



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH PROPOJENÍ A PROGRAMOVÝCH MODULŮ
PRO ŘÍZENÍ ROBOTICKÉ BUŇKY PRO ZAKLÁDÁNÍ
DÍLŮ**

DESIGN OF INTERCONNECTIONS AND PROGRAM MODULES FOR ROBOTIC CELL CONTROL FOR
PARTS CREATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ihor Fursov

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. František Bradáč, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Ihor Fursov**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce: **Ing. František Bradáč, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

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

Návrh propojení a programových modulů pro řízení robotické buňky pro zakládání dílů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je navrhnout strukturu, model a programové moduly pro komunikaci jednotlivých stanic v rámci robotické buňky pro zakládání dílů. Buňka se skládá z heterogenních zařízení s různými typy řídicích systémů od různých výrobců.

Cíle diplomové práce:

Rešerše dané problematiky.
Analýza možností komunikace jednotlivých částí buňky.
Návrh struktury řízení jednotlivých částí buňky.
Návrh programových modulů pro vzájemnou komunikaci jednotlivých částí buňky.
Návrh vizualizace stavu jednotlivých částí buňky.

Seznam doporučené literatury:

BECKHOFF, <http://www.beckhoff.com>, přístup 20.9.2018

BECKHOFF, Beckhoff Information System, <http://infosys.beckhoff.com/>, přístup 20.9.2018

SIEMENS, Mikrosystémy,
<http://www1.siemens.cz/ad/current/index.php?ctxnh=e19daf5474&ctxp=home>, přístup 20.9.2018

Unified Architecture [online], 2018. Scottsdale, AZ 85260-1868 USA: OPC Foundation [cit. 2018-0-20]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>

Aveva Global Customer Support [online], 2018. High Cross, Maddingley Road, Cambridge, CB3 0HB, UK: AVEVA Group [cit. 2018-09-24]. Dostupné z: <https://softwaresupport.aveva.com/>

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem propojení programových modulů, pro řízení robotické buňky pro zakládání dílů. Vypracována řešerše se zabývá komunikačními protokoly používanými v průmyslu. Dále je proveden rozbor jednotlivých částí buňky dle možnosti komunikace. Jsou navrženy struktury řízení buňky. Po zhodnocení jednotlivých struktur je vybrána struktura s využitím SCADA systému. Projekt pro propojení jednotlivých zařízení je vytvořen v systému Wonderware System Platform. Dále je popsán postup propojení jednotlivých částí buňky mezi sebou. Je navržena vizualizace pro ovládání robotické buňky a znázornění jejího stavu. Vizualizace je vytvořena v programu Wonderware InTouch. Na závěr je práce zhodnocena.

ABSTRACT

This diploma thesis describes design of interconnections and program modules for robotic cell control for parts creation. Research of this work is focused on industrial communication protocols. The next part analyzes separate parts of the cell and their ways of connection. Furthermore, control structures of the cell are proposed and after comparison of them SCADA system structure was chosen. Project of connecting separate devices is done in Wonderware System Platform. The next step describes procedure of interconnection of parts of the cell with each other. Then was designed visualization to operate robotic cell and to illustrate its state. Whole visualization was created using Wonderware InTouch program. In conclusion thesis is reviewed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Robotická buňka, průmyslové komunikační protokoly, OPC standard, OPC UA standard, SCADA systémy, Wonderware System Platform, Wonderware InTouch.

KEYWORDS

Robotic cell, industrial communication protocols, OPC standard, OPC UA standard, SCADA systems, Wonderware System Platform, Wonderware InTouch.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FURSOV, I. *Návrh propojení a programových modulů pro řízení robotické buňky pro zakládání dílů*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2019, 73 s., Vedoucí diplomové práce Ing. František Bradáč, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Tím bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Františku Bradáčovi, Ph.D. za jeho pomoc, vedení a cenné rady během vypracování diplomové práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 20.5.2019

.....

Fursov Ihor

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVACE	17
3	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	19
3.1	Komunikační protokoly	19
3.1.1	EtherNET / IP	19
3.1.2	PROFINET	20
3.1.3	Modbus TCP / IP	21
3.2	OPC / OPC UA	21
3.2.1	OPC	22
3.2.2	OPC UA	23
3.3	Systemy typu SCADA	24
4	ROZBOR JEDNOTLIVÝCH ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ STROJE POUŽITÝCH U ROBOTICKÉ BUŇKY	25
4.1	Soustruh	25
4.2	Frézka	25
4.3	Robot	26
4.4	PLC S7 1500	26
5	NÁVRH STRUKTURY ŘÍZENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ BUŇKY	29
5.1	IRC5 jako Master	29
5.2	PLC S7 1500 jako Master	29
5.3	Využití SCADA	30
5.4	Porovnání a výběr struktury řízení	32
6	PŘÍPRAVA PROJEKTU V WONDERWARE SYSTEM PLATFORM	33
6.1	Základní struktura projektu ve Wonderware System Platform	34
6.2	Vytvoření projektu ve Wonderware System Platform	35
7	PROGRAMOVÉ MODULY PRO PROPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ BUŇKY	37
7.1	Konfigurace PLC pro spuštění OPC UA serveru	37
7.2	Konfigurace a spuštění OPC serveru pro IRC5	41
7.3	Konfigurace OPC UA serveru u frézky	43
7.4	Konfigurace a propojení OPC UA serverů s klientem	44
7.5	Konfigurace a propojení OPC serveru s klientem	46
8	VYBĚR DAT K INTEGRACI DO SYSTEMU SCADA	49
8.1	Výběr dat z OPC UA serveru	49
8.2	Zařazení PLC automatu do modelu v System Platform	50
8.3	Výběr dat z OPC serveru	52
9	NAVRH A VYTVOŘENÍ VIZUALIZACE	55
9.1	Návrh jednotlivých oken	56
10	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	61
11	ZÁVĚR	63
12	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65

13 SEZNAM ZKRATEK, OBRÁZKŮ A TABULEK	69
13.1 Seznam zkratk.....	69
13.2 Seznam tabulek.....	69
13.3 Seznam obrázků.....	70
14 SEZNAM PŘÍLOH	73

1 ÚVOD

Dnes je digitalizace na té úrovni, že se dají koupit i domácí spotřebiči s možností připojení na síť. Blíží se doba, kdy každé elektrické zařízení bude umět komunikovat po internetu. Proto vůbec není divné, že taková tendence přichází i do strojírenského průmyslu. Výsledkem zavedení informačních technologií do výroby a snahou výrobní zařízení mezi sebou propojit je nový názor na celý proces výroby, který dnes nazýváme Průmysl 4.0. Digitálně propojené procesy v Průmyslu 4.0 umožňují flexibilnější výrobu, s vyšší energetickou účinností, vyšší mírou šetření přírodních zdrojů.

Jedním ze způsobů nasazení Průmyslu 4.0 se kterým se dnes můžeme potkat je využití jeho principu u chytrých robotických buněk. Pod buňkou obvykle rozumíme výrobní celek propojující obráběcí stroj, robot a měřicí stanici. Jejich propojení nám přináší výhody jako jsou: možnost nasazení adaptivního procesu výroby, aktuální přehled dat o vytíženosti a produktivitě jednotlivých zařízení a celé výrobní buňky, plánování, chybová hlášení a další informace o zařízeních.

Robotické buňky jsou v poslední době velmi důležitou částí výrobních podniků. Při robotickém zakládání dílů, je množství času požadovaného k obsluze mnohem menší než při klasickém ručním zakládání. Důsledkem je snižování nákladu na výrobu jednoho dílu.

Je to zvláště aktuálně v dnešní době, vzhledem k nedostatku pracovníků [1]. Z tohoto důvodu často opakující se jednoduché operace, či operace probíhající v nebezpečném prostředí, nahrazujeme automatizovanými buňkami, u kterých se využívá průmyslových robotů.

Robotická buňka pro zakládání dílu, popisovaná v této diplomové práci, je určena hlavně pro pružnou automatizaci. Nejedná se tedy o co nejrychlejší výrobu omezeného druhu výrobků, ale naopak, o buňku, která dokáže vyrábět široké spektrum výrobků, bez nutnosti dodání dalšího zařízení či úprav.

Tato diplomová práce se zejména zaměřuje na rozbor jednotlivých částí buňky z pohledu komunikačních schopností. Na začátku práce je udělán přehled řešení pro propojení různých zařízení mezi sebou. Budou vysvětlené a popsány některé z komunikačních protokolů využívaných v současné době.

Dále budou prozkoumány řídicí systémy, které se dnes využívají k ovládní jednotlivých zařízení robotické buňky. Jedná se o zjištění jejich komunikačních schopností a vzájemné kontability. Dle zjištěných informací budou navrženy možné struktury řízení pro tuto robotickou buňku.

Po návrhu struktur bude jedna z nich vybrána a popsána její realizace. Výsledné řešení bude dále doplněno o vizualizaci a nakonec vyhodnoceno.

Hlavním úkolem je navrhnout a realizovat strukturu řízení, která by propojila všechna zařízení mezi sebou a umožní automatické ovládní celé buňky.

2 MOTIVACE

Jedním z hlavních trendů průmyslu je dnes zvyšování produktivity. Tím je tlačěn vpřed, jak pokrok jednotlivých zařízení: jako jsou výrobní stroje a průmyslové roboty, ale také i vyvinutí nových metod předání a zpracování dat, vývoj pokročilejšího softwaru a zvýšení funkcionality řídicích systémů.

Hlavní motivací pro zpracování této práce pro mě bylo, rozšířit své znalosti v oboru průmyslové komunikace a průmyslové automatizace. Robotické buňky dnes využívá čím dál více firem a takovouto buňku nelze vytvořit bez propojení jejích jednotlivých členů mezi sebou. Každé řešení robotizovaného pracoviště je v některém smyslu unikátní a vyžaduje spolupráci týmu specialistů. Díky této diplomové práci jsem se zúčastnil právě takové týmové práce.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

V poslední době se podmínky a požadavky ve strojírenském průmyslu prudce mění. Tím vznikají stále nové a čím dál přesnější požadavky na kvalitu a rychlost výroby. Aby splňoval požadavky zákazníků, musí podnik nejen dodržovat nízkou cenu konečných výrobků, ale i zajistit dostatečnou kvalitu při menších velikostech dávek a flexibilitu v dodacích lhůtách. Sepsané předpoklady vedou k nutnosti většího počtu obslužného personálu, což ovšem také není optimálním řešením. S větším počtem personálu rostou náklady na pracovní sílu. Proto již od poloviny dvacátého století započal vývoj automatizačních prostředků. Cílem bylo a stále je eliminování nutnosti přítomnosti člověka jako obsluhy či nezbytné součásti výrobního procesu.

Pokrok dnešní doby nás postavil před nové problémy. Otázkou nejsou prostředky a přístroje pro automatickou manipulaci a obrábění, ale řídicí a informační systémy pro jejich řízení a inspekci. K tomuto problému přispívá i otázka plynoucí ze zadání této práce. Jedná se o řešení komunikace mezi jednotlivými heterogenními stroji a nadřazenými systémy, a to až po nejvyšší úroveň IS podniku jako například SAP. Takové to předávání informace ze spodních úrovní do horních a zpět nám dovoluje sledování: toku materiálů, jednodušší a spolehlivější plánování výroby, plánování nákupu polotovaru a dalších materiálů.

Otázkou ovšem je, jak spojit heterogenní stroje od různých výrobců, které zřejmě využívají různé operační systémy. Je tady nutně vysvětlit dvě otázky. První otázka je: samotné komunikační protokoly, a nadřazený SW pro zpracování, archivaci a druhá: předání dat do vyšších úrovní IS.

3.1 Komunikační protokoly

Komunikační protokoly, kterým je věnována tato podkapitola diplomové práce jsou určeny nikoliv pro přenos dat od senzoru, přepínačů či dalších zařízení ke kontrolérům jako jsou PLC a průmyslové počítače, ale pro spojení výše zmíněných řídicích prvků mezi sebou a s nadřazenými dohlížecími systémy. Pro takzvanou M2M (machine to machine) komunikaci existuje široké spektrum protokolů.

V minulosti byli využívány sériové protokoly jako jsou PROFIBUS, Modbus, CAN nebo CC-Link. Všechny se stále používají. Ovšem v poslední době mnoho sítí směřuje k řešení založeným na ethernetu. Je to zdůvodněno tím, že takové řešení zajišťují lepší práci v reálném čase, mohou zpracovávat větší počty síťových uzlů a jsou flexibilní z pohledu topologie [2]. Příkladem mohou být protokoly jako EtherNET / IP, PROFINET, ModbusTCP, OPC/OPC UA.

3.1.1 EtherNET / IP

EtherNET/IP (EtherNET/Industrial Protocol) je jedním z široce používaných standardů průmyslového ethernetu. Toto řešení pro průmyslovou automatizaci, spočívající v plné kompatibilitě s Ethernetem TCP/IP podle normy IEEE 802.3, přináší jako hlavní výhodu možnost využít standardní technické a programové prostředky ethernetu pro konfigurování a ovládání automatizačních prostředků.

V rámci sítě EtherNET/IP jsou jednotlivým ethernetovým uzlům přiřazeny předem definované typy zařízení se specifickými vlastnostmi a funkcemi – profily. Profily zařízení a aplikační vrstva EtherNET/IP jsou tvořeny protokolem CIP (Common Industrial Protocol), který se používá v průmyslových sítích DeviceNet a ControlNet. Protokol CIP pracuje s

objektovým modelem a využívá komunikaci na principu producent-konzument (producer-consumer). Použitím protokolu CIP se dosahuje interoperability mezi všemi sítěmi, které ho podporují – tedy sítěmi DeviceNet, ControlNet a EtherNET/IP.

Mezi hlavní přednosti systému EtherNET/IP patří:

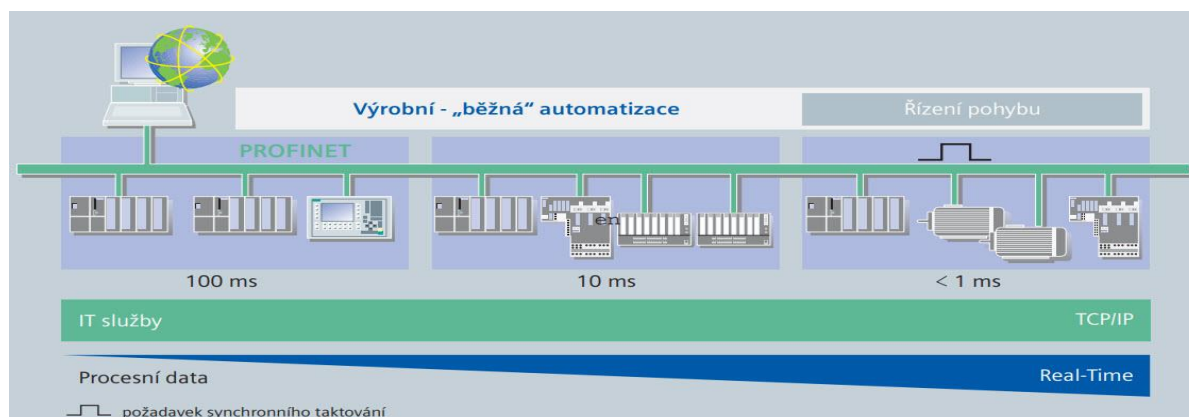
- ucelený systém přenosu dat systémem producent-konzument,
- koexistence s dalšími úlohami řešenými v síti ethernet,
- využití standardního řešení Ethernetu s možností použít běžné síťové komponenty pro rychlosti 10 Mb/s, 100 Mb/s a 1 Gb/s [3].

3.1.2 PROFINET

PROFINET je otevřeným standardem nezávislým na dodavateli či výrobci. Je to komunikační standart založený na průmyslovém ethernetu, určený pro všechny úrovně automatizace ve výrobě. Tato technologie nabízí integraci existujících průmyslových sběrníkových systémů. Příkladem je PROFIBUS. Není zde nutná modifikace změny existujících zařízení. PROFINET využívá pro všechny úrovně pouze jedinou komunikační sběrnici. Je součástí normy IEC 61158 a je založen na mezinárodním standardu Ethernet IEEE 802.3. Komunikační struktura je rozdělena na tři úrovně dle nutné rychlosti odezvy viz obrázek 1:

- standardní komunikace (TCP/IP),
- komunikace v reálném čase (RT),
- izochronní komunikace v reálném čase (IRT).

Při standardní komunikaci využívá se datových přenosu přes TCP/IP a UDP/IP. Není to časově kritická úroveň. Používá se například pro parametrizaci a konfiguraci. Real-time komunikace (RT) je určena pro přenos dat časově kritických, například: cyklická uživatelská data nebo událostmi řízená přerušení. PROFINET má určený real-time komunikační kanál. Toto řešení výrazně zkracuje časový cyklus a tím zvyšuje výkonnost aktualizace procesních dat. U tohoto řešení jde o časovou odezvu v rozsahu 5-10 ms. Izochronní komunikace v reálném čase (IRT, Isochronous Real Time, synchronní taktování v reálném čase) je určena pro specifické aplikace vyžadující rychlou odezvu a přesné taktování, například řízení pohybu. IRT je schopen dosáhnout časového cyklu sběrnice pod 1 ms s časovou nejistotou (jitter) menší než 1 μs, čímž je jasně docíleno deterministické chování systému. Těchto vlastností se dosahuje rozdělením komunikačního cyklu na deterministickou a otevřenou část. Cyklické IRT telegramy jsou přenášeny deterministickým kanálem, kdežto TCP/IP a RT telegramy jsou přenášeny otevřeným kanálem. Oba přenosy dat tak mohou existovat vedle sebe bez kolizí [4].



Obr. 1) Úroveň komunikační struktury dle nutné rychlosti odezvy [4]

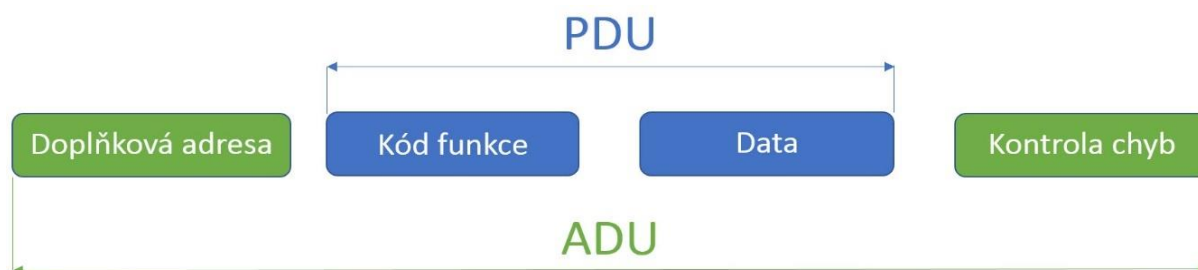
3.1.3 Modbus TCP / IP

Modbus je protokolem postaveným na plně otevřené architektuře, proto umožňuje komunikaci po mnoha různých typech sítí. Poskytuje komunikaci mezi zařízeními na principu klient / server. Modbus je protokol typu žádost / odpověď a poskytuje přenos služeb specifikované takzvaným: kódem funkce. Na úrovni aplikační vrstvy Modbus poskytuje inicializaci a řízení pro velká množství průmyslových zařízení jako jsou PLC, HMI, Motion controllers atd.

Nezávisle na využívaném typu sítí, je protokol Modbus na aplikační vrstvě definován jednoduchým PDU (protokol data unit / protokolová datová jednotka). V závislosti na síti se pak musí přidat nastavení do ADU (application data unit / aplikační datová jednotka). Na obrázku 2 je znázorněn rámec Modbus a rozdíl mezi PDU a ADU.

- Blok Doplňková adresa – odpovídá za samotnou komunikaci mezi klientem a serverem.
- Blok Kód funkce – odpovídá za příkaz, který se musí předat.
- Blok Data – slouží jako schránka.
- Blok Kontrola chyb – v přítomnosti chyb nahradí odpověď klientovi na takzvaný kód výjimky pro identifikaci chyby.

