0 THEN
4         // Init values
5         #tWaitBeforePress := T#5000ms;
6         #tWaitPress := T#5000ms;
7     ELSIF #Material = 1 THEN
8         // Plastic mat
9         #tWaitBeforePress := T#4000ms;
10        #tWaitPress := T#6000ms;
11    ELSIF #Material = 2 THEN
12        // Steel mat
13        #tWaitBeforePress := T#5000ms;
14        #tWaitPress := T#9000ms;
15    END_IF;
16
17 ELSE
18     #tWaitBeforePress := #TimeBeforePress;
19     #tWaitPress := #TimePressing;
20
21 END_IF;
```

Algoritmus C.1: Funkční blok material select

```
1 //Security inputs scada
2 #SecurityArrScada[0] := "EmergencyStopScada";
3
4 // Security inputs HMI
5 #SecurityArrHmi[0] := "QB1";
6
7 IF (#SecurityArrScada[0] = TRUE OR #SecurityArrHmi[0] = FALSE) THEN
8     #SecurityConflict[0] := true;
9     ELSIF (#SecurityArrScada[0] = FALSE OR #SecurityArrHmi[0] = TRUE)
10    THEN
11        #SecurityConflict[0] := false;
12
13    END_IF;
14
15 IF #SecurityConflict[0] = true THEN
16     #EmergencyStopCon := true;
17 END_IF;
18
19 IF #SecurityConflict[0] = FALSE THEN
20     #EmergencyStopCon := FALSE;
21 END_IF;
```

Algoritmus C.2: Funkční blok SCADA/HMI conflict

```

1 IF (#ManualMode) THEN
2
3     #SpecificModeVisib := FALSE;
4
5     IF (#Vysunout AND #Retracted AND NOT #eStop AND NOT #Stop) THEN
6         #Valve := TRUE;
7         #ton1in := TRUE;
8     END_IF;
9
10    IF (#Extended AND #Zasunout AND NOT #eStop AND NOT #Stop) THEN
11        #TON2_IN := TRUE;
12        #Valve := FALSE;
13    END_IF;
14
15    IF (#Stop AND NOT #eStop) THEN
16        #Valve := FALSE;
17        RETURN;
18    END_IF;
19 END_IF;

```

Algoritmus C.3: Funkční blok ManualModeSCL

```

1
2 #WaitInInitialPos(IN := #iWaitInInitialPos,
3                 PT := #tWaitBeforePress,
4                 Q => #qWaitInInitialPos);
5
6 #WaitInPressPos(IN := #iWaitInPressPos,
7                PT := #tPressTime,
8                Q => #qWaitInPressPos);
9
10 // Emergency stop
11 IF #xEmStop THEN
12     #uiStep := 200;
13 END_IF;
14
15 IF ((#uiStep = 30) OR ((#uiStep = 31)) OR ((#uiStep = 32))) THEN
16     #SpecificModeVisibility := TRUE;
17 ELSE
18     #SpecificModeVisibility := FALSE;
19 END_IF;
20
21 //*****Sequence*****
22
23 CASE #uiStep OF
24     0: // Selection of automatic mode
25         #iWaitInInitialPos := FALSE;
26         #iWaitInPressPos := FALSE;
27
28         IF #ModeSelect = 0 THEN
29             #SpecificCycleRun := FALSE;
30             #CycleDone := FALSE;
31             #uiStep := 10;
32         ELSIF #ModeSelect = 1 THEN
33             #ContinousModeAuxVar := FALSE;
34             #SpecificCycleRun := FALSE;
35             #CycleDone := FALSE;
36             #uiStep := 20;
37         ELSIF #ModeSelect = 2 THEN
38             #SpecificCycleRun := FALSE;
39             #CycleDone := FALSE;
40             #ActualCycleOut := 0;
41             #uiStep := 30;
42         END_IF;
43
44     10: // Sigle run

```