Základem komunikace protokolu Modbus TCP/IP je ADU, která obsahuje místo bloku Doplnková adresa MBAP Header (MODBUS Application Protocol Header / Záhlaví aplikačního protokolu). MBAP označuje v TCP/IP protokolu přenos protokolu Modbus. Všechny Modbus TCP/IP ADU komunikují přes TCP přidělený port 502. Na nižších hladinách se již s rámci pracuje dle jednotlivých protokolů pro komunikaci v síti Ethernet, tedy nezávisle na Modbus. Opět se jedná o protokol využívající klasický Ethernet TCP / IP, proto stejně jako předchozích zástupce je možné využít běžné síťové komponenty pro rychlosti 10 Mb/s, 100 Mb/s a 1 Gb/s [5].



Obr. 2) Modbus rámec [5]

3.2 OPC / OPC UA

Všechny výše popsané protokoly komunikace jsou sami o sobě vhodné nejenom pro komunikaci mezi přístrojem a stroje, ale i pro komunikaci s vyšší vrstvou, tedy nadřazeným SW. Takové komunikace se využívá v průmyslových podnicích pořád i v dnešní době. Však je zde schován jeden problém. Když je podnik rozsáhlý, tak téměř nikdy nenastane situace, kdy by všechny prvky automatizace obsahovaly jeden stejný komunikační protokol. Protože většina nadřazených SW, které jsou více popsány v další kapitole, umožňuje komunikaci s většinou průmyslových protokolů, tak tato situace není neřešitelná. Avšak když jde už o využití více než třech různých protokolů, tak se jistě vyskytne otázka, jestli lze vytvořit optimálnější řešení.

Propojování SW jenom s jedním protokolem výrazně zjednoduší topologii sítě, náročnost na programování a jako další výhodou je unifikace. Data budou mít stejný formát již před vstupem do SW, čímž se zvětší jejich přehlednost. S tímto řešením přichází například OPC / OPC UA.

3.2.1 OPC

OPC je standardem pro komunikaci, jehož cílem je vytvořit jednotné komunikační rozhraní mezi hardwarovými a softwarovými produkty průmyslové automatizace. Toto řešení umožňuje při procesu automatizaci začlenit, do svých projektů HW a SW různých výrobců bez ohledu na komunikační rozhraní těchto komponent [6]. Jedinou podmínkou je existence OPC rozhraní pro obě strany:

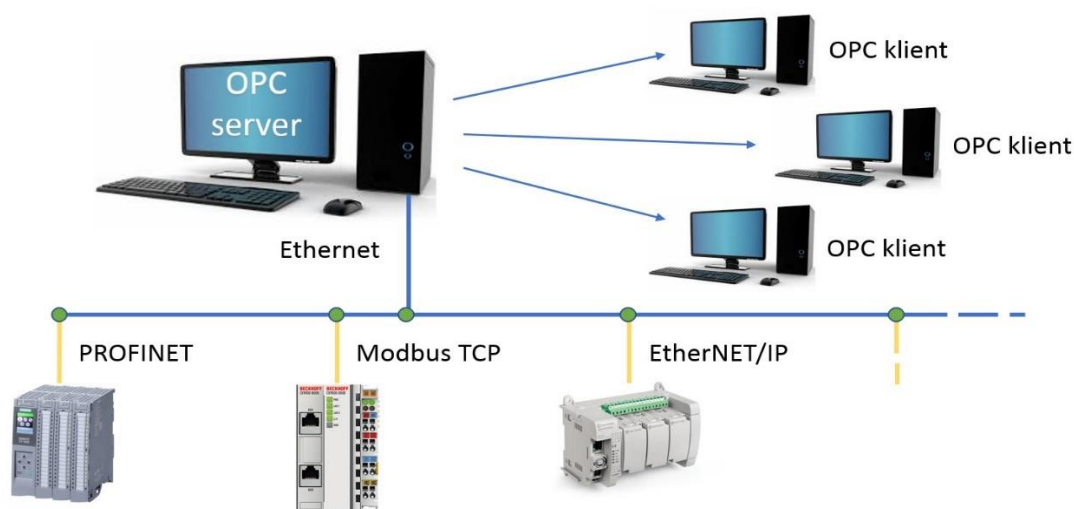
- OPC serveru pro použitý hardware,
- rozhraní OPC klient u použitého software.

Jediným komunikačním kanálem zde vystupuje podniková IT síť (Ethernet LAN apod.). Do této sítě je možné přidávat neomezeny počet dalších zdrojů signálu a klientských stanic pro zpracování dat (zpravidla PC s OPC klientem).

OPC (OLE for Process Control) je komunikačním standardem vyvinutým OPC Foundation. Starší verze je založena na COM/DCOM technologii firmy Microsoft. Nevýhodou je, že z toho to důvodu funguje pouze pod operačním systémem Windows. Jde opět o komunikaci založenou na principu klient / server.

OPC klient je program, který má za úkol přijímat data z OPC serveru ve formátu OPC a prezentovat tato data pro uživatele v požadovaném formátu. OPC server je taky programem, který komunikuje s připojeným zařízením, přímo s jeho komunikačním protokolem. Jedná se o protokoly popsané v předchozích kapitolách: EtherNET / IP, PROFINET, Modbus TCP atd. Dále získaná data převádí do formátu OPC a poskytuje je klientům. Grafické znázornění viz obrázek 3. U klasického OPC je využíváno třech základních protokolů [7]. Každý z nich je soběstačný a nemá nic společného z ostatními. Jsou to:

- DA (Data access) – protokol pro přístup k procesním datům,
- AE (Alarms & Events) – protokol pro přístup k alarmům,
- HDA (Historical Data Access) – protokol pro přístup k historickým datům.



Obr. 3) Komunikace s využitím OPC (zařízení – OPC server – OPC klient).

OPC Data Access je nejzákladnějším protokolem, který je určen pro předávání dat ze zařízení do nadřazeného SW, či do jiného zařízení. Informace, kterou předává, je sestavena z názvu proměnné a její hodnoty. Jako popis se udává čas, kdy hodnota byla odečtena, a její kvalita (jestli jsou data vhodné pro zpracování, nebo ne).

OPC Alarm & Events je úplně jiný, a to minimálně z toho důvodu. Informace, kterou předává nemá hodnotu. To znamená, že úkolem tohoto protokolu je jen zaznamenání nějaké změny, nějakého děje. Informaci, kterou můžeme pomocí tohoto protokolu dostat v sobě nese jen čas, ve který se uskutečnil nějaký děj. Stále jako i u OPC Data Access neobsahuje tento protokol žádnou schránku pro ukládání informace. Proto, jakmile informaci o ději server předá už o ní nebude existovat žádný záznam na serveru.

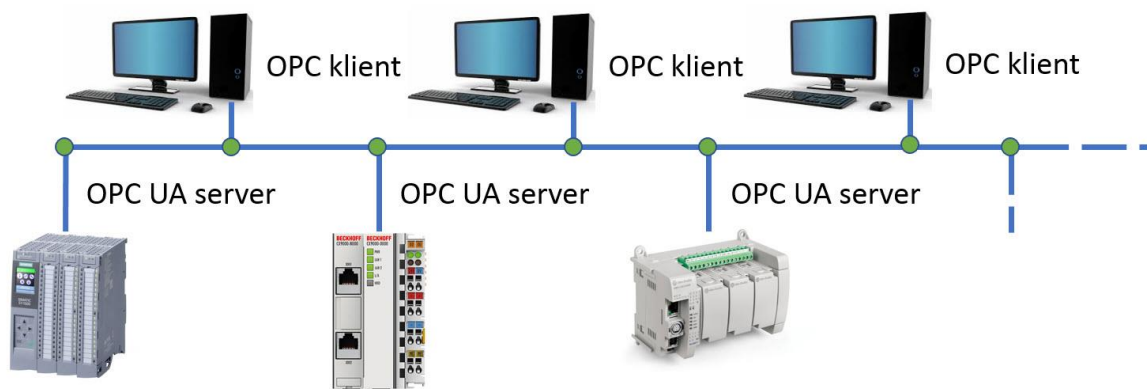
OPC Historical Data Access je rozdílný od předchozích protokolu zejména tím, že obsahuje historická data. To nám dovoluje volat informaci o stavu zařízení například: z předchozího dne nebo z minulého týdne. Tenhle protokol se využívá hlavně tehdy, když je nutné sledovat průběh dat za nějaký časový úsek [8].

3.2.2 OPC UA

Obyčejné OPC se využívá i dnes, ovšem na trhu už je přítomné i novější řešení od OPC Foundation. Jde o nový průmyslový komunikační standard OPC UA (Unified Architecture). Jedním z hlavních přínosů novější verze je to, že na rozdíl od původní specifikace OPC, která je založena na technologii COM/DCOM, jde o technologii založenou na obecně používaných komunikačních standardech jako jsou: TCP/IP, HTTP a SOAP. Znamená to, že OPC UA může fungovat i na jiných platformách než Windows. Jde tady nejen o možnost spuštění tohoto protokolu na počítačích s jiným operačním systémem, ale i o možnost zabudovat OPC UA komunikaci přímo do řídicího systému a jiných zařízení. Odpadá tím nutnost přítomnosti HW navíc pro spuštění OPC serveru [9]. Příklad komunikace s využitím OPC UA standardu je dále znázorněn na obrázku 4.

Na rozdíl od obyčejného OPC, který odděleně definuje přístup k procesním datům (DA), alarmům (AE) a historickým datům (HDA). Nový OPC UA nedefinuje tyto konkrétní přístupy, ale pouze formát předávaných zpráv. To znamená, že jeden standard OPC UA umožňuje přenášení všech výše uvedených informací.

Jako další pokrok, bylo do OPC UA přidána možnost použití struktur nebo modelů. To znamená, že jednotlivá data mohou být seskupeny a dále i nějak popsána. Uspadňuje to jak správu dat, tak i jejich údržbu. Seskupení je taky důležité, pokud je zapotřebí vědět s jistotou, že více dat bude zachyceno ve stejný čas [10].



Obr. 4) Komunikace s využitím OPC UA (OPC UA server – OPC UA klient).

3.3 Systémy typu SCADA

Jako další krok v diplomové práci bylo nutné prozkoumat softwarová řešení pro provozování na vyšší úrovni nad hardwarem (PLC automaty, I/O moduly, senzory atd.). Takový systém musí být zaměřen na dispečerský dohled, monitoring a případnou parametrizaci, zprostředkovávání konektivity a sběr dat ze sledovaných technologických procesů. Na to jsou určeny systémy typu SCADA.

SCADA je zkratkou pro Supervisory Control And Data Acquisition, to znamená supervizní řízení a sběr dat. SCADA tedy není plnohodnotným řídicím systémem, ale zaměřuje se spíše na úroveň supervizora (např. dispečera). Přesto, že se SCADA nazývá systémem, je to ve své podstatě softwarový balíček. Tedy souhrn několika programů, kde každý z nich koná svoji funkci a díky tomu, že jsou vzájemně propojené vzniká z nich jednotný systém.

Tyto systémy jsou určené pro průmysl. Proto mohou komunikovat s okolím prostřednictvím komunikačních protokolů popsaných v předchozí části této diplomové práce. SCADA systémy jsou vysoce škálovatelné. Tím je myšleno, že mohou zpracovávat vstupní proměnné ve velkém počtu. Od několika jednotek až po stovky tisíc, a to v závislosti na složitosti a rozsahu sledované technologie [11].

Sběr a ukládání dat u systémů SCADA se uskutečňuje různými způsoby. Lze využít jednoduché textové soubory s ukládáním na lokálním disku. Je ovšem možné využít i SQL databázové servery, které ukládají masivní množství dat s vysokou frekvencí vzorkování. V poslední době výrobce SCADA integruje do svých systémů i Web technologie. Tím vzniká možnost vzdáleného přístupu a dohledu prostřednictvím internetu. Je tedy možné monitorovat technologie mimo klasické PC i vzdáleně na tabletech, smartphonech a podobných zařízeních.

Vzhledem k vysoké funkcionalitě takových systémů jsou používány nejen v oboru klasické výroby, ale taky v energetice, chemickém průmyslu, technologii budov atd.

Klasickou součástí každého systému typu SCADA je program pro vytváření HMI. HMI je zkratka pro Human-Machine Interface, to znamená rozhraní mezi člověkem a strojem. Úkolem takových programů je usnadnit programátorům vytváření vizualizací pro operátory linek, či pro jednodušší sledování stavu výrobního procesu [12].

Systémů typu SCADA je celá řada, a proto dále budou uvedené a popsány jen některé z nejznámějších. Mezi světovými lídry jsou často uváděny firmy: Wonderware, WinCC a Citect. Mezi známé tuzemské systémy jsou PROMOTIC a Reliance. Logotypy jednotlivých SCADA systémů jsou zobrazeny na obrázku 5.



Obr. 5) Logotypy různých systémů SCADA.

4 ROZBOR JEDNOTLIVÝCH ŘÍDICÍCH SYSTÉMŮ STROJE POUŽITÝCH U ROBOTICKÉ BUŇKY

Samotná robotická buňka, kterou se zabývá tato diplomová práce, se skládá z: robotu od firmy ABB umístěného na kolejovém pojezdu, soustruhu SPM16 od firmy Kovosvit, frézky MCV 754 QUICK opět od firmy Kovosvit, ke které je dále připojen PLC automat S7 1500 od firmy Siemens. Dále jsou přítomné zásobník pro koncové efektory robotu, zásobníky pro výchozí polotovary a ochranné prvky. Cíla buňka je znázorněna na obrázku 6. Dle zadání, jsou ovšem pro tuto práci důležité pouze: stroje, robot a PLC automat do kterého je možné zapojit všechny další zdroje signálu, proto jiné části buňky nebyly popsány.

4.1 Soustruh

CNC Soustruh SPM16 je ovládán řídicím systémem SINUMERIK 840DE NCU 571.2 od firmy Siemens. Bohužel jde o velice zastaralý řídicí systém, u kterého už nejde provést aktualizaci. Lze ovšem provést modernizaci řídicího systému výměnou některých komponent. Modernizace, ale provedena nebyla a její popis není částí řešení v této diplomové práci.

Tento systém byl původně vyvinut bez ohledu na připojování do nadřazené sítě, a proto u něj nejsou podporované komunikační protokoly využívané v současné době. Technicky je možné i tento systém rozkomunikovat, ale bohužel software, které je zde použito už se nevyvíjí, a proto nepodporuje současné operační systémy. Proto během vypracování této práce nebyl soustruh brán jako část buňky.

4.2 Frézka

Frézka MCV 754 QUICK zobrazená na obrázku 7.a je opět ovládána řídicím systémem SINUMERIK, zde ale je použita novější verze 840D SL.



Obr. 6) Ukázka Layoutu robotické buňky [13]

U tohoto systému už je podporována komunikace s využitím Ethernetu, Profinetu a PROFIBUS DP. U Ethernetu se využívá komunikačního protokolu TCP/IP. Však od aktualizací verze firmware 4.5 (service pack 3) se objevil navíc protokol komunikace OPC UA, který už dokáže předávat větší objem dat. Je zde možnost spustit OPC UA server přímo na stroji [14].

4.3 Robot

Robot ABB zobrazený na obrázku 7.c a jeho pojezd po kolejnici jsou ovládané řídicím systémem IRC5 (Industrial Robot Controller, 5. generace). Jde o modifikaci, která se nazývá Single Cabinet Controller. Tato modifikace dokáže ovládat najednou až 4 roboty a má možnost připojení dalších 8192 I/O signálů. U IRC5 je dále široký výběr komunikačních protokolů, které jsou však různé dle typu komunikace Master či Slave:

- Fieldbus Master:
 - DeviceNet,
 - PROFINET,
 - PROFIBUS DP,
 - EtherNET/IP,
- Fieldbus Slave:
 - DeviceNet,
 - PROFINET,
 - PROFIBUS DP,
 - EtherNET/IP,
 - Allen-Bradley Remote I/O,
 - CC-link [15].

Nejde však o každý ovladač IRC5. Popsané komunikační metody jsou technicky možné u každého ovladače, ale pro jejich přítomnost musí zákazník dokoupit hardwarové moduly. Výchozí verze ovladače IRC5 dokáže komunikovat jen prostřednictvím EtherNET/IP. Řídicí systém robotu, který je použit u popsané buňky je navíc osazen modulem, který umožňuje komunikaci protokolem PROFINET.

Byl také vytvořen firmou ABB software pro spuštění OPC serveru na externím PC, který se snadno připojí k řídicímu systému IRC5 pomocí sítě Ethernet [16]. Jedinou podmínkou je, aby počítač na kterém bude spuštěn OPC server a IRC5 byli připojeni ke stejné síti. Tento software je volně stažitelný z webových stránek ABB.

4.4 PLC S7 1500

Posledním zařízením, které je důležité pro tuto práci, je PLC automat od firmy Siemens. Jde o modifikaci, která využívá CPU 1512C-1 PN. Je zde tedy využit kompaktní procesor. Toto PLC podporuje 262. 144 digitálních připojení a 16. 384 analogových připojení.

Mezi podporované komunikační protokoly patří:

- PROFIBUS,
- PROFINET,
- PtP via CM (s využitím Modbus RTU),
- Web server [17].

Do PLC byla přímo zabudovaná možnost spuštění OPC UA serveru. Pro její spuštění je ovšem nutná runtime licence. Jsou tři varianty, Small (malá), Medium (střední) a Large (velká), vybírají se dle výkonnosti CPU PLC automatu. Pro CPU 1512C-1 PN se používá první varianta (Small). Používaný PLC automat je zobrazen na obrázku 7.b.



a)



b)



c)

Obr. 7) Ukázka popisovaných zařízení: a) Frézka MCV 754 QUICK [18], b) PLC S7 1500 od Siemens [19], c) ovladač IRC5 od ABB [20]

5 NÁVRH STRUKTURY ŘÍZENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ BUŇKY

Nyní když jsme rozvedli pojem komunikační protokoly a metody používané v dnešním průmyslu, a i následné analýze komunikačních možností jednotlivých částí buňky, tak je nutné navrhnout samotnou strukturu řízení. Byly navrženy tři metody řešení. Na základě jejich zhodnocení a porovnání byla vybrána jedna optimální varianta pro tuto úlohu.

5.1 IRC5 jako Master

Jako první je posouzena možnost využití řídicího systému robotu jako centrální řídicí jednotky. Jde tedy o řídicí program, který bude založen na programu robota. Tedy každá operace v buňce bude vázaná na robota a bude se volat jako výstup, ať už digitální či analogový. Hlavní výhodou takové struktury je to, že zde není potřeba využívat PLC automatu ani systém typu SCADA. Tedy všechny vstupy a výstupy by byli zapojené do IRC5 a frézka MCV by byla s ním spojena pomocí protokolu PROFINET. Tato struktura propojení je dále znázorněna na obrázku 8.a.

Nevýhodou takového řešení je hlavně to, že při nutnosti jakékoliv změny musí dojít k úpravě programu robota. Dále jedná se spíše o řešení pro takzvanou tvrdou automatizaci, jelikož pro jakýkoliv sled operací je nutné napsat celý program. Další nevýhodou je malý počet analogových signálů, které je možné připojit k systému IRC5. Jsou u něho přítomné jen 2 signály 0 až 10 V, 3 signály ± 10 V a 1 signál 4 až 20 mA [15].

Celý řídicí program by se v tomto případě vytvářel pomocí softwaru RobotStudio od firmy ABB. Problém nastává v případě, že je nutné kromě samotného řízení také vytvořit vizualizaci a sledovat časovou změnu dat, jelikož prostředky k vytvoření vizualizací, stejně jak ukládání a archivace dat nejsou v tomto softwaru podporované.

5.2 PLC S7 1500 jako Master

Druhou možností je využití PLC automatu jako centrální řídicí jednotky. U tohoto řešení se PLC propojí s řídicími systémy robota a frézky opět s využitím technologie PROFINET s tím, že PLC bude konat funkci Master a frézka s robotem funkci Slave. Veškeré další vstupy a výstupy se taky zapojí do automatu, jak je ukázáno na obrázku 8.b.



Obr. 8) Schéma propojení jednotlivých zařízení dle struktury (zleva doprava):
a) IRC5 jako Master, b) PLC jako Master

Spojení PLC a IRC5 je možné provést i s využitím komunikačního protokolu PROFIBUS, Avšak výhodnější je využívat stejný protokol pro všechna možná zapojení. Při práci se stejnou sběrnici je menší pravděpodobnost kolize a případných chyb.

Při využití takového řešení bude hlavní řídicí program se konat na PLC, ovšem program pro ovládání robotu zůstane u IRC5. Při nutnosti uskutečnit pohyb robotu hlavní řídicí program pošle příkaz řídicímu systému robotu. Jeho výsledkem bude spuštění předem napsaného programu u robotu. Komunikace s frézkou zůstává podobná jako u předchozího řešení, s tím rozdílem, že funkci Master koná PLC místo robota. Využití systému SCADA zde opět není nutné.

Hlavní výhodou takové struktury je rozdělení hlavního řídicího programu a programu pro ovládání robotu. Zlepší to přehlednost kódu a dá se díky tomu lépe rozdělit programátorská práce na dvě části. Jeden programátor se může zabývat programováním PLC bez toho, aniž by vadil programátoru robotu. Protože, nejsou programy na sebe vázané, tak při nutnosti úpravy, nedojde k přepsání celého kódu, ale jen některých jeho částí. Tedy při úpravě pohybu robota, nedojde k zásahu do PLC programu. Funguje to i obráceně. Taková separace nám dále dovoluje vytvořit pružnější řídicí systém, který dokáže reagovat na větší počet proměnných.

Další výhodou je podporování o výrazně většího počtu vstupu a výstupu (digitálních i analogových) v porovnání s IRC5. Tím se zvětšuje potenciál takové struktury do budoucna. I při rozšiřování buňky s přidáním dalších komponent (čidla, senzory atd.) nedojde k žádnému problému. Hlavně se to týká analogových kanálů, kterých u IRC5 je opravdu málo.

K programování robotu by se opět využil software RobotStudio. PLC program by se vytvářel prostřednictvím TIA PORTALu. TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal) je software od firmy Siemens, určeny ke konfiguraci HW a SW PLC automatu od téhož výrobce. U tohoto programu je i přítomné prostředí pro vytváření HMI. Jedná se spíše o jednoduchou vizualizaci, v porovnání s programy přímo určené k tvorbě HMI je zde užší funkcionality.

Mezi nedostatky tohoto řešení patří hlavně nedostatek prostředků pro správu a ukládání historických dat. I když nástroj pro ukládání dat je v TIA PORTALu přítomen, nelze zde nastavit ukládání dat do databáze, jako následek: menší objem schránky a nižší frekvence vzorkování. Dále u tohoto řešení nelze šířit data o stavu buňky sítě podniku. Sledování stavu je tedy možné jen u operátorského panelu přímo u pracoviště, nebo z počítače připojeného k PLC s využitím TIA PORTALu. Existuje řešení od firmy Siemens které se nazývá Connectivity Pack. Je to programový modul, který je možné zakoupit a pomocí něho rozšířit funkčnost TIA PORTALu. S tímto modulem je umožněno i ukládání dat do SQL databázi [21]. Jedná se ovšem o dosti nákladné řešení, které ovšem stejně nemá tak velkou funkčnost jak systém SCADA.

5.3 Využití SCADA

Poslední navržená struktura je založena na řešení s využitím PLC automatu. Z pohledu umístění řídicích programů jsou stejné. Liší se hlavně využitím systému SCADA a dle propojení jednotlivých zařízení.

Jelikož se u tohoto řešení využívá SCADA, tak celá komunikace je založena na jeho propojení s jednotlivými zařízení. Zde je využito přítomností OPC a OPC UA klientu u supervizních systému. Na frézce a PLC automatu se tedy spustí OPC UA server, obě dvě zařízení se připojí k síti Ethernet. Řídicí systém robotu se připojí k síti Ethernet a na počítači

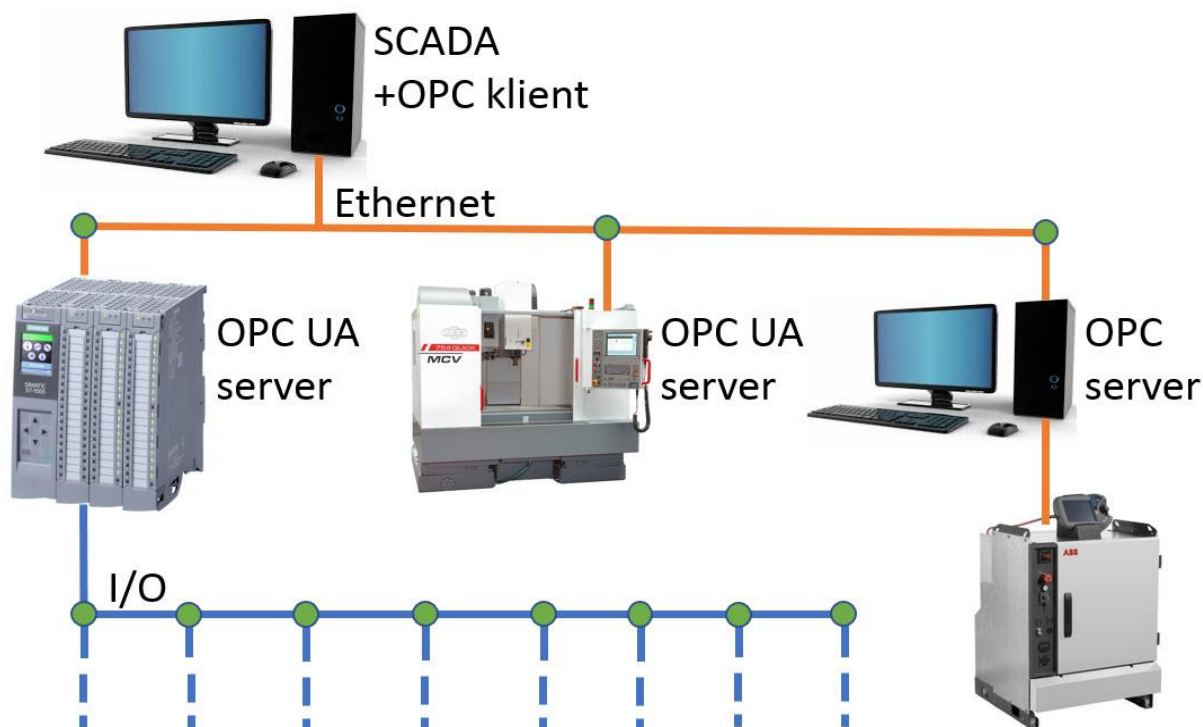
s přístupem ke stejné síti se spustí OPC server přizpůsobený speciálně pro komunikaci s IRC5. Jednotlivé vstupy a výstupy budou zapojené do PLC a tím pádem taky budou dostupné v systému SCADA. Popsané propojení je graficky znázorněno na obrázku 9. Samozřejmě popsané propojení s využitím SCADA systému není jedinou variantou.

Hlavní řídicí program i v tomto případě zůstane u PLC automatu. Robot bude ovládán dle vlastního programu umístěného v IRC5. Pomocí SCADA ale budou mezi sebou propojené, a tím se zajistí jejich komunikace. To stejné platí i pro frézku.

Hlavní výhodou této struktury řízení je široká funkcionalita systému SCADA. Ten nám nabízí nejpokročilejší technologii správy a ukládání dat z cele buňky tedy možnost využití databáze. Součástí každého systému SCADA je dále nástroj pro tvorbu HMI. Funkcionalita těchto nástrojů je vždy o hodně širší, než předchozího softwaru RobotStudio a TIA PORTAL. Je možné pomocí těchto grafických nástrojů vytvářet nejenom interface operačního panelu buňky, ale i interface pro aplikace určené k monitorování stavu buňky a samotného procesu výroby vzdáleně. Lze pomocí ní dokonce i vytvořit web aplikaci, která umožňuje přístup k datům i přes internet. Není tedy nutná vazba na podnikovou síť a je možné si prohlížet data i například z jiného kontinentu.

Systém SCADA dále může sloužit jako propojovací člen mezi zařízení (PLC, IRC5) a výrobním informačním systémem. Tím je umožněno dostat data z jednotlivých strojů až do nejvyšších informačních úrovní podniku. Data tedy mohou být čerpána i systémy typu SAP.

Nevýhodou tohoto řešení je pouze v jeho náročnost. Jedinou důležitou funkcí pro samotný provoz buňky, kterou koná systém SCADA, je propojování jednotlivých zařízení. Jak můžeme vidět dle struktur zmíněných v předchozích kapitolách ukazují, že tuto funkci je možné jednoduše nahradit. Proto je ve výsledku očividně, že systém SCADA i když přináší o hodně větší funkcionalitu, která zde není nutná, klade mnohem větší nároky na objem prací, nutný k uvedení popsané robotické buňky do provozu.



Obr. 9) Schéma propojení jednotlivých zařízení s využitím SCADA a OPC/OPC UA

5.4 Porovnání a výběr struktury řízení

Řešení s využitím řídicího systému robotu jako centrálního řídicího systému je výhodné zejména díky své jednoduchosti. Využívá nejméně přístrojů. Není zde nutný ani PLC automat. Plyne z toho i fakt, že je toto řešení nejméně náročné z pohledu investici. Ovšem z pohledu technického, IRC5 opravdu není určen k řízení cele buňky. Další nevýhodou je úplná absence nástroje pro práci s historickými daty a pro vytvoření vizualizací.

Řešení s využitím PLC automatu je patrně pro tuto úlohu neoptimálnější. Není technicky náročné. Docela jednoduché z pohledu případných uprav. V případě rozšíření buňky nevznikne nedostatek podporovaného počtu vstupů a výstupů. U tohoto řešení je i nástroj pro historizaci dat. Není dokonalý, avšak pro nenáročné úlohy je dostačující. Z pohledu počáteční investice je toto řešení o něco dražší, ale v porovnání s kvalitou, které je možné dosáhnout, a potenciálem do budoucna je zřejmě nejvýhodnější.

Poslední navržené řešení je bezesporu na prvním místě z pohledu funkcionality. Je toho dosaženo využitím systému SCADA. Je zde zajištěná snadnější rozšiřitelnost o další systémy a části buňky, například měřicí zařízení apod. U vizualizaci je podporována jednoduchá změna platformy a to pro – počítač, web, mobil apod. V případě řízení jediné malé robotické buňky, je však toto řešení nejen drahé, ale také technicky náročné. Tabulka číslo 1 uvedená dále porovnává navržené struktury dle různých parametrů

Tab 1) Porovnání jednotlivých struktur řízení dle různých aspektu

	IRC5 jako Master	PLC jako Master	Využití SCADA
Použité SW a HW pro řízení buňky	IRC5 + RobotStudio	IRC5 + RobotStudio S7 1500 + TIA Portal	IRC5 + RobotStudio S7 1500 + TIA Portal Wonderware SP + InTouch
Počet I/O	Digitálních: 8192 Analogových: 6	Digitálních: 262144 Analogových: 16384	Digitálních: 262144 Analogových: 16384
Nástroj pro tvorbu vizualizace	NE	ANO	ANO
Nástroj pro tvorbu Web aplikace	NE	ANO (omezeně)	ANO
Nástroj pro správu a ukládání dat	NE	ANO	ANO
Ukládání dat do SQL databázi	NE	ANO (omezeně)	ANO
Cena řešení	nízká	střední	vysoká

Pro zpracování předložené úlohy ze zadání v této diplomové práci byla vybrána struktura s využitím SCADA systému. Přestože je toto řešení nejdražší je jeho funkcionality o hodně širší než u jiných navržených struktur. Kromě toho, jsou dnes dostupné i řešení systému SCADA přímo určené pro malé úlohy, které mají řádově nižší cenu ve srovnání s řešením pro velké podniky.

Dalším důvodem pro výběr struktury s využitím SCADA systému bylo to, že byl na univerzitě přístup k licenci pro systém SCADA od firmy Wonderware.

6 PŘÍPRAVA PROJEKTU V WONDERWARE SYSTEM PLATFORM

Jelikož byla vybrána struktura řízení s využitím SCADA systému byla zařízení mezi sebou propojené s využitím OPC / OPC UA standardu. Jako programové moduly pro nastavení komunikace byly využité:

- pro PLC S7 1500 program TIA PORTAL. Je to softwarové řešení od stejného výrobce, a ve své podstatě se jedná o jediný nástroj pro práci s PLC automaty od firmy Siemens,
- pro řídicí systém IRC5 RobotStudio pro nastavení IP adresy. Další nastavení se provádělo na počítači připojeném ke stejné síti s využitím OPC serveru přímo vytvořeného pro IRC5. Ten je volně ke stažení na webových stránkách firmy ABB.

Jako systém SCADA bylo využito řešení od firmy Wonderware. Jde o softwarový balíček součásti kterého jsou:

- Wonderware System Platform
- Wonderware InTouch
- Wonderware Historian

Jak již plyne z názvu Wonderware System Platform, je to systémová platforma, založená na moderní technologické infrastruktuře Wonderware ArchestrA. Jedná se o ucelenou softwarovou architekturu s potřebnými serverovými produkty a službami pro efektivní navrhování a provoz automatizačních a informačních aplikací ve výrobním a technologickém sektoru [22].

InTouch je hlavně systémem pro vizualizace. Umožňuje snadno vytvářet grafické zobrazení výrobních procesů, jejich ovládaní, dynamické animace pro názorné zobrazení aktuálního stavu v reálném čase. Zároveň tento systém slouží jako vizualizační rozhraní pro další produkty od firmy Wonderware.

Wonderware Historian se používá jako databáze pro sběr, ukládání a poskytování technologických dat. Jeho součástí jsou taky klientské aplikace pro prezentaci dat pomocí časových grafů (trendy), tabulek atd.

Pro konfiguraci komunikace Wonderwaru s využitím OPC / OPC UA standardu (SCADA v této úloze vystupuje jako klient) se využívá System Platform, tedy spíše jedna z jeho částí. Jedná se tedy o program System Platform Management Console.

Postupy, které byly využity ke konfiguraci a spuštění OPC / OPC UA serveru u jednotlivých zařízení, stejně jak jejich propojení s OPC / OPC UA klientem je dále popsán v kapitole 7. Před tím je, ovšem nutné připravit projekt ve vybraném SCADA systému, kam všechna zařízení budeme zapojovat.

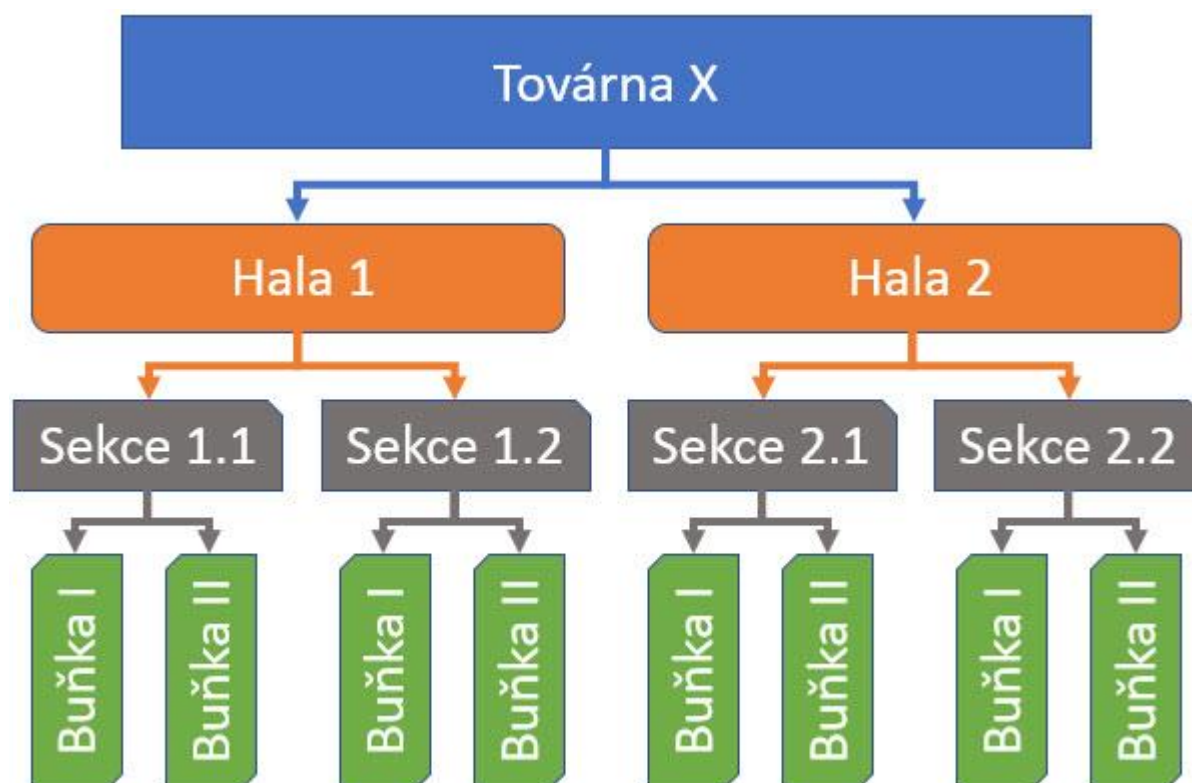
K založení takového projektu je právě určen Wonderware System Platform. V dalších podkapitolách je stručně popsána struktura tohoto programu, a popsána nastavení, kterých se využívá pro projekt navržený pro řešenou úlohu.

6.1 Základní struktura projektu ve Wonderware System Platform

Samotné projekty se v prostředí Wonderware System Platform nazývají galaxie tedy galaxie. Strukturu každé takové galaxie lze popsat ze dvou pohledů. Z pohledu modelu a z pohledu nasazení.

Model se obecně vytváří na základě reálného modelu podniku. Tedy když vytváříme v projektu model továrny, která má dvě haly, každá hala je rozdělena do dvou sekcí, a každá sekce do dvou buněk, tak model v Systém Platform by měl vypadat dle obrázku 10.

Haly sekce a buňky se ve Wonderwaru definují jako objekty typu Area. Jednotlivé zařízení a další zdroje signálů se definují jako DI objekty.

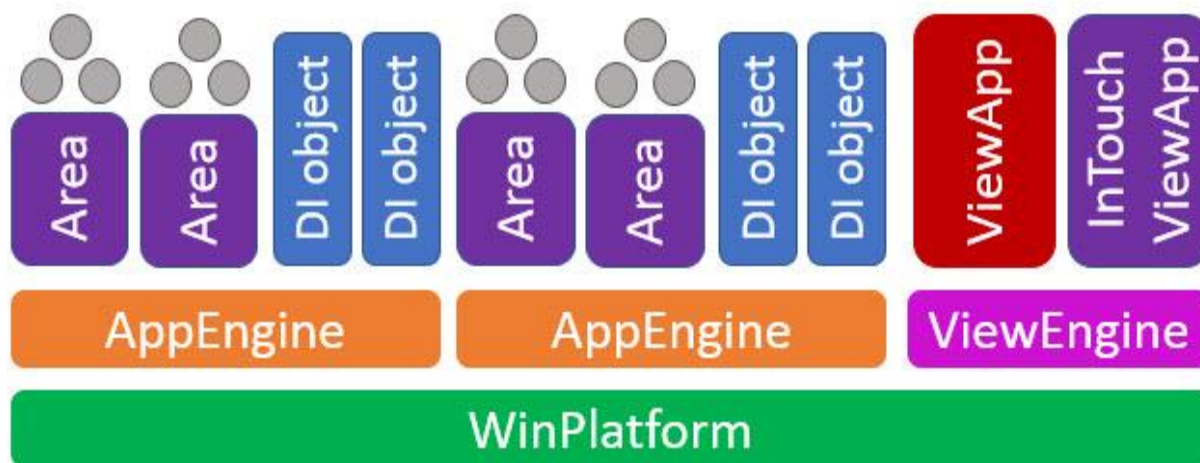


Obr. 10) Struktura a hierarchie modelu projektu ve Wonderware System Platform

Z pohledu nasazení, každý projekt musí mít strukturu založenou na základních prvcích, které mají mezi sebou určitou vazbu. Jednotlivé prvky a vazby mezi nimi jsou zobrazeny na obrázku 11. Jejich počet už je ovšem definován programátorem, který projekt vytváří. Mezi základní prvky jsou:

- WinPlatform, je logický prvek. Na jednom stroji (počítač nebo virtuální stroj) lze spustit jen jeden prvek tohoto typu. Využívá se ke spuštění objektu typu AppEngine.
- AppEngine, je prvek určený ke zpracování operací. Každá logická operace, která se zavolá u objektu nasazeného na tento prvek bude zpracována na něm. Na jeden prvek WinPlatform může být nasazeno více objektů AppEngine. Obvykle je jejich počet roven počtu jader procesoru.
- ViewEngine, je prvek, který zajišťuje zpracování grafických dat. Je tedy nutný k vytvoření a spuštění vizualizace.