```

45     IF ((#xStart AND #xCylRetracted) AND NOT #xCylExtended) THEN
46         #iWaitInInitialPos := TRUE;
47     END_IF;
48
49     IF (#qWaitInInitialPos) THEN
50         "StartScada" := FALSE;
51         #uiStep := 11;
52     END_IF;
53
54     IF (#ModeSelect <> 0) THEN
55         #uiStep := 0;
56     END_IF;
57
58     11: //Vysunuti valce
59     IF (#xCylRetracted) THEN
60         #xExtendCyl := TRUE;
61         #uiStep := 12;
62     END_IF;
63
64     12: //Lisovani
65     IF (#xExtendCyl AND #xCylExtended) THEN
66         #iWaitInPressPos := TRUE;
67     END_IF;
68
69     IF #xStop THEN
70         #uiStep := 100;
71     END_IF;
72
73     IF (#qWaitInPressPos) THEN
74         #iWaitInInitialPos := FALSE;
75         #iWaitInPressPos := FALSE;
76
77         #xExtendCyl := FALSE;
78         #uiStep := 10;
79     END_IF;
80
81     20: // Continuous run mode
82     IF ((#xStart OR #ContinuousModeAuxVar) AND #xCylRetracted) AND
NOT #xCylExtended) THEN
83         #iWaitInInitialPos := TRUE;
84     END_IF;
85
86     IF (#qWaitInInitialPos) THEN
87         "StartScada" := FALSE;
88         #uiStep := 21;
89     END_IF;
90
91     IF (#ModeSelect <> 1) THEN
92         #ContinuousModeAuxVar := FALSE;
93         #uiStep := 0;
94     END_IF;
95
96     21: //Vysunuti valce
97     IF (#xCylRetracted) THEN
98         #xExtendCyl := TRUE;
99         #uiStep := 22;
100    END_IF;
101
102    22: //Lisovani
103    IF (#xExtendCyl AND #xCylExtended) THEN
104        #iWaitInPressPos := TRUE;
105    END_IF;
106
107    IF #xStop THEN
108        #uiStep := 100;
109    END_IF;

```

```

110
111     IF (#qWaitInPressPos) THEN
112         #iWaitInInitialPos := FALSE;
113         #iWaitInPressPos := FALSE;
114         #ContinuousModeAuxVar := TRUE;
115         #xExtendCyl := FALSE;
116         #uiStep := 20;
117     END_IF;
118
119 30: // Serizovaci mod
120
121     IF ((#xStart OR #SpecificCycleRun) AND #xCylRetracted) AND NOT
#xCylExtended) THEN
122         #iWaitInInitialPos := TRUE;
123         #SpecificCycleRun := TRUE;
124         #CycleDone := FALSE;
125     END_IF;
126
127     IF (#qWaitInInitialPos) THEN
128         "StartScada" := FALSE;
129         #uiStep := 31;
130     END_IF;
131
132     IF ((#ActualCycleOut = "CycleCounter")) THEN
133         #SpecificCycleRun := FALSE;
134         #uiStep := 0;
135         #CycleDone := TRUE;
136     END_IF;
137
138     IF ((#ModeSelect <> 2) ) THEN
139         #SpecificCycleRun := FALSE;
140         #uiStep := 0;
141     END_IF;
142
143 31: //Vysunuti valce
144     IF (#xCylRetracted) THEN
145         #xExtendCyl := TRUE;
146         #uiStep := 32;
147     END_IF;
148
149 32: //Lisovani
150     IF (#xExtendCyl AND #xCylExtended) THEN
151         #iWaitInPressPos := TRUE;
152     END_IF;
153
154     IF (#qWaitInPressPos) THEN
155         #ActualCycleOut := #ActualCycleOut + 1;
156         #iWaitInInitialPos := FALSE;
157         #iWaitInPressPos := FALSE;
158         #xExtendCyl := FALSE;
159         #uiStep := 30;
160     END_IF;
161
162     // Stop mode
163     IF #xStop THEN
164         #uiStep := 100;
165     END_IF;
166
167 100: // Stop mode
168     #ContinuousModeAuxVar := FALSE;
169     #SpecificCycleRun := FALSE;
170     #xExtendCyl := FALSE;
171     #iWaitInInitialPos := FALSE;
172     #iWaitInPressPos := FALSE;
173
174     #uiStep := 0;