- Area, dle popisu modelu. V podstatě se jedná o objekt popisující nějakou část podniku. Takový objekt se nasazuje na AppEngine. Na jeden AppEngine může být nasazeno více objektu Area.
- DI object, je objektem, který se využívá k propojení systémové platformy s jednotlivými zařízení. Opět se nasazuje na AppEngine, a není omezen počet takových to objektů. Jediné omezení je dle používané licence.
- ViewApp, je objektem, který v sobě nese vizuální data.
- InTouchViewApp, je prvkem, úkolem kterého je propojení dat a atributu systémové platformy s vizualizací, která je vytvořena prostřednictvím programu InTouch.



Obr. 11) Struktura projektu ve Wonderware System Platform dle nasazení

6.2 Vytvoření projektu ve Wonderware System Platform

Na základě popsané struktury byl vytvořen i projekt pro řízení robotické buňky dle zadání. Byl otevřen program System Platform IDE. Jedná se o vývojové prostředí systémové platformy. Po otevření se spustí okno, ve kterém je možné vytvořit novou galaxii, nebo otevřít už existující.

Byla vytvořena nová galaxie. Musí být pojmenovaná, a je také nutné vybrat šablonu, která se pro ni využije. Šablona se vybírá v nastaveních *Galaxy type*. Pro tento projekt byla vybrána *Default Empty* (základní prázdná) [23].

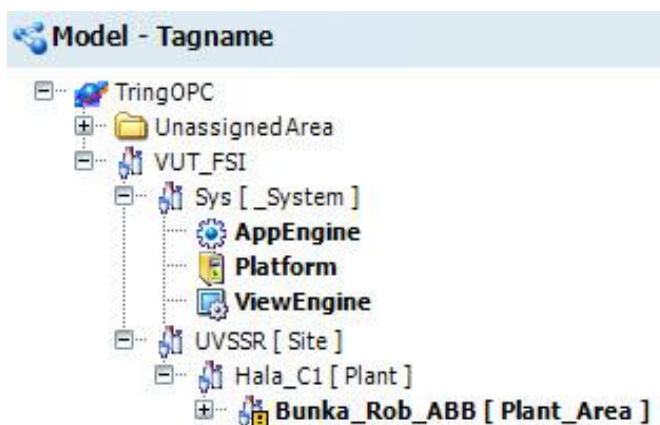
Po vytvoření se k nové galaxii musíme připojit a tehdy se otevře ve vývojovém prostředí. První, co uvidíme jsou dvě okna v levé části. Horní okno obsahuje šablony základních prvků, které lze u systémové platformy využívat. Lze zde taky vytvářet i vlastní šablony na základě existujících.

Dolní okno obsahuje tři složky. První složka slouží k vytváření modelu (Model), druhá k nastavení nasazení (Deployment). Poslední složka (Derivation) je pro tuto práci nepodstatná, a proto dále popisována nebude. Protože byla vybrána prázdná šablona, tak jak složka modelu, tak i složka nasazení byly od začátku prázdné.

Pro začátek v okně šablony byla vytvořena složka pro vlastní šablony. Byla vytvořena z toho důvodu, že pokud by došlo k nutnosti provést změny, tak stačí upravit šablonu ze které byly vytvořené vlastní prvky a ty se automaticky upraví dle šablony.

Do složky byly vloženy šablony typu WinPlatform, AppEngine, ViewEngine a nakonec šablona typu Area.

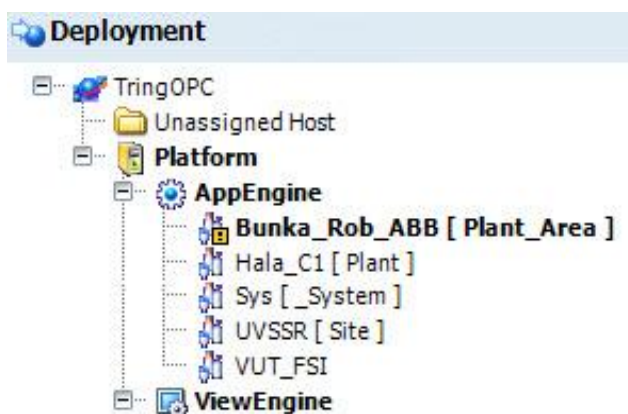
Poté co byly připravené šablony tak bylo nejprve nutné projekt definovat jako model. Pomocí prvku Area byla vytvořena hierarchie. Další prvky, zatím žádné zařízení nedefinujeme, jsou považované za systémové, a proto byly vloženy do části modelu s názvem Sys. Jinak tato diplomová práce se zabývá pouze robotickou buňkou, proto všechna další zařízení (kromě systémových dat) mají být vloženy do prvku modelu s názvem Bunka_Rob_ABB, je to dolní položka viz obrázek 12.



Obr. 12) Model použitý pro projekt ve Wonderware System Platform

Za druhé byla definována struktura projektu z pohledu nasazení. Byla otevřena v dolním okně složka Deployment. Prvky, které byly použity při vytváření projektu už se zde objevily, zatím ovšem neměli správné návaznosti. Struktura byla dále nastavena dle obrázku 13. Je zde tedy základní platforma (prvek typu WinPlatform), k ní jsou dále připojeny prvky ke zpracování. Nakonec jsou k AppEngine připojené ostatní prvky. K němu budou dále připojené všechny prvky, kromě grafických, ty se připojí k ViewEngine.

V posledním kroku byl celý projekt spuštěn. Spustí se tak, že v okně nasazení na položku projektu klikneme pravým tlačítkem myši a vybereme možnost deploy.



Obr. 13) Struktura nasazení projektu ve Wonderware System Platform

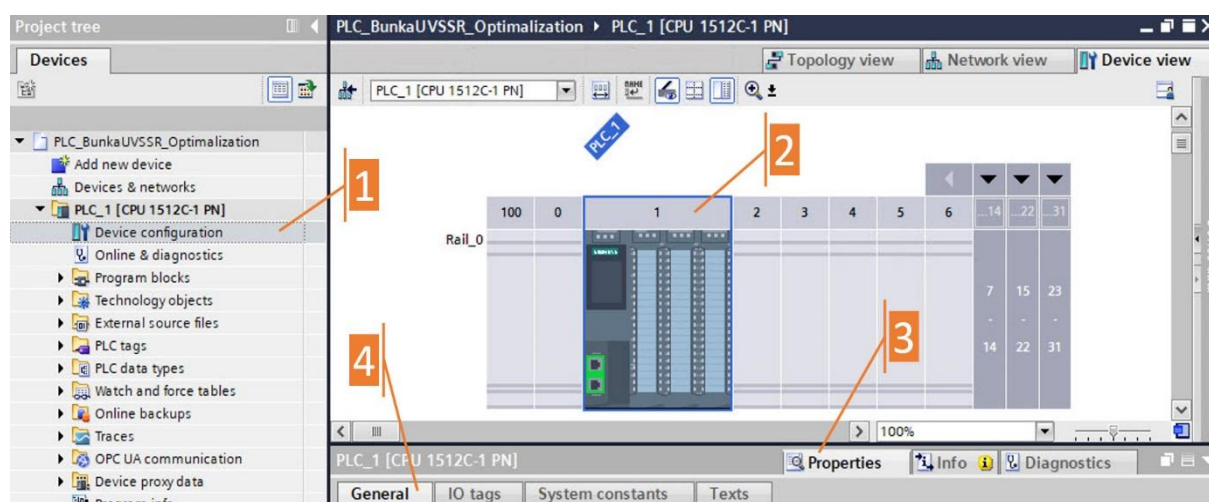
Tim byla udělána všechna potřebná nastavení v této části projektu. Další nastavení byly provedené po propojení všech zařízení a systému Wonderware mezi sebou.

7 PROGRAMOVÉ MODULY PRO PROPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH ČÁSTI BUŇKY

7.1 Konfigurace PLC pro spuštění OPC UA serveru

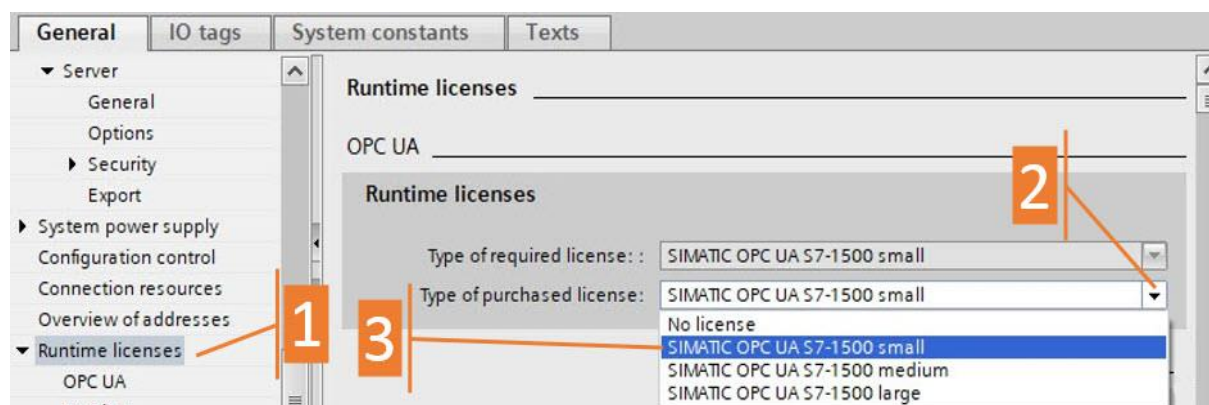
Pro nastavení OPC UA serveru na PLC S7 1500 se využívá software TIA PORTAL. Po otevření projektu, do kterého je zařazen automat ve stromu projektu se zvolí položka device configuration viz krok 1 obrázek 14.

Dále je nutné vybrat centrální procesorovou jednotku PLC, která se bude nastavovat, je to krok 2 viz obrázek 14, a otevřít její nastavení – Properties, General viz kroky 3 a 4 obrázku 14. Pod obrázkem PLC se objeví okno se všemi možnými hardwarovými nastaveními.



Obr. 14) Otevření nastavení CPU vybraného PLC

Jako první je nutné ověřit přítomnost licence nezbytné ke spuštění OPC UA serveru. V otevřených nastaveních zvolíme položku Runtime licenses, je to krok 1 viz obrázek 15. V otevřeném okně se objeví nastavení pro OPC UA. V horním řádku je zde napsaná požadovaná licence pro vybraný CPU, ve spodním řádku je nutné zvolit licenci, která se bude využívat. Pro PLC automat, který je použit u řešení v této práci robotické buňky, je požadovaná licence malá (small), tu také vybereme viz kroky 2 a 3 obrázku 15.



Obr. 15) Výběr runtime licence pro OPC UA server

V dalším kroku je nutné nakonfigurovat bezpečnostní nastavení. Zvolíme položku *Protection & Security*. V otevřeném okně se objeví vícero nastavení. Jako první je zde nabízená volba povoleného přístupu k PLC automatu.

Jsou čtyři varianty:

- Full access – při této volbě je povolen přístup k HMI (vizualizace vytvořena prostřednictvím TIA PORTALu), čtení a zapisování dat jsou taky přístupné.
- Read access – při této volbě je povolen přístup k HMI a čtení dat.
- HMI access – při této volbě je povolen přístup pouze k HMI.
- No access – jakýkoliv přístup je zakázán.

K prvním třem možnostem je dále možné nastavit heslo nutné k připojení. Pro řešenou úlohu si zvolíme první variantu – Full access, viz krok 1 obrázek 16. Nebylo zde nastavené žádné heslo, to z toho důvodu, že dále přístup k OPC UA serveru na tomto PLC bude i přesto pomocí loginu a hesla omezen.

Další částí položky *Protection & Security* je *Connection Mechanisms* (Mechanismy připojení). Zde je přítomné jen jedno nastavení. Jde o povolení nebo zakázání přístupu k PLC z jakéhokoliv jiného zařízení či softwaru. Pro připojení k tomuto automatu s využitím OPC UA je tedy nezbytný přístup povolit, proto zde dáme fajfku, je to krok 2 viz obrázek 16.

Protection & Security

Access level _____

Select the access level for the PLC.

Access level	Access			Access permi...
	HMI	Read	Write	Password
☒ Full access (no protection)	✓	✓	✓	
☐ Read access	✓	✓		
☐ HMI access	✓			
☐ No access (complete protection)				

Full access (no protection):
TIA Portal users and HMI applications will have access to all functions.
No password is required.

Connection mechanisms _____

☒ Permit access with PUT/GET communication from remote partner

Obr. 16) Bezpečnostní nastavení PLC

Další částí bezpečnostních nastavení je správa certifikátů. Tato část je velice důležitá, jelikož pro zabezpečení přístupu s využitím standartu OPC UA se využívá právě aplikačních certifikátů. Znamená to, že bez platného certifikátu není možné PLC rozkomunikovat.

U správy certifikátů jsou dále dvě možnosti nastavení. První možnost je využití globálních nastavení bezpečnosti. Při této volbě se nebudou využívat certifikáty vytvořené uživatelem. Systém tedy bude zabezpečen dle nastavení výrobce. Tato varianta, ale není vhodná pro komunikaci s využitím OPC UA (aplikační certifikát je nutný).

Proto, bylo využito druhé možnosti. Ta spočívá v tom, že pro funkce systému, které chce uživatel zabezpečit, si uživatel vytvoří vlastní certifikáty. Proto, byl dále vytvořen certifikát pro OPC UA server. Postup je následující: klikneme dvakrát na prázdné pole a v okně, které se objeví vybereme možnost Add new (přidat nový). Otevře se okno vytváření certifikátu, které je dále znázorněno na obrázku 17. Nejprve je nutné zvolit účel využití certifikátu. Pro nás je to OPC UA server, tuto variantu zvolíme. Dále musíme certifikát pojmenovat. Lze si ovšem i nechat automaticky vygenerovanou název. Zbytek polí necháme tak jak se nastavila automaticky. Zkontrolujeme jen aby IP adresa seděla s přidělenou PLC automatu.

Tim jsou všechny bezpečnostní nastavení ukončená. Samozřejmě jsou zde i jiná nastavení, jako například vložení certifikátů klientu, který je potřeba jen někdy. Vzhledem k řešenému problému jsou ovšem učiněny všechny potřebné konfigurace.

Create a new certificate

CA

Choose how the new certificate is to be signed:

☒ Self signed

☐ Signed by certificate authority

CA name:

Certificate parameter

Enter the parameters for the new certificate:

Common name of subject:

Signature:

Valid from:

Valid until:

Usage:

Subject Alternative Name (SAN):

Type	Value
URI	urn:SIMATIC.S7-1...
IP	100.65.12.8
Add new	

OK Cancel

Obr. 17) Vytvoření certifikátu pro OPC UA server

Nyní se musí nastavit samotný OPC UA server. V nastaveních zvolíme položku OPC UA. Otevře se okno s dalšími nastaveními. Jako první je vidět jméno aplikace OPC UA. Ta se da vyměnit, ale pro tuto úlohu byl nechán základní název.

Pod tím, je v poli dostupnost serveru (*Accessibility of the server*), umístěno nejdůležitější nastavení pro tuto úlohu. Jde o spuštění samotného serveru. Je zde samozřejmě nutně jej pomocí fajfky zaškrtnout [24].

Přímo pod polem, pro spuštění serveru, je umístěno nastavení jeho adresy. Ta se vygeneruje automaticky, ale opět ji můžeme nastavit sami. Pod tím je dále umístěné nastavení interfacu serveru. Můžeme zde zapnout či vypnout standardní interface SIMATIC. Proto, aby data ze serveru byly přehlednější, tuto funkci zapneme.

Dále jsou umístěné takové nastavení jako: počet klientu které se mohou připojit k serveru najednou, rychlost odezvy serveru, maximální počet monitorovaných položek atd. Tyto věci se nastavují dle jednotlivých úloh, pro tuto úlohu jsou však vhodná výchozí nastavení, proto je měnit nebudeme.

Další důležitou částí nastavení serveru je jeho zabezpečení. Je tu nezbytné nutné vybrat certifikát který se bude používat pro ověření serveru. Dále je nutné zvolit bezpečnostní politiku, kterou bude potřeba splnit pro připojení a komunikaci s OPC UA serverem, viz obrázek 18.

The screenshot shows the 'Server certificate' and 'Security policy' configuration sections of an OPC UA server. The 'Server certificate' section includes a warning icon and text stating that global security settings are not enabled, and a text box for the 'Server certificate' name, which is currently 'PLCserverOPC'. The 'Security policy' section includes a note about the 'No security' policy and a table of available security policies.

Server certificate

! The global security settings for the certificate manager are not enabled. Only limited functionality is available.

The server certificate is used to verify the servers identity when it is accessed and to enable endpoint security.

Server certificate:

Security policy

Note: When the 'No security' security policy is activated, every OPC UA client can still connect using this setting, regardless of any security settings that follow.

Security policies available on the server:

Activate sec..	Name
☒	No security
☒	Basic128Rsa15 - Sign
☒	Basic128Rsa15 - Sign & Encrypt
☒	Basic256 - Sign
☒	Basic256 - Sign & Encrypt
☐	Basic256Sha256 - Sign
☐	Basic256Sha256 - Sign & Encrypt

Obr. 18) Výběr certifikátu a bezpečnostní politiky pro OPC UA server

Další pole je určeno pro uvedení certifikátu klienta, které budou dále považovány za důvěryhodné. Je zde ovšem i možnost povolit přístup všem klientům. Právě tuto možnost zvolíme, a to z důvodu že přístup k serveru stejně omezíme nutností přihlášení s využitím loginu a hesla.

Tím jsou všechna nastavení ukončené. Výsledkem je aktivní server OPC UA, který je přístupný z dalších klientů. Jedinou podmínkou je připojení jak klientu, tak serveru k internetu.

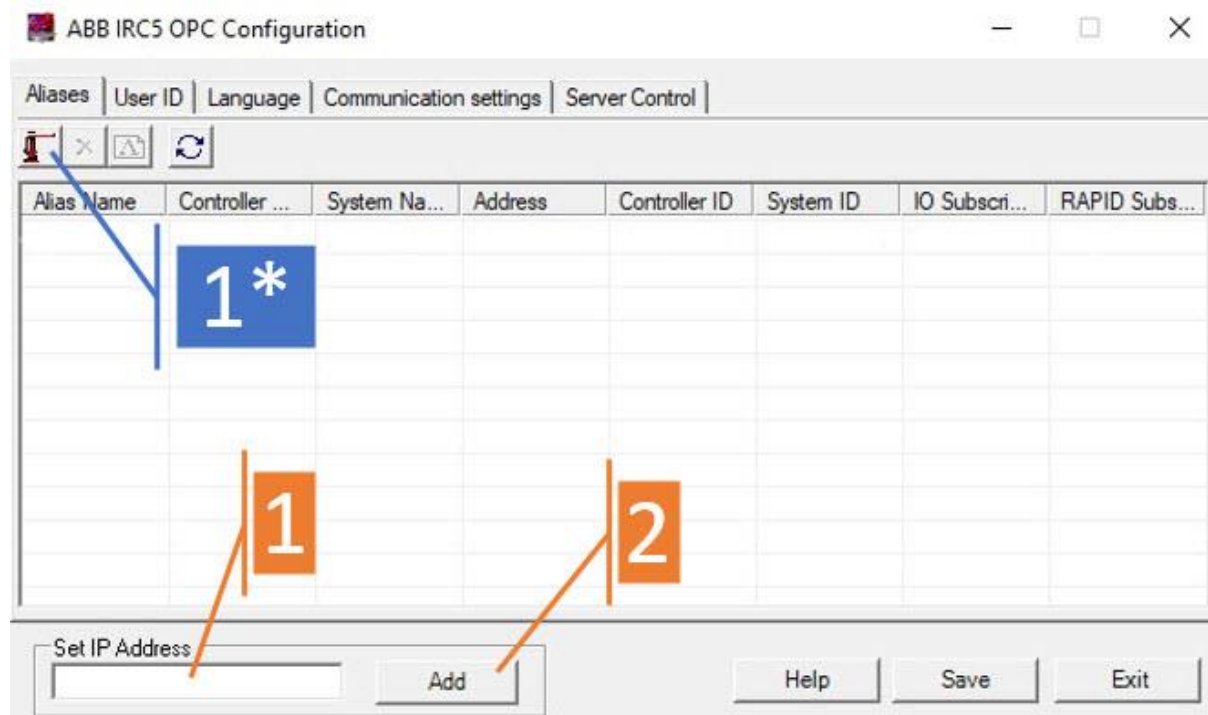
7.2 Konfigurace a spuštění OPC serveru pro IRC5

Zadruhé, po spuštění OPC UA serveru u PLC, bylo nutné rozkomunikovat řídicí systém robota. Jak už bylo popsáno, OPC server nejde spustit přímo na IRC5, je nutné využít externí HW, který běží na operačním systému Windows. Pro tento úkol byl využit obyčejný stolní počítač.

Dále, byl řídicí systém robota připojen na síť, a byla mu přidělena IP adresa. Tím jsou nastavení na IRC5 ukončena. Dále byl na stejnou síť připojen počítač, na kterém se dále bude spuštěn OPC server. Pro spuštění serveru byl nejprve z webových stránek ABB stažen instalační soubor OPC serveru poslední verze, vhodného pro použití u řídicího systému. Po instalaci tohoto softwaru se na počítači objeví mezi jinými i soubor s názvem ABB IRC5 OPC Configuration. Právě s ním je dále nutné pracovat.

Po otevření souboru se objeví základní okno znázorněné na obrázku 19. Je zde nutné najít a připojit se k řídicímu systému IRC5. Na to existují dvě metody.

Postup první metody je na obrázku 19 znázorněn oranžovou barvou. Jedinou podmínkou pro její využití je znalost IP adresy řídicího systému. Do pole viz krok 1 obrázek 19 uvedeme IP adresu a stiskneme Add dle kroku 2. Pokud je IP adresa uvedena správně a IRC5 a počítač na kterém provádíme nastavení jsou na jedné síti, tak se v tabulce hned objeví požadovaný řídicí systém.



Obr. 19) Postup propojení OPC serveru s řídicím systémem robota: a) metoda 1 (oranžová barva), b) metoda 2 (modra barva)

Druhá metoda je znázorněna na obrázcích 19 a 20 modrou barvou a její kroky jsou doplněné hvězdičkou. Tato metoda je o trochu delší, není zde ale požadována IP adresa nastavená u IRC5. V prvním kroku stiskneme ikonu s robotem viz krok 1* obrázek 19. Otevře se nové okno. V něm stiskneme Scan, je to krok 2* obrázek 20. Po skenování se objeví tabulka s řídicími systémy, které jsou připojené k síti.

V tomto případě se objevil jen jeden řídicí systém, jelikož žádný další se nevyužíval. Dále je možné pomocí tohoto softwaru připojit více řídicích systémů a spustit OPC server pro každý z nich. Dle manuálu od firmy ABB není počet řídicích systémů, které můžeme připojit nějak omezen [16]. Je ale zřejmě, že čím větší jejich počet je připojen tím horší je čas odezvy.

Dle kroku 3* viz obrázek 20, vybereme ovladač pro připojení. Dále v kroku 4* musíme vybrat data dle kterých bude tento řídicí systém definován. Na to se využívají:

- název ovladače (Controller name),
- IP adresa (Address).
- ID systému (System ID),
- název systému (System name),
- ID ovladače (Controller ID).

Pro tuto úlohu byly využité pro definici všechna dostupná data. Nakonec dle kroku 5 stiskneme Create, a tím je připojení řídicího systému ukončeno.

Neznamená to ovšem, že OPC server už je tímto plně funkční a spuštěný. Zbývá nastavit několik posledních věcí.

Add New Alias

Alias Name: 05-102946_05-102946

Create

Connection Criteria

☒ Controller Name: 05-102946

☒ System Name: 05-102946

☒ Address: 100.65.12.9

☒ Controller ID: 05-102946

☒ System ID: {0a38b91d-6604-4125-bb84-aa2e04132ab0}

Scan results: 1 found. 1 of 1 displayed.

Controller Name	System Name	Address	Controller ID	System ID
05-102946	05-102946	100.65.12.9	05-102946	{0a38b91d-6604-4...

Scan >>

☐ Show only robots with no assigned Alias

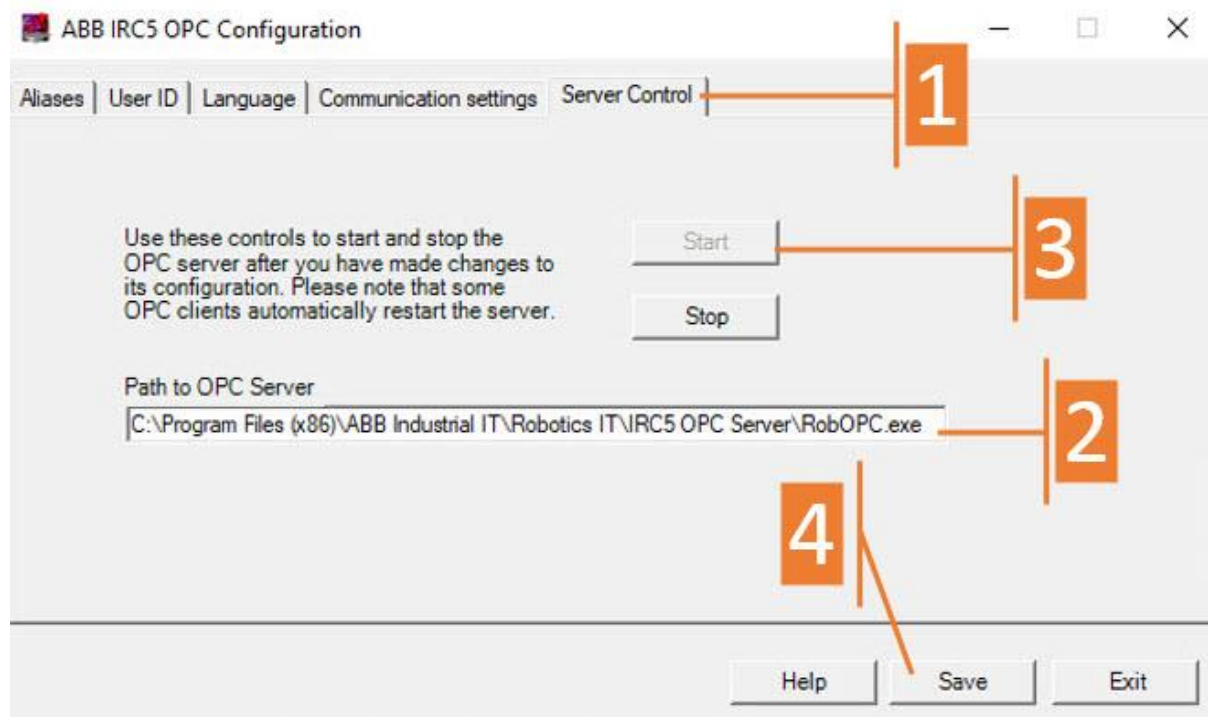
☐ Show only robots that match connection criteria

Close

Obr. 20) Postup propojení OPC serveru s řídicím systémem robotu (metoda 2)

Jako další část konfigurace je možné nastavit login a heslo pro připojení OPC serveru. Toto se využívá jen v případě, že klient bude umístěn na jiném počítači, což neplatí pro toto řešení. Proto byly login a heslo ponechány v základní podobě.

V posledním kroku bylo nutno server spustit. Přejdeme do okna ovládaní serveru viz krok 1 obrázek 21. Zde uvedeme cestu k souboru RobOPC.exe, je to krok 2. Je umístěn ve složce, do které se prováděla instalace celého softwaru. Tento soubor spustí server s využitím uživatelských nastavení. Dále stiskneme Start, a celou konfiguraci uložíme, jsou to kroky 3 a 4 dle obrázku 21. Spustí se OPC. Spustí se tedy jak OPC DA server, tak i o OPC A&E server.



Obr. 21) Spuštění OPC serveru pro IRC5

7.3 Konfigurace OPC UA serveru u frézky

Jak bylo uvedeno dle kapitoly 4.2, po aktualizaci softwaru objevila se možnost spuštění OPC UA serveru i u frézky. Řídicí systém frézky popisovaný v této diplomové práci využíval právě té verze softwaru, ve kterém se OPC UA server již objevil. Bohužel, kvůli tomu, že tato verze softwaru byla mírně zastaralá, tak i po spuštění OPC UA serveru nebylo možné s ním navázat spojení. Důvodem bylo, že pro komunikaci s internetem využíval šifrování SHA1, které již není podporováno, a proto je zakázáno [25].

Následně došlo k aktualizaci softwaru do nejnovější verze. Tím byla umožněna komunikace prostřednictvím OPC UA standardu s frézou. Tato aktualizace, ale bohužel nastala v těsné blízkosti termínu odevzdání diplomové práce.

Z tohoto důvodu nebude dále frézka popisovaná v této práci jako prvek pro komunikaci a propojení s dalšími zařízeními buňky.

7.4 Konfigurace a propojení OPC UA serverů s klientem

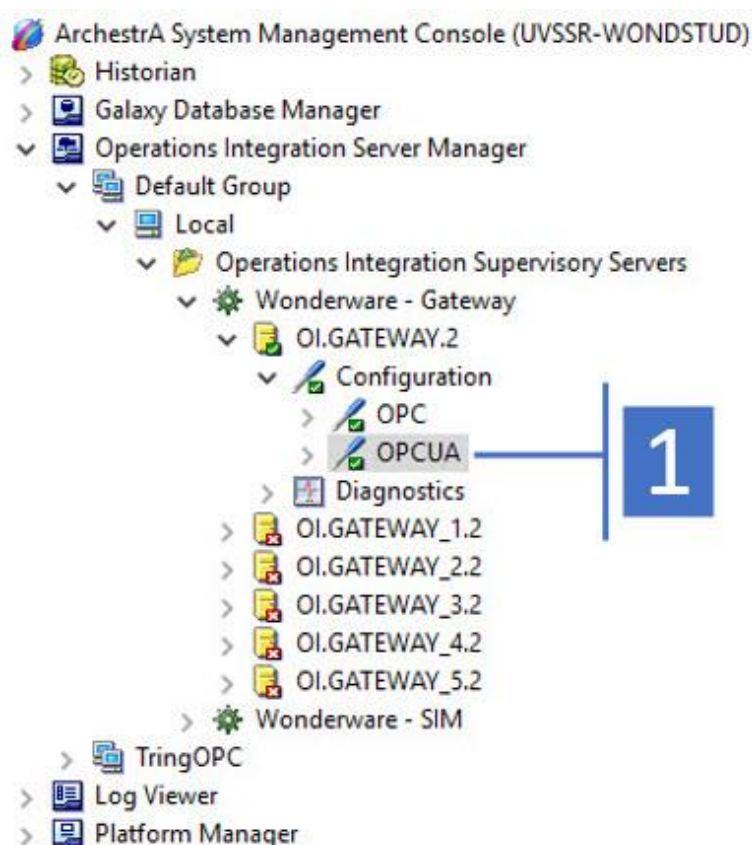
Ted, když u každého zařízení došlo ke spuštění OPC či OPC UA serveru, bylo nutné je spojit s klientem, který dále bude využíván pro čtení a zapisování dat.

Jak již bylo uvedeno na začátku kapitoly 6, na to byl využit SCADA systém od firmy Wonderware. Pro nastavení komunikace s OPC UA servery je u tohoto systému využíván program System Platform Management Console.

Po otevření uvedeného programu se objeví okno s nastavení různých funkcí. Pro tento úkol je důležitá část věnovaná integraci operačních serveru. Jedná se o položku s názvem Operations Integration Server Manager. Strom této položky rozklikneme, až dokud nedojdeme na přehled dostupných bran. Cely strom je znázorněn na obrázku 22.

Přesto, že je na obrázku vidět jen 6 dostupných bran, nejsme tímto počtem nijak omezeni. Uživatel může sám nové brány vytvářet dovoleno je i jejich přejmenování. Každá brána může být využita ke komunikaci s jedním OPC serverem a jedním OPC UA serverem najednou. Ovšem pro nastavení komunikace s využitím obyčejného OPC je vhodnější používat funkci přímo umístěnou v System Platform. Tato část je popsána v další části diplomové práce.

Byla vybrána jedna z bran. K ní byl dále připojen server spuštěný na PLC. U vybrané brány se tedy otevřela konfigurace OPC UA, je zo krok 1 viz obrázek 22. Následně se otevře okno viz obrázek 23.



Obr. 22) Strom nastavení dostupných v System Platform Management Console

V kroku 2 dle obrázku 23 musíme uvést Server Node. Jde o server spuštěný mimo počítač, proto základní nastavení localhost vyměníme za IP adresu nastavenou na PLC automatu.

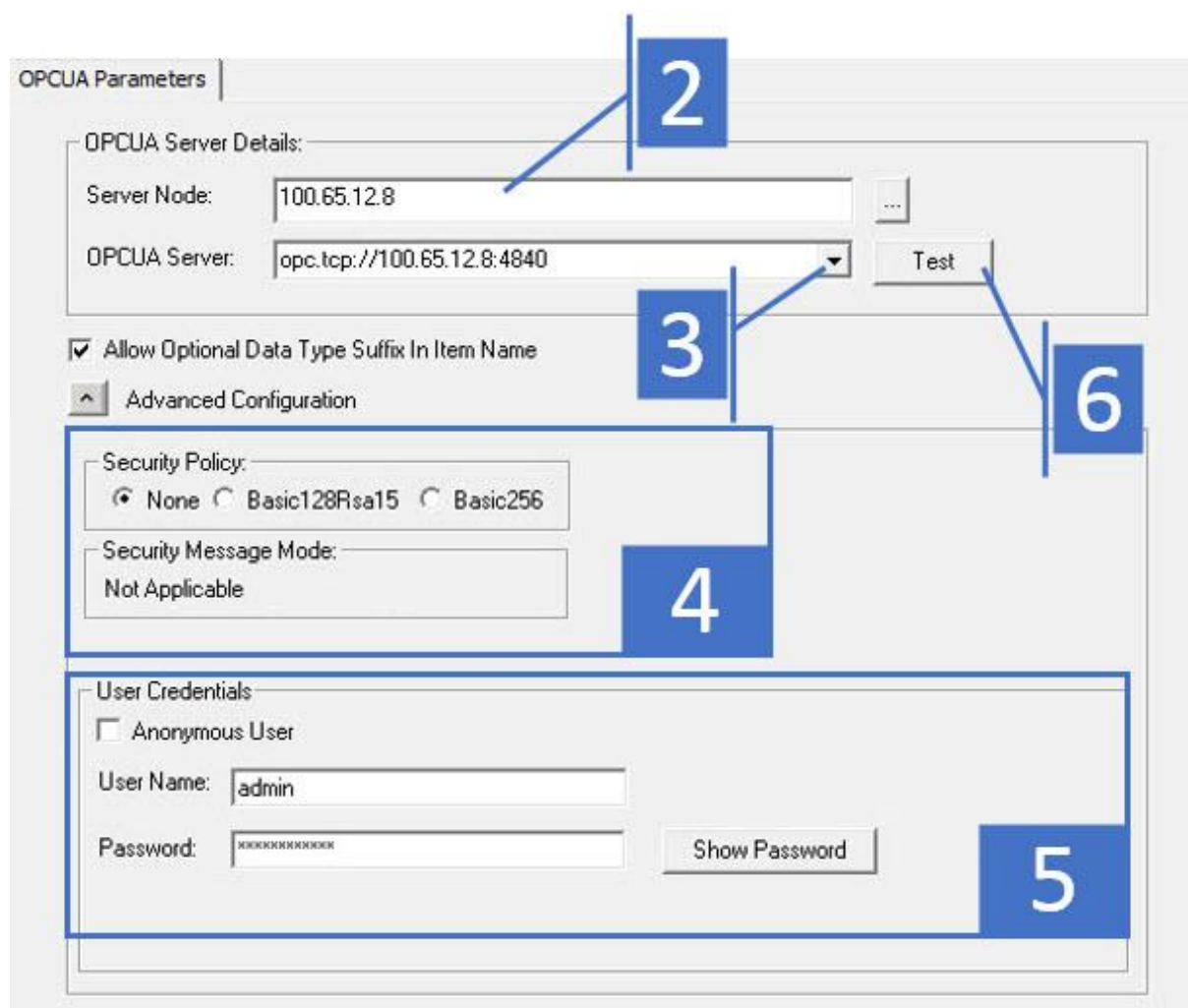
Poté stiskneme ikonu s třemi tečky vedle toho. Program pote nahlásí chybu, že nelze přečíst domény, to ovšem není důležité. Stejně už sám proskenuje zařízení dle uvedené IP adresy na přítomnost OPC UA serveru.

Dále, v kroku 3 viz obrázek 23, stiskneme ikonu s šipkou dole u výběru serveru. Objeví se znovu seznam. Pro tento úkol bude v seznamu přítomen jen jeden server se jménem nadefinovaným dle kapitoly 6.1. Tento také vybereme.

Musíme dále provést bezpečnostní nastavení. Rozklikneme ikonu s šipkou dole, vedle které je nadpis *Advanced Configuration*. Jako krok 4 si vybereme metodu bezpečnostní politiky, která se bude využívat pro komunikaci. Ta musí být shodnou, s jednou z vybraných v předešlém kroku, u povolených u OPC UA serveru na PLC. Pro tento úkol byl zatím nechán způsob komunikace bez šifrování.

Dále, dle kroku 5 viz obrázek 23, jsou nabídnuty dvě možnosti pro komunikaci klientu se serverem. Jedná se o možnost připojení jako anonymní uživatel, nebo jako uživatel ověřený pomocí loginu a hesla. Pro popsání řešení, ale máme jen jednu možnost. V nastaveních OPC UA serveru je anonymní přihlášení zakázáno, proto zde musíme uvést login a heslo nastavené dle kapitoly 6.1.

Nakonec si propojení vyzkoušíme. Stiskneme *Test* dle kroku 6 obrázku 23.

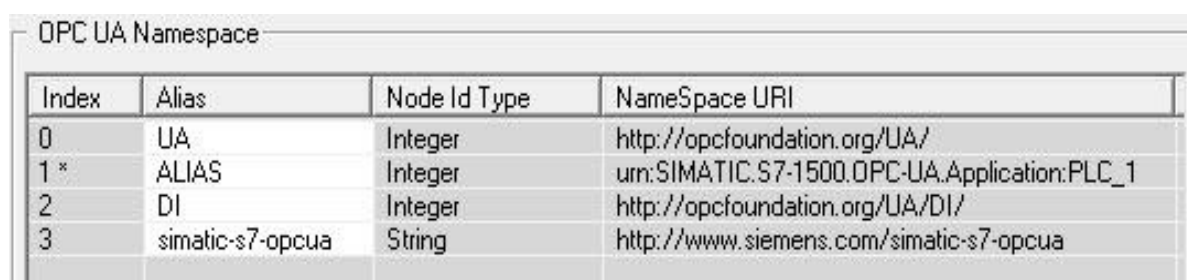


Obr. 23) Okno nastavení OPC UA komunikace

Pokud jsou nastavení správná a propojení se povedlo, tak se pod oknem objeví tabulka s názvem OPC UA Namespace. V této tabulce jsou nabízeny jmenné prostory.