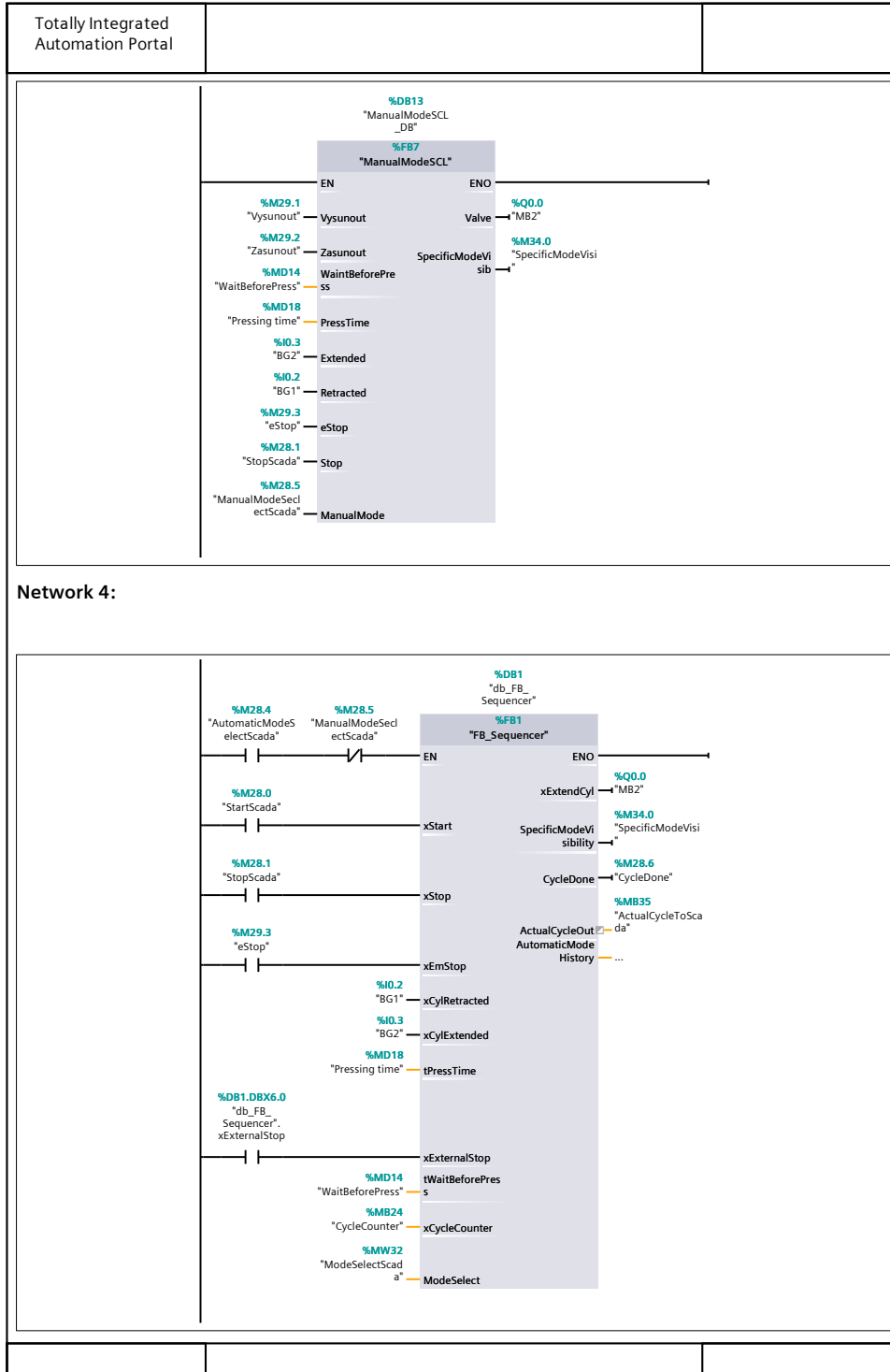
```

```
175
176     200: // Emergency stop
177         #ContinuousModeAuxVar := FALSE;
178         #SpecificCycleRun := FALSE;
179         #iWaitInInitialPos := FALSE;
180         #iWaitInPressPos := FALSE;
181         "StartScada" := FALSE;
182
183         IF #xEmStop = FALSE THEN
184             #uiStep := 0;
185         END_IF;
186
187
188 END_CASE;
189
190 //*****Switch case history
191
192 IF #uiStep <> #UiStepMem THEN
193     #UiStepMem := #uiStep;
194     #Index := #Index + 1;
195 END_IF;
196
197 #AutomaticModeHistory[#Index] := #UiStepMem;
198
199 IF #Index > 9 THEN
200     #Index := 0;
201 END_IF;
```

Algoritmus C.4: Funkční blok Sequencer

Totally Integrated Automation Portal					
TP260_2_V15.1 / PLC_1 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks					
Main [OB1]					
Main Properties					
General					
Name	Main	Number	1	Type	OB
Language	LAD	Numbering	Automatic		
Information					
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	
Network 1: Selected material					
Network 2: SCADA/HMI conflict					
Network 3: Manual mode					

Tabulka C.1: Hlavní cyklický opakovaný program 1/2



Tabulka C.2: Hlavní cyklický opakovaný program 2/2