Jmenným prostorem (Namespace), se nazývá prostředek pro elementy a atributy. Jeho úkolem je jejich jednoznačné definování. Jedná se o situaci, při které jsou ke klientu připojeny dva OPC UA serveru, a budou u nich přítomné atributy se stejným jménem, tak aby nedošlo ke kolizi každý server bude mít atributy umístěné pod vlastním, unikátním jmenným prostorem. Tím je zaručená jednoznačnost dat. Právě proto, je důležité sledovat, aby při konfiguraci OPC UA serveru byly pro každý z nich využité unikátní názvy aplikací, právě oni se využívají k vytvoření jmenných prostorů.

Pro nás je vhodný jen jeden. Ten poznáme dle Namespace URI. U požadovaného je zde uvedena název aplikace OPC UA nastavena na serveru PLC automatu. Je to tedy řádek 1 viz obrázek 24. Na tento řádek klikneme pravým tlačítkem myši a vybereme možnost Set as Default Namespace. Tím jsou OPC UA klient a server propojené.



Index	Alias	Node Id Type	Namespace URI
0	UA	Integer	http://opcfoundation.org/UA/
1 *	ALIAS	Integer	urn:SIMATIC.S7-1500.OPC-UA.Application:PLC_1
2	DI	Integer	http://opcfoundation.org/UA/DI/
3	simatic-s7-opcua	String	http://www.siemens.com/simatic-s7-opcua

Obr. 24) Tabulka výběru jmenného prostoru

7.5 Konfigurace a propojení OPC serveru s klientem

Jak už bylo zmíněno, k propojení OPC serveru s klientem se využívá funkce přítomná přímo uvnitř vývojového prostředí Wonderware System Platform. Je tedy nutné otevřít projekt (Galaxii), který byl vytvořen dle kapitoly 6.2.

K propojení s OPC serverem je zde využíván prvek určený k integraci zařízení. Nazývá se OPCClient. Šablona tohoto prvku je umístěna ve složce Device Integration. Ze základní šablony, dle analogického postupu viz kapitola 6.2, vytvoříme vlastní šablonu, kterou umístíme do složky. Nyní máme k dispozici vlastní upravenou šablonu.

Ze šablony nakonec vytvoříme vlastní prvek, ten zařadíme v modelu do robotické buňky (Bunka_Rob_ABB). Dvojklikem si tento prvek otevřeme. Objeví se okno se základními nastaveními viz obrázek 25.

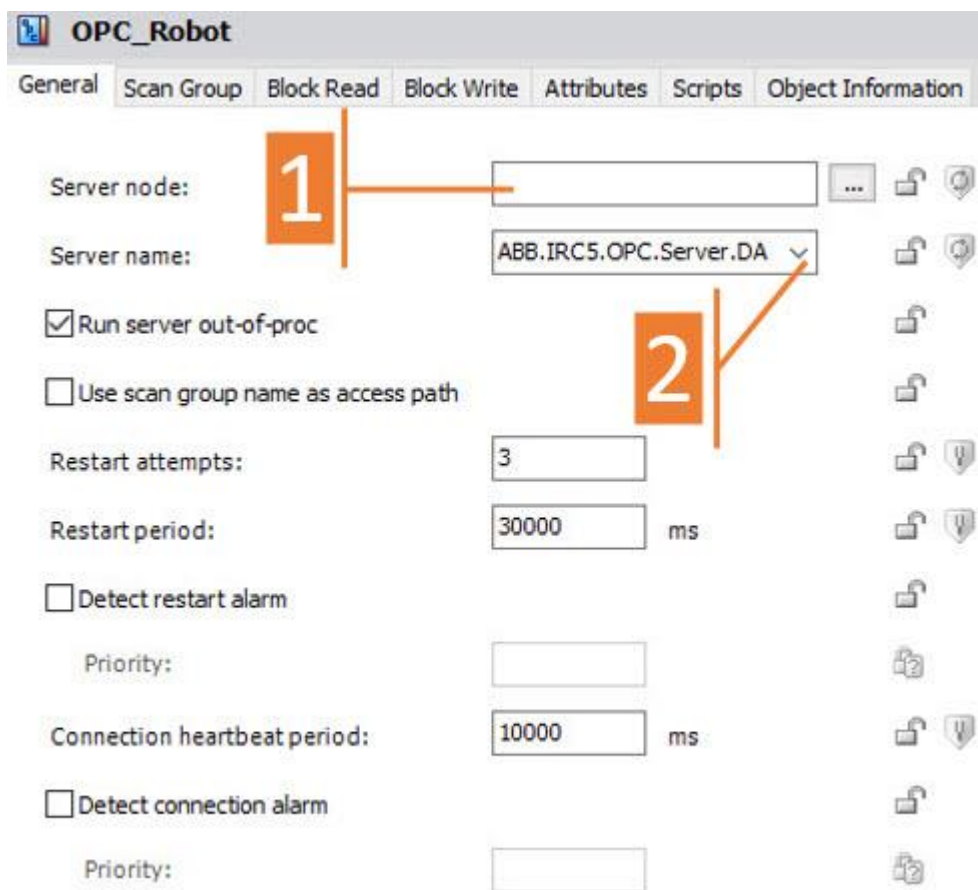
Obvykle pro propojení OPC serveru a klientu jsou používány dvě věci. Zaprvé, IP adresa zařezání, na kterém je OPC server spuštěn. Zadruhé, název samotného OPC serveru. V případě řešené úlohy ovšem není potřeba žádaná IP adresa, a to z toho důvodu, že OPC server pro řídicí systém IRC5 je v tomto případě spuštěn na stejném počítači, na kterém nám běží systém Wonderware.

Do pole dle kroku 1 viz obrázek 25 tedy nic neuvádíme. Dále, dle kroku dva, u výběru serveru dle názvu klikneme na ikonu s šipkou dole. Protože nemáme uvedenou IP adresu začne systém hledat servery spuštěné na počítači. Po skenování nabídne systém možnost vybrat OPC server ke kterému se chceme připojit. Vybereme server s názvem ABB.IRC5.OPC.Server.DA.

Kromě OPC serveru se taky ve výběru zobrazují brány (OI.GATEWAY), které byly popsány v kapitole 7.2. Tuto funkci budeme ještě během této práce využívat.

Po výběru serveru je s ním klient, v tomto případě Wonderware System Platform, propojen. Jsou zde nabízená i další nastavení, pro tento úkol zadání je ovšem necháme v základní podobě.

Nyní je možné nastavení tohoto prvku uložit a uzavřít. Na závěr je nutné jej spustit. Prvek rozklikneme pravým tlačítkem myši a vybereme možnost Deploy.



Obr. 25) Okno nastavení prvku pro OPC komunikaci

8 VYBĚR DAT K INTEGRACI DO SYSTEMU SCADA

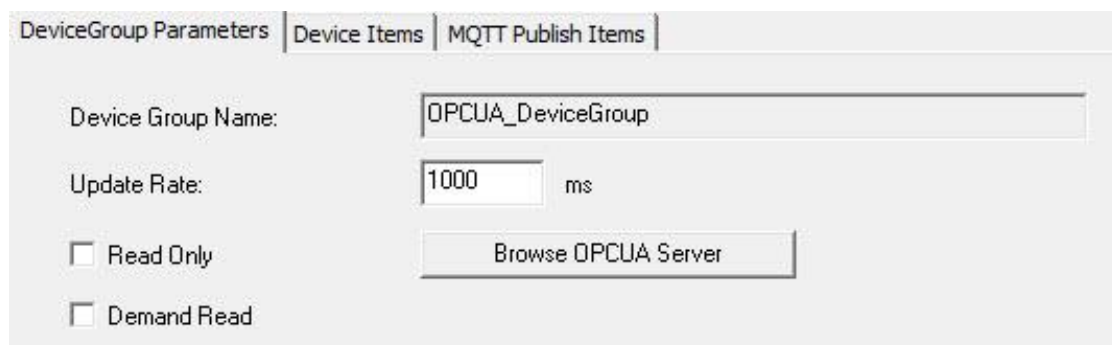
Přestože servery spuštěné u jednotlivých zařízení byly se systémem SCADA propojené, nebyly zatím definovaná data, které má systém u těchto serveru sledovat. Právě tomuto definování je věnována tato kapitola.

8.1 Výběr dat z OPC UA serveru

Pro začátek byla vybrána data ke sledování z PLC automatu. Otevřeme System Platform Management Console. Ve stromu zleva u OPC UA konfiguraci dle brány, kterou využíváme stiskneme šipku dole. Objeví se položka s názvem DeviceGroup. Zvolíme tuto položku. Otevře se okno s dalšími nastavení viz obrázek 26.

První nastavení, které je v nabídce, je skenovací frekvence. Jedná se o frekvenci, se kterou bude klient obnovovat data ze serveru. Zde byla nastavena perioda 1000 milisekund, tak aby seděla s periodou posílání dat ze serveru nastavenou v TIA PORTALu. Ta je nastavena na 1000 milisekund dle výchozího nastavení.

Dále je nutné nastavit typ omezení přístupu. Je možné například povolit jen čtení dat ze serveru. Pro tento úkol je zde nutné data do serveru i zapisovat, proto tato funkce nebyla zapnuta.



Obr. 26) Okno parametru DeviceGroup

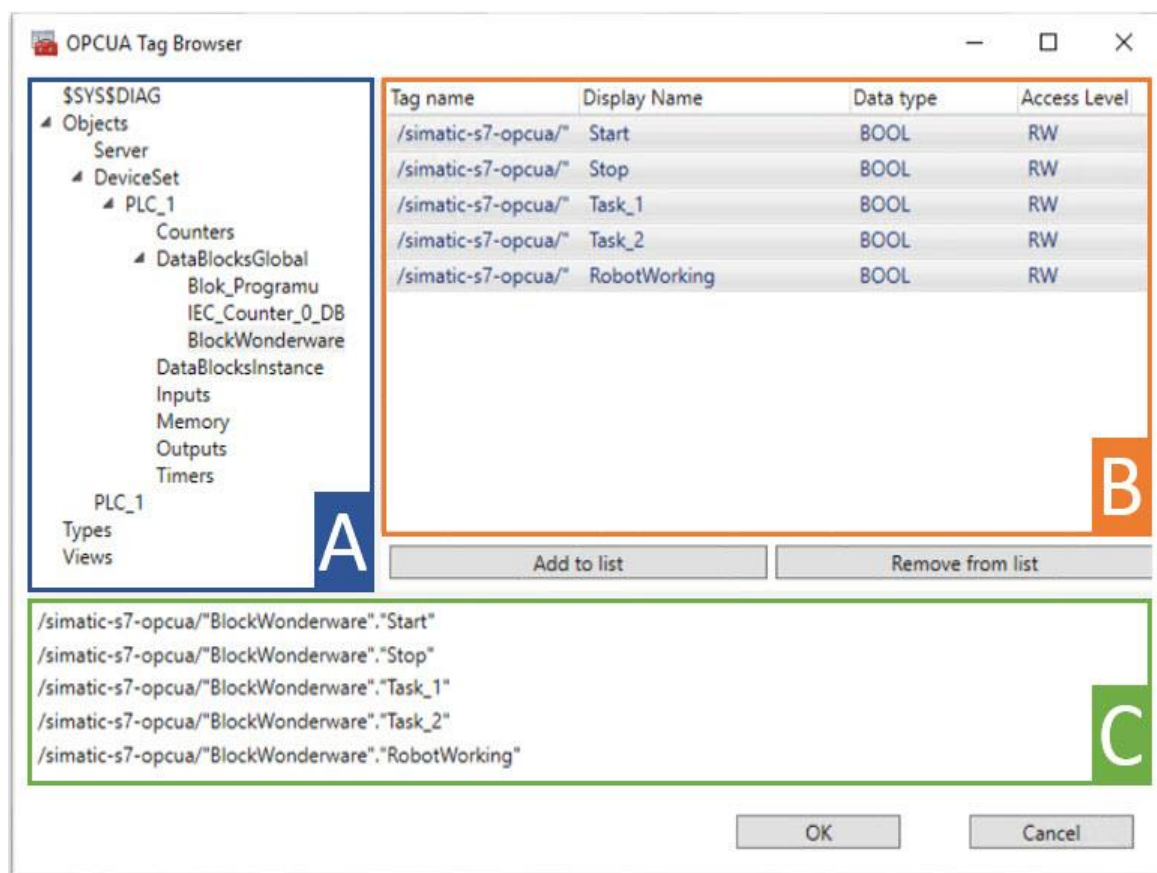
Nakonec je zde ikona s nadpisem Browse OPCUA Server. Právě po jejím stisknutí se nám zobrazí všechna data, která jsou umístěná na serveru. Otevře se další okno zobrazené na obrázku 27. Okno je rozděleno na tři hlavní oblasti, označené dle obrázku na oblast A, oblast B a oblast C.

Oblast A: slouží k navigaci serverem. Zde je možné prohlížet jednotlivé složky serveru, a jejich hierarchii.

Oblast B: zobrazuje samotná data umístěná v jednotlivých složkách. Zároveň je zde uveden typ dat (boolean, integer, float, atd.). Je zde uveden i povolený přístup k datům, jestli se mohou číst či měnit.

Oblast C: se využívá právě k výběru dat, které systém SCADA bude sledovat. Funguje to poměrně jednoduchým způsobem. Data, které chceme sledovat je nutno vybrat v oblasti B a stisknout Add to list. Jakmile jsou všechna požadovaná data umístěná v oblasti C, stiskneme OK. Vybrané data se teď objevila v okně Device Items.

Nastavení tím ovšem není hotové. Na rozdíl od OPC serveru nejde OPC UA server připojit přímo do vývojového prostředí System Platform. Proto bylo dále nutné PLC automat nadefinovat jako prvek a zařadit ho do modelu ve vývojovém prostředí.



Obr. 27) Prohlížeč OPC UA serveru

8.2 Zařazení PLC automatu do modelu v System Platform

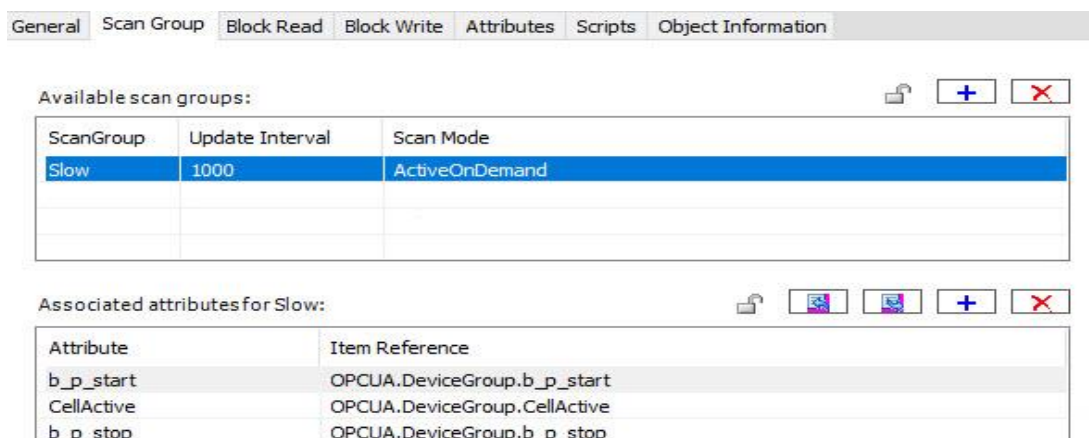
Ve vývojovém prostředí System Platform IDE byl tedy vytvořen nový prvek. Byla zde opět využita šablona *OPCClient*. I když se zdá, že využívat OPC klient k připojení OPC UA serveru je nesmysl, tak to není tak úplně pravda. Je zde využita funkce, která se u prvku *OPCClient* dovoluje připojit k bránám ze System Platform Management Console.

Z šablony *OPCClient* byl vytvořen nový prvek. Otevřeli se jeho nastavení. Opět zde nebyla uvedena žádná IP adresa, nyní ale jako název serveru ke připojení byla vybrána brána, ke které byl připojen OPC UA server. Právě takovýmto způsobem se zajišťuje integrace zařízení, se kterým se komunikuje pomocí OPC UA standardu, do systémové platformy.

Dále byl nastaven tento prvek z pohledu dat. Bylo nutné znovu zopakovat výběr dat pro skenování, nyní ovšem uvnitř systémové platformy. V nastaveních prvku bylo otevřeno okno s nazvou *Scan Group*, je znázorněno na obrázku 28.

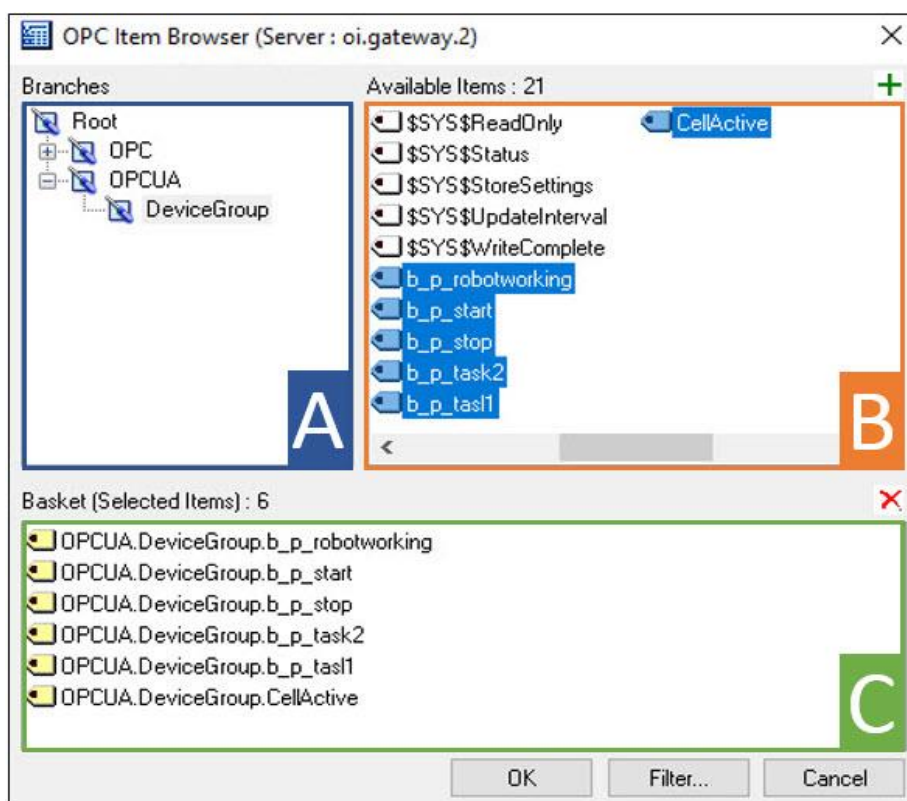
Nejprve byla vytvořena takzvaná skenovací grupa. Jedná se o seskupení dat, kterému nastavíme opět skenovací frekvenci a nastavíme i typ spuštění této skenovací skupiny. Frekvence byla nastavena na 1000 milisekund, stejně jako u serveru. Typ spuštění se nechal základní, spustí se až bude žádaná jakákoliv operace s tímto prvkem. Je možné jej nastavit i tak aby byl vždy aktivní. Je to ovšem náročnější pro počítač, větší zatížení HW.

Jakmile byla vytvořena skenovací skupina, byla k ní přiřazena data. K tomu se využívá tabulka pod tím. Je nutné kliknout na ikonu s plusem a v tabulce se objeví řádek s možností editování. V pravém sloupci tohoto řádku se objeví ikona s třemi tečky. Po jejím rozkliknutí se objeví okno prohlížení dat z připojeného serveru.



Obr. 28) Okno nastavení skenovací skupiny

Dle nastavení byla znázorněna jako server zvolena brána. Otevřené okno má stejnou strukturu, jak okno pro prohlížení serveru, které bylo využito v System Platform Management Console. Jsou tu opět tři oblasti, které mají stejné funkce, jsou tyto oblasti barevně označeny na obrázku 29. Jediný rozdíl je v tom, že po tom, jak vybereme požadovaná data z oblasti B, je do oblasti C přesuneme pouhým přetažením pomocí myši. V prohlížeči se zobrazí jen ta data, které z OPC UA serveru byla vybraná dle kapitoly 8.1.



Obr. 29) Prohlížeč serveru

8.3 Výběr dat z OPC serveru

Protože k připojení OPC serveru byla využita funkce prvku umístěného přímo ve vývojovém prostředí System Platform IDE tak i výběr dat, která bude systém sledovat, se provádí hned v něm.

Byl tedy otevřen prvek, který byl využit ke spojení s OPC serverem. V něm se následně otevřelo okno nastavení Scan Group. Nastavení v tomto okně se provádí úplně stejně jak u prvku pro OPC UA server. Frekvence skenování byla opět nastavena na 1000 milisekund, stejně jako je nastavení přímo u OPC serveru.

Jediným, ale velice důležitým rozdílem je to, že OPC standard je mírně zastaralý. Po připojení a výběru dat v platformě není vidět a nelze ani operovat s daty. Je to z toho důvodu, že na rozdíl od OPC UA standardu, Wonderware System Platform nedostává od serveru pro sebe srozumitelnou informaci o typu dat.

Proto k využití a sledování dat je nutné vytvořit atributy přímo uvnitř systémové platformy. Dále jejich musíme spojit s daty, které dostáváme z OPC serveru a nadefinovat jakého jsou typu. Dále je popsán postup pro jeden atribut.

V nastavení prvku s OPC serverem bylo otevřeno okno s názvem Attributes. Toto okno se používá k vytvoření či úpravě atributu tohoto prvku, a taky k vytvoření a úpravě grafických prvku pro tento prvek. Bylo využito první funkce.

V tomto okně, v jeho horní části věnované správě atributu, byla stisknuta ikona s plusem. Tím se vytvořil nový atribut. V pravé části se také otevřelo okno s nastavením atributů. Toto okno ze všemi nastaveními je znázorněno na obrázku 30. Jsou na něm znázorněné i kroky, které se uskutečnily při nastavení atributů.

V kroku 1 byl atribut pojmenován. V kroku 2 byly vybrány funkce které se budou pro tento atribut používat. Mezi vybranými funkcemi jsou:

- připojení k I/O (I/O),
- ukládání číselné hodnoty atributu (History),
- hlášení o překročení limitní hodnoty (Limit alarms),
- hlášení o prudké změně hodnoty (ROC alarms),
- hlášení o překročení dovolené odchylky hodnoty (Deviation alarms),
- hlášení o špatné hodnotě (Bad value alarm),
- statistické zhodnocení hodnoty atributu (Statistics),
- ukládání změny hodnoty (Log change).

Nyní jde jen o ukázkou propojení atributu s jedním z I/O OPC serveru robotu. Proto mezi nabízenými funkcemi byla vybrána pouze první funkce.

V kroku tři dle obrázku 30 byl dále definován datový typ atributu. Ten musí být shodný s datovým typem použitým pro tento výstup u řídicího systému robotu. V dalším kroku byl vybrán typ přístupu k výstupu, ke kterému bude atribut připojen. Máme tři možnosti nastavení: jen čtení (read), čtení a zapisování (read/write) a pouze zápis (write). U tohoto výstupu se předpokládá, jak čtení, tak i zápis, proto byla vybrána druhá varianta.

Nakonec se musí vybrat samotný výstup se kterým atribut bude propojen. Byla stisknuta ikona s třemi tečky, je to krok 5 viz obrázek 30. Otevřel se prohlížeč, ve kterém se vybral požadovaný výstup.

Name: rob_f_fursov1
 Description:
 Data type: Float ☐ Array
 Writeability: User writeable
 Initial value: 0,0 Eng units:
 Available features:
☒ I/O ☐ History ☐ Limit alarms
☐ ROC alarms ☐ Deviation alarms ☐ Bad value alarm
☐ Statistics ☐ Log change
 I/O
☐ Read ☒ Read/Write ☐ Write
 Read from / Write to: OPC_Robot.OPC.IRC5.05-102946_05-102946.IOSYSTEM.IOSIGNALS.Full
☐ Output destination differs from input source

Obr. 30) Okno nastavení atributu

9 NAVRH A VYTVOŘENÍ VIZUALIZACE

Posledním úkolem dle zadání diplomové práce byl návrh vizualizace stavu buňky a její jednotlivých částí. K tomu byl opět využit SCADA systém od firmy Wonderware. Jde o program InTouch. Pro zajištění některých funkcí byly, ale využité i System Platform a Historian.

Pro začátek byla tedy ve vývojovém prostředí System Platform IDE vytvořena na základě existující šablony *InTouchViewApp* nová vlastní šablona. Ta byla dále umístěna do složky se šablonami pro tento projekt. Následně byl pomocí ní vytvořen nový prvek. Prvek byl dále pojmenován a zařazen v modelu do položky Bunka_Rob_ABB. Z pohledu nasazení (Deployment) byl prvek umístěn do ViewEngine. Vytváříme grafický prvek, proto se musí zpracovávat na ViewEngine, ale nikoliv v AppEngine.

Dále byl prvek dvojklikem otevřen pro nastavení. Jelikož je to prvek typu InTouch, tak i práce s ním se provádí prostřednictvím tohoto programu. Následně se otevřel Wonderware InTouch Window Maker. Jak již bylo řečeno, tento program nám slouží jako vizualizační rozhraní pro další systémy. Tohoto jsme využili i v tomto případě. Byla vytvořena vizualizace a následně propojena s prvky předem nadefinovanými v systémové platformě.

Z pohledu funkčnosti umožňuje InTouch Window Maker vytvářet okna, popisovat děje které se mají vykonat během spuštění oken, vkládat do oken prvky z šablon či prvky předem vytvořené uživatelem. Je zde umožněno i vytvoření animace, u tohoto řešení, ale není tato funkce využita.

Pro začátek, před vytvořením samotných oken, bylo nejprve nutné si nadefinovat pro obrazovku jakého rozlišení bude tento interface využívat. Protože u tohoto úkolu šlo hlavně o návrh a nebyla k dispozici přítomná obrazovka tak rozlišení nebylo podstatné. Jinak byl vytvořen interface pro standardní rozlišení 1280 na 720 pixelů (formát 16:9). Program InTouch, ale umožňuje konverzi, proto i kdyby dále došlo k nutnosti spustit navrženou vizualizaci u obrazovky s jiným rozlišením, tak by to nebyl žádný problém. Cílem vizualizace byla vytvořena nikoliv do jednoho okna, ale do pěti.

To jsou:

- Menu – hlavní okno, které se využívá pro navigaci s dalšími okny,
- Ovládaní – okno pro ovládaní buňky,
- Robot – pro sledování stavu robotu,
- Trendy – pro sledování aktivity buňky,
- Historické trendy – pro sledování historických hodnot. Sledovat se dají data z buňky, u nichž je nastavené ukládání.

Pro otevření vytvořené vizualizace v režimu ovládaní, ale ne nastavení, se využívá klient InTouch Window Viewer. Právě tento klient je potom nutný k otevření vizualizace u dalších zařízení (u počítačů či ovládacích panelů).

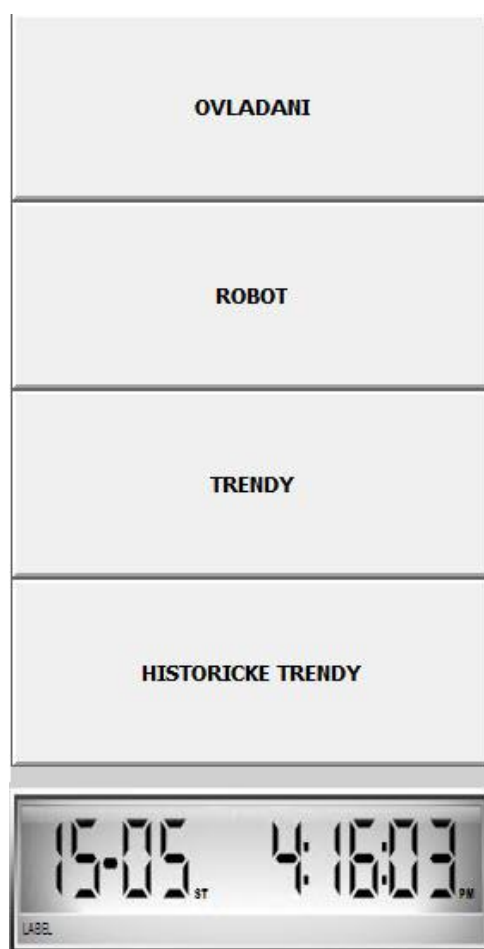
U tohoto řešení je InTouch Window Viewer využíván pro zkoušení vytvořené vizualizace a ověření funkčnosti jejích jednotlivých částí. Ten se spustí pomocí tlačítka Runtime v pravém horním rohu vývojového prostředí InTouch Window Maker.

9.1 Návrh jednotlivých oken

Jako první bylo vytvořeno okno s názvem Menu. Jedinou funkcí tohoto okna je přepínání mezi dalšími okny. Okno Menu je navrženo tak, že nikdy se nezavírá, ani nepřekrývá se dalšími okny. Je tohle okno vždy umístěno v levé části vizualizace. Rozměr tohoto okna je 280 na 1200 pixelů. Pro další okna je ponechána oblast o rozměrech 1000 na 1200 pixelů.

Jednotlivá tlačítka pro přepínání jsou vytvořena pomocí prvku *Button*. Každé tlačítko bylo označeno slovy dle úkonu okna, které otevírá. A pomocí funkce *Animation Links* byly spojeny s okny, která se mají otevírat po jejich stisknutí.

V dolní části okna Menu jsou dále umístěné hodiny, které ukazují aktuální čas a datum. Cele okno je znázorněno na obrázku 31.



Obr. 31) Navržená vizualizace – okno Menu

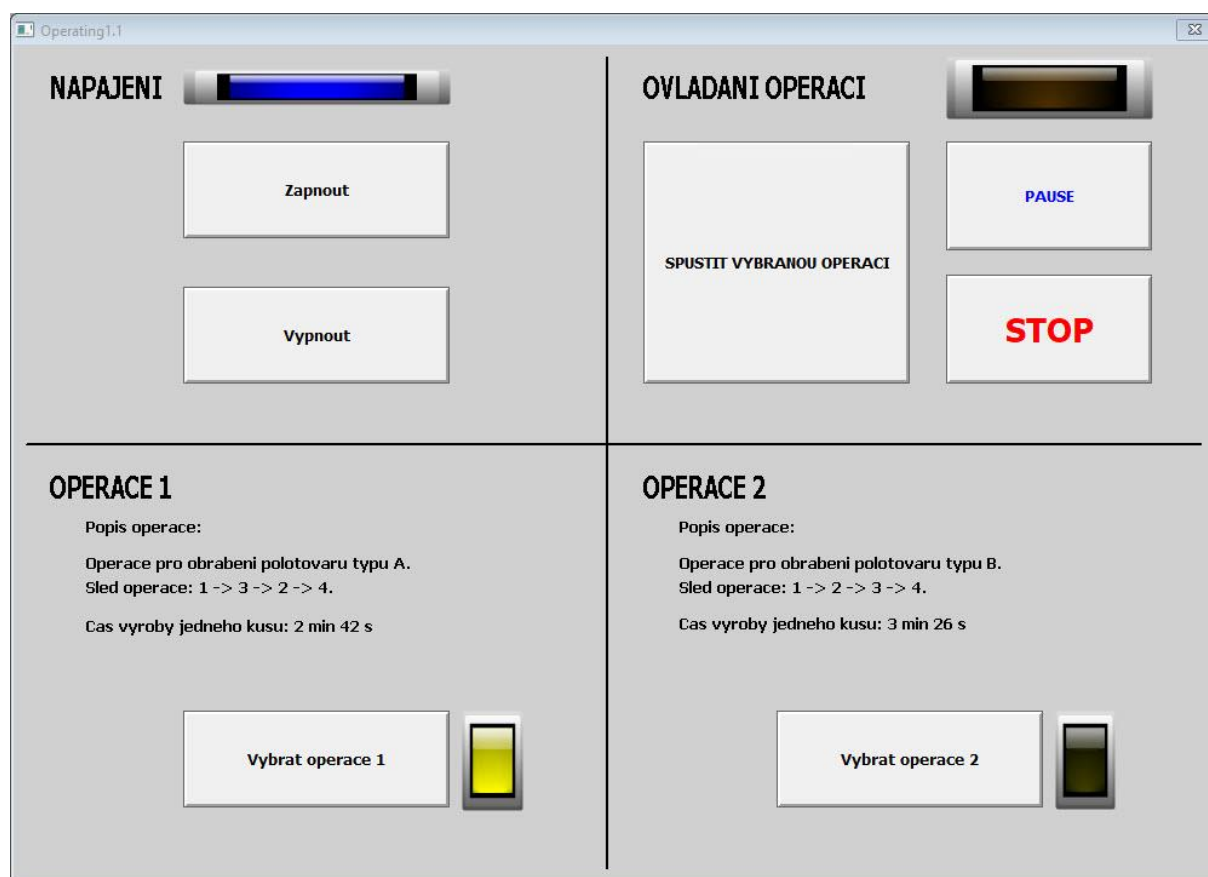
Jako druhé bylo vytvořeno okno Ovládaní. Je dále znázorněno na obrázku 32. Jak plyne z názvu, je toto okno určeno k ovládaní robotické buňky. Samotné prvky v tomto okně byly vytvořené dle PLC programu čili dle vstupů a výstupů které se u PLC využívají k ovládaní buňky.

Celkově je okno ovládaní rozděleno na čtyři části. První část se využívá k ovládaní napájení. Je zřejmé, že napájení je nezbytné k funkčnosti buňky. Byl zde, kromě samotných tlačítek pro ovládaní, umístěn i světelný indikátor, který se rozsvítí, pokud je buňka napájena. Tento indikátor, zde byl využit hlavně pro přehlednost.

Druhé a třetí části jsou určeny k výběru operace, která se u robotické buňky bude provádět. Dle řídicího programu PLC, byly dostupné dvě operace, proto i zde je výběr mezi dvěma.

Každá z částí tedy obsahuje jen jednu operaci a tlačítko pro její výběr. Dále zde byl uveden i stručný popis každé operace: jaký polotovár se využívá, jaký je sled operace, a přibližný čas potřebný k ukončení operace (popis a čas potřebný k ukončení operace jsou uvedené jen jako ukázka).

Poslední část tohoto okna je využívána k ovládní operací. Bylo zde umístěno tlačítko, které operaci spustí, zřejmě jen po výběru operace. Dále je zde světelný indikátor, který je rozsvícený během operace. Nakonec zde byla umístěna tlačítka pro pozastavení operace a tlačítko pro ukončení / zrušení operace.



Obr. 32) Navržená vizualizace – okno Ovládní

Třetí okno se nazývá Robot se využívá k prohlédnutí stavu robota, je dále zobrazeno na obrázku 33. Toto okno je opět rozděleno na jednotlivé části.

První část ukazuje aktuální pozici robota. Robot použitý u robotické buňky popisovaný v této práci je umístěn na kolejovém pojezdu. Právě o jeho pozici na kolejnici se udává v této části informace. Celkem se jedná o tři pozice. První je u levého kraje kolejnice. Je to základní pozice robota. V programu robota je definována jako pozice HOME. Ve stejné pozici je dále pro robota přístupný zásobník efektorů, a zásobník jednoho z polotovarů se kterým má robot manipulovat. Druhá pozice je u soustruhu. Není zatím využívána, protože soustruh nelze propojit s dalšími částmi buňky. Poslední pozice je u frézky. Tato pozice se využívá k zakládání

dílu do frézky. Zároveň, je zde naproti frézky umístěn další stul pro polotovary a pro robota přístup ze stejné pozici.

Druhá část znázorňuje stav robota jako takového. Jsou popsány tři stavy: robot je připraven k další operaci, robot koná operaci a robot je v havarijním stavu. Vedle každého stavu je umístěn světelný indikátor, který indikuje stav. Vždy, pokud je robot zapnutý, musí být rozsvícen právě jeden indikátor.

Poslední, třetí část, je určena k zobrazení efektoru, který se právě využívá u robota. Pokud zde není žádný z indikátorů rozsvícen, tak je příruba robota prázdná. Bohužel i přestože, byla tato funkce navržena, nebylo jí možné ve skutečnosti realizovat. Z důvodu absence senzorů na přírubě robota.



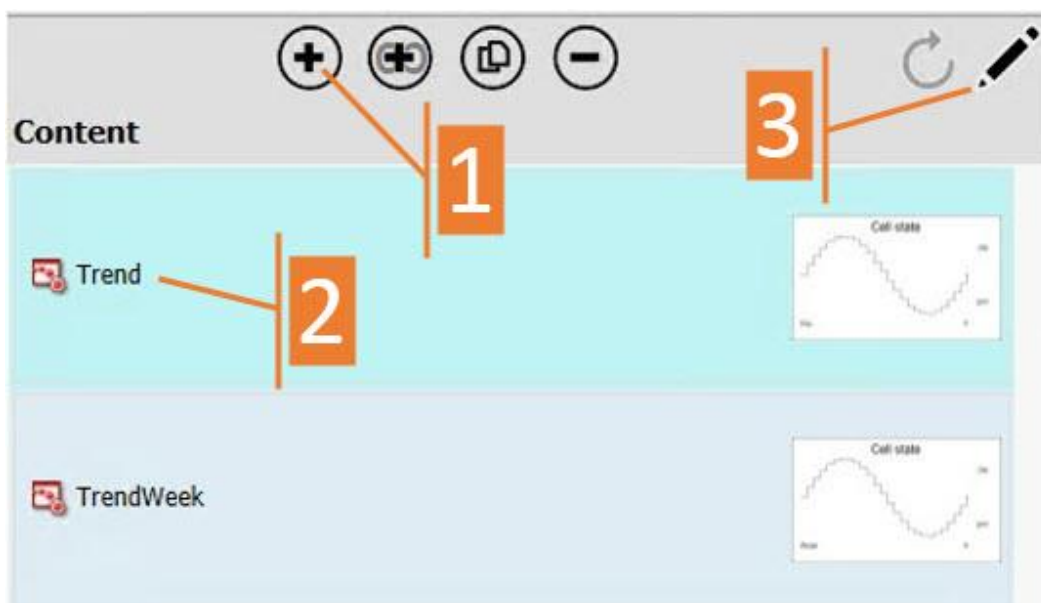
Obr. 33) Navržená vizualizace – okno Robot

Za čtvrté, bylo vytvořeno okno s názvem Trendy. Úkolem tohoto okna je znázornění trendu aktivity robotické buňky. K vytvoření trendu, který pak byl vložený do tohoto okna, byla využita funkce systémové platformy. Ta je popsána dále.

Bylo tedy využito možnosti vytvořit vlastní grafický prvek v System Platform IDE. Bylo nutné vytvořit trend aktivity robotické buňky. Proto byl vytvořen u prvku, který v modelu tuto buňku znázorňuje. Byl zde otevřen prvek Bunka_Rob_ABB a v jeho nastaveních otevřeno okno Atributes. Jak už bylo popsáno v jedné z předchozích kapitol, není toto okno určeno jen k vytvoření a úpravě atributů. V jeho dolní části jsou nástroje k vytvoření grafických symbolů a značek. Právě této funkci bylo využito.

Přidal se další grafický prvek. Ten se vytvoří stisknutím ikony s plusem dle kroku 1 viz obrázek 34. Dále byl prvek pojmenován a otevřen k editaci. Otevření se provádí buď

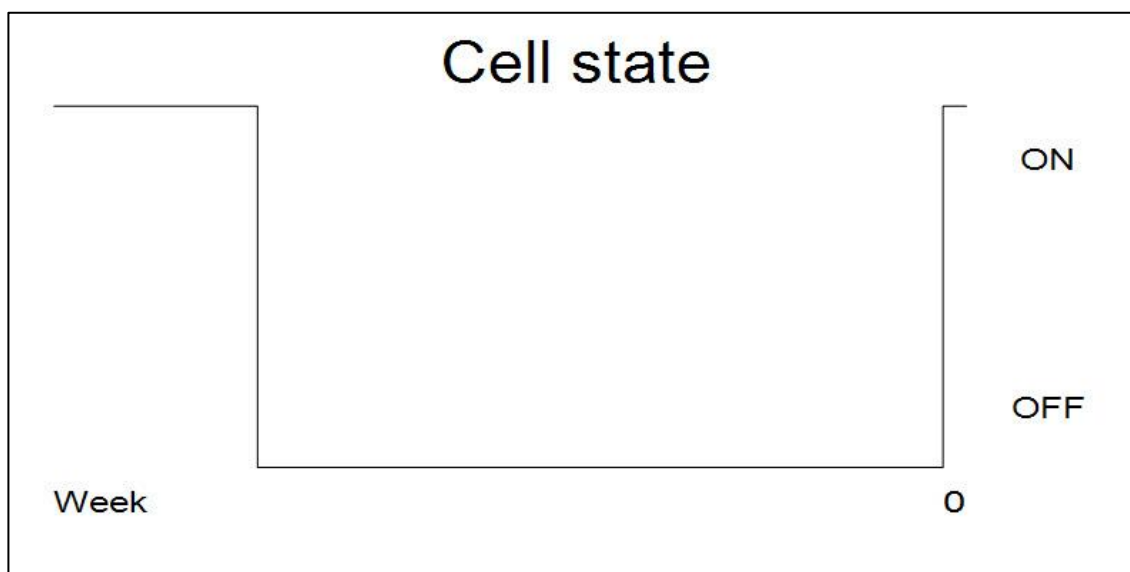
dvojklikem, nebo je možné prvek pro editaci označit a stisknout ikonu s tužkou, jsou to kroky 2 a 3 viz obrázek 34. Otevře se program pro editaci a vytvoření grafických symbolů. Není to InTouch, jde o program, který je součástí systémové platformy.



Obr. 34) Vytvoření grafického prvku v System Platform IDE (krok 1 – vytvoření, krok 2 – výběr prvku, krok 3 – otevření v editoru)

V otevřeném editoru byl dále vytvořen prvek, který budeme dále využívat v InTouch k zobrazení trendu aktivity buňky za úsek 24 hodiny. K jeho vytvoření byl v editoru využit prvek se stejným názvem: Trend. U tohoto prvku byl vybrán zdroj dat k zobrazení a nastaveno rozmezí obou os. Osa X zobrazuje čas, osa Y samotnou hodnotu. Dále byl přidán rám a popis os. Nakonec se prvek uložil a okno editace se uzavřelo.

Tento grafický prvek byl dále kopírován. Pomocí jeho kopie byl vytvořen další trend pro stejný zdroj dat, ale pro jiný časový úsek. Tento prvek byl upraven tak, aby zobrazoval trend nikoliv za 24 hodiny, ale za jeden týden. Tento prvek je zobrazen na obrázku 35.



Obr. 35) Grafický prvek pro zobrazení trendu aktivity buňky

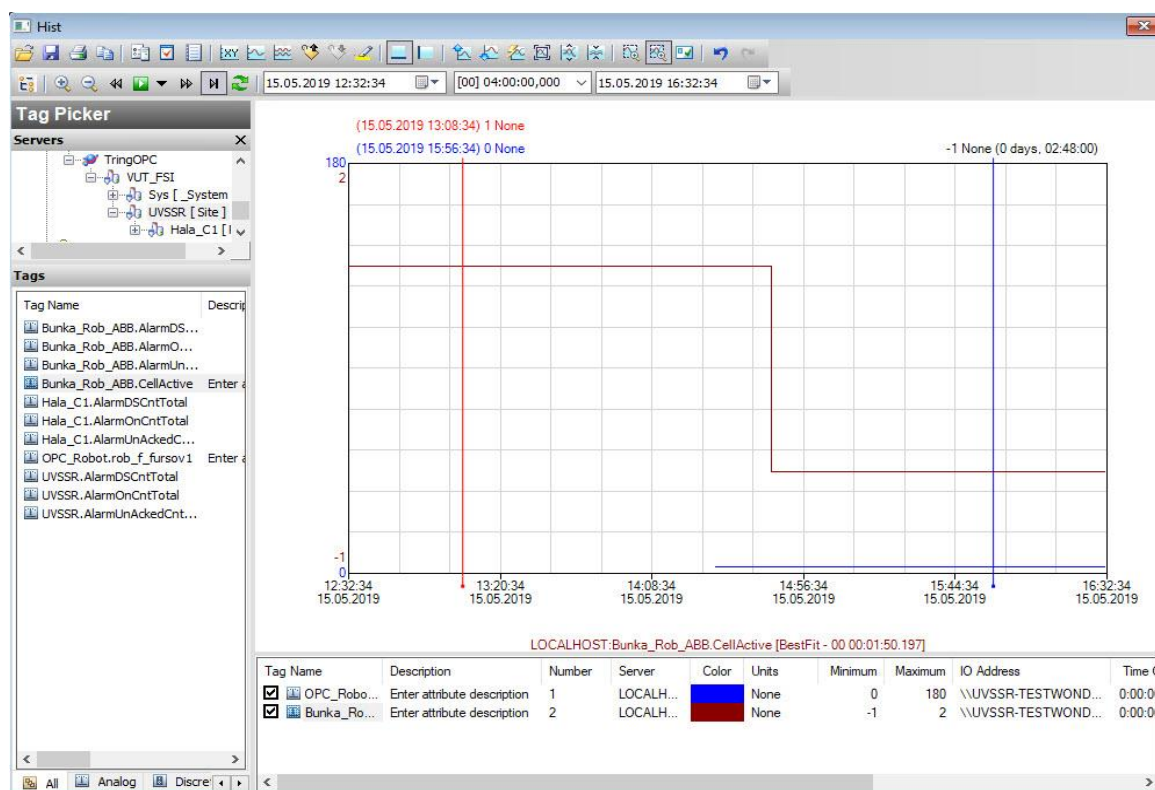
Po vytvoření trendu se opět otevřel InTouch. Bylo v něm vytvořeno okno Trendy a do něho vloženy dvě tlačítka, pro přepínání mezi trendem za 24 hodiny a trendem za týden. Nakonec sem byly vloženy i samotné trendy. Ty se přidali pomocí funkce Embed Arcestra Grafic. Tato funkce se využívá pro importování jakýchkoliv grafických prvku z cele galaxie do prostředí InTouch.

Jako poslední bylo vytvořeno okno historických trendů. Původně se k tomu v systému SCADA od Wonderware využíval samotný klient Historian s názvem Trend. Je ovšem zřejmé, že zapojit funkcionalitu tohoto klientu přímo do vytvořené vizualizaci je ve výsledku mnohem optimálnější řešením než si pro každou z nich otevírat samotný klient. Proto, je v systému od Wonerware možnost klient připojit přímo k vytvořené vizualizaci. Taková to integrace se provádí ve dvou krocích.

Jako první krok, je nutné tento klient vložit do vývojového rozhraní System Platform IDE. To se udělá následovně: v pravém horním rohu se stiskne ikona s nadpisem Galaxy, otevře se výběr možností, mezi kterými vybereme Import, a v možnostech importování vybereme Client Control. Dále je nutné vybrat prvek, v našem případě klienta, kterého chceme importovat.

Naimportovat musíme prvek s názvem aaHistClientTrendObject. Ten by měl být umístěn dle další cesty: C:\Program Files (x86)\Common Files\ArcestraA. Pokud se instalace systému, SCADA od Wonderware, prováděla jiným než standardně nadefinovaným způsobem, tak se cesta může lišit.

Poslední, co zbývá je opět otevřít InTouch Window Maker. Do vytvořeného okna historických trendů opět pomoci funkce Embed Arcestra Grafic vložíme prvek, který se po importování objeví v galaxii. Na obrázku 35 je znázorněn právě klient historických trendů vložený do vizualizaci, který zobrazuje trend pro dvě hodnoty.



Obr. 36) Navržená vizualizace – okno historických trendů

10 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Během vypracování této diplomové práce byly popsány jednotlivé cíle, kterých má být dle zadání dosaženo. Bylo realizováno propojení některých částí buňky, tedy těch, u kterých propojení šlo uskutečnit, i v realitě. Výsledkem je tedy PLC, ovladač robotu IRC5 a systém SCADA od Wonderware, které mezi sebou dokážou komunikovat. Nakonec byla navržena i vizualizace většiny prvků, které jsou již funkční.

Dále jsou, v rámci diskuze popsány věci, které je možné v budoucnu tím či oním způsobem vylepšit. Jako první by se měla propojit frézka s jinými zařízeními a se systémem SCADA. Bohužel k aktualizaci softwaru, po které se takovéto propojení mohlo uskutečnit, došlo těsně před termínem odevzdání diplomové práce. Jinak to ovšem znamená, že teď s nejnovější verzí, by propojení frézky mělo být bezproblémovým. Pro celou buňku se jedná o velký přínos. Dokážeme-li začlenit frézku do projektu budeme moci nejenom sledovat její stavy, ale i ovládat otevírání a zavírání dveří, spuštění programu atd. Tyto věci jsou nezbytné pro uvedení buňky do plně automatického provozu.

Další věc, které by se dala vylepšit, je propojení jednotlivých zařízení mezi sebou s využitím dalšího komunikačního protokolu. I když pomocí OPC a OPC UA standardu je možné je propojit jak mezi sebou, tak i se systémem SCADA, nejedná se o nejlepší řešení, a to ze dvou důvodů.

Prvním důvodem je dostatečně malá rychlost předání informací. Jak OPC, tak i OPC UA standard fungují na principu komunikace klient – server. Každé zařízení tedy vystupuje jako server, a jako klient je dle předloženého řešení využíván systém SCADA. Nevýhodou je, že pro předání informace například od PLC k ovladači robotu IRC5 musí tato informace nejprve dojít do SCADA systému odkud dále bude předána do IRC5. V podstatě zde není umožněna přímá komunikace mezi zařízeními. Je očividné, že to výrazně zhoršuje rychlost komunikace.

Druhým důvodem je to, že ve své podstatě jak OPC, tak i OPC UA standardy nejsou ničím jiným než komunikací přes internet. To znamená, že přístup k zařízením je možný nejen z interní podnikové sítě, ale i z jakéhokoliv jiného zařízení připojeného k internetu. Je zřejmé, že je zde riziko nebezpečí uniknutí dat. Protože u tohoto řešení je OPC/OPC UA standard využíván nejenom ke čtení dat, ale i k jejich zapisování. Je zde i potenciální nebezpečí přepsání dat nepověřenou osobou. Pokud jsou data přístupná pouze z podnikové sítě je jakéhokoliv riziko mnohem menší.

Proto, by bylo lepší pro zlepšení komunikace mezi zařízeními využít další komunikační protokol. Jelikož každé zařízení v popsané buňce podporuje komunikační protokol PROFINET, bylo by rozumné ho využít. Po jeho nasazení, by tedy jakéhokoliv předávání dat mezi zařízeními bylo uskutečněno pomocí PROFINETu. Komunikace každého zařízení se systémem SCADA by stále běžela na OPC a OPC UA standardech.

Dále je možné ještě dlouho diskutovat o možnostech vylepšení buňky. Z pohledu komunikace jednotlivých zařízení, což je zadáním této diplomové práce, byla nejspíše předložena všechna možná řešení. Je možné vytvářet jiné struktury kombinací nabízených výše zmíněných prvků. Nebude se ovšem jednat o nová řešení, nýbrž o napodobování a úpravy.

11 ZÁVĚR

Dle zadání předložené diplomové práce bylo definováno pět základních cílů, kterých během vypracování mělo být dosaženo. Jsou to:

- Rešerše dané problematiky.
- Analýza možností komunikace jednotlivých částí buňky.
- Návrh struktury řízení jednotlivých částí buňky.
- Návrh programových modulů pro vzájemnou komunikaci jednotlivých částí buňky.
- Návrh vizualizace stavu jednotlivých částí buňky.

Dosažení každého z cílů je věnovaná minimálně jedna kapitola této práce.

Rešerše byla vypracovaná jako popis současného stavu poznání. Byly popsány některé z komunikačních protokolů, které se využívají v současné době. Dále byly popsány standardy OPC a OPC UA a rozdíl mezi nimi. Je jim věnovaná mírně větší část než ostatním komunikačním protokolům, jelikož právě oni se dále využily k propojení jednotlivých částí buňky. Nakonec byl rozebrán pojem SCADA, byl popsán účel a využití takového systému. Nakonec byly uvedeny i někteří světově známí výrobci SCADA systému a několik tuzemských řešení.

K dosažení druhého cíle byla opět využita jen jedna kapitola. Je v ní uveden celkový popis zařízení umístěných v robotické buňce. Dále byla popsána jednotlivé řídicí systémy, kterých se využilo k ovládní zařízení, byly uvedené i komunikační standardy, které jsou jimi podporovány.

V další části diplomové práce byly navrženy tři struktury řízení robotické buňky a jejich jednotlivých částí. Každá struktura byla popsána a u každé z nich byly uvedeny i hlavní výhody a nevýhody. Nakonec došlo k jejich porovnání a byla z nich vybrána jedna struktura, která byla dále využita.

Kapitoly číslo 6, 7 a 8 byly věnované dosažení čtvrtého cíle. V kapitole 6 byl stručně popsán systém SCADA od firmy Wonderware, který se využíval během práce. Dále byla popsána struktura tohoto systému, a byl v něm vytvořen nový projekt pro robotickou buňku.

Kapitola 7 byla věnována popisu nastavení a spuštění jednotlivých OPC a OPC UA serveru a jejich propojení s klientem. Na začátku byl nastaven a spuštěn OPC UA server na PLC automatu od Siemens. Již byl zmíněn důvod, kvůli kterému se nepodařilo propojit frézku s využitím OPC UA standardu. Dále bylo popsáno nastavení a spuštění OPC serveru pro ovladač robotu a jeho propojení se samotným ovladačem. Nakonec bylo popsáno spojení OPC UA serveru PLC a OPC serveru robota se systémem SCADA, které je využíván jako klient.

V kapitole 8 byla popsána integrace jednotlivých zařízení do projektu vytvořeného v SCADA systému. Dále byl popsán postup výběru dat z OPC a OPC UA serveru, které se budou v projektu sledovat.

V předposlední kapitole této diplomové práce je popsán návrh vizualizaci čili splnění posledního cíle. Na začátku kapitoly je popsán nástroj systému SCADA od Wonderware, který se využíval k vytvoření HMI. Dále byly popsány jednotlivé části navržené vizualizace a postup její tvorby. Jednotlivá navržená okna vizualizace byla znázorněna v obrazech.

V poslední kapitole byly popsány dosažené výsledky a popsány možnosti, jak lze navržené řešení v budoucnu vylepšit.

Závěrem této diplomové práce je tedy funkční komunikace mezi heterogenními zařízeními (PLC automat a ovladač robotu IRC5) a systémem SCADA. Cele propojení a všechna nutná nastavení jsou v této diplomové práci popsány tak, aby bylo možné tento postup použít i pro propojení podobných zařízení pro jiné úlohy.

12 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČTK, . *Firmy dusí nedostatek lidí, příští rok jich bude chybět půl milionu. Ekonomika kvůli tomu výrazně zpomalí, varuje Hospodářská komora. Hospodářské Noviny* [online]. 2018 [cit. 2019-05-18]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <https://byznys.ihned.cz/c1-66290980-v-cesku-chybi-440-tisic-zamestnancu-podniky-to-uz-ani-nehlasi-uradu-prace-podle-hospodarske-komory-lidi-odcerpava-stat-a-nemecko>
- [2] MICHALEC, Libor. *Ethernet vs. sériové protokoly v průmyslu*. Automatizace.hw.cz [online]. b.r. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/ethernet-vs-seriove-protokoly.html>
- [3] EtherNET/IP. ODVA [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.odva.org/Technology-Standards/EtherNet-IP/Overview>
- [4] SIEMENS. *PROFINET – Standard pro průmyslový Ethernet v automatizaci* [online]. Praha, 2005 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/prumyslova_komunikace/profinet/profinet_04_2005_cz.pdf
- [5] VOJÁČEK, Antonín. *MODBUS*. Automatizace.hw.cz [online]. 2004 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/clanek/2004070701>
- [6] *What is OPC?*. OPC Foundation [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>
- [7] *Classic*. OPC Foundation [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-classic/>
- [8] *CO JE OPC? OPC SERVER? OPC KLIENT?*. FOXON [online]. 2013 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.foxon.cz/blog/prakticka-teorie/159-co-je-opc-opc-server-opc-klient>
- [9] *Unified Architecture*. OPC Foundation [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>
- [10] *OPC and OPC UA explained*. NOVOTEK [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.novotek.com/en/solutions/keppure-communication-platform/opc-and-opc-ua-explained>
- [11] *Co je to SCADA?*. PROMOTIC [online]. b.r. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.promotic.eu/cz/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsScada.htm>
- [12] BALDA, Pavel. *Informační a řídicí systémy I: SCADA a HMI systémy* [online]. Plzeň: ZČU v Plzni, b.r. [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: https://vendulka.zcu.cz/Download/Free/IRS1/IRS1-08_SCADA_HMI.pdf

- [13] BRAŽINA, Jakub. *Virtuální zprovoznění výrobního systému*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116785>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Jan Vetiška.
- [14] SIEMENS. *SINUMERIK 840D sl/828D: SINUMERIK Integrate for Engineering Access MyMachine / OPC UA* [online]. 2014 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/062/89536062/att_908542/v1/840D OPC UA_1014_en-US.pdf
- [15] ABB. *IRC5 Industrial Robot Controller: Data sheet* [online]. 2011 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <http://www.ateron.com.tr/documents/IRC5-Datasheet.pdf>
- [16] ABB. *Application manual: IRC5 OPC Server help* [online]. Västerås, Sweden, 2015 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: http://developercenter.azurewebsites.net/blobproxy/devcenter/Downloads/IRC5_OPC/AM-IRC5_OPC_Server.pdf
- [17] SIEMENS. *S7-1500/S7-1500F Technical Data* [online]. 2015 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-1500/cpu/Documents/s7-1500_techn_data_cpu_en.pdf
- [18] MCV 754 QUICK. In: Strojírna Vrága s.r.o. [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: http://www.strojirnavraga.cz/uws_images/background/lada/stroje/mcv_754.png
- [19] 6ES7512-1CK01-0AB0 S7-1500 Compact CPU 1512C-1 PN. In: TP Automation e.K. [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: http://www.tpautomation.de/images/product_images/popup_images/6ES7512-1CK01-0AB0.jpg
- [20] IRC5: Pátá generace řídicího systému robotů od ABB. In: ABB [online]. 2019 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://webimages.imagebank.abb.com/public/default/product/9AAC211283/presentation>
- [21] SIEMENS. *Efektivní ovládání výrobních procesů: Vizualizační systém SCADA WinCC V7.4 a WinCC Professional a jeho nadstavby* [online]. Praha, 2018 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: https://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/IADT/tia_na_dosah/Documents/2018_brezen/System%20SCADA%20WinCC%20a%20IPC.pdf
- [22] Wonderware software. Pantek [online]. b.r. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.pantek.cz/produkty/wonderware-software/>

-
- [23] INVENSYS SYSTEMS, INC. *Wonderware System Platform Getting Started Guide* [online]. Revision A. Lake Forest, CA 92630 U.S.A., 2007 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.logic-control.com/media/SystemPlatformGettingStartedGuide.pdf>

 - [24] SIEMENS. *OPC UA .NET Client for the SIMATIC S7-1500 OPC UA Server* [online]. V1.3. 2018 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/901/109737901/att_955026/v1/109737901_OPC_UA_Client_S7-1500_DOKU_V13_en.pdf

 - [25] CONSTANTIN, Lucian. *Bezpečný hashovací algoritmus SHA1 už není bezpečný, výzkumníci našli dva soubory se shodným podpisem*. Buisness World [online]. 2017 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://businessworld.cz/bezpecnost/bezpecny-hashovaci-algoritmus-sha1-uz-neni-bezpecny-vyzkumnici-nalezli-dva-soubory-se-shodnym-podpisem-13458>

13 SEZNAM ZKRATEK, OBRÁZKŮ A TABULEK

13.1 Seznam zkratek

ADU	–	application data unit / aplikační datová jednotka
AE	–	Alarms & Events
CIP	–	common industrial protocol
COM	–	component object model
CPU	–	central processing unit / centrální procesorová jednotka
DA	–	data access
DCOM	–	distributed component object model
HDA	–	historical data access
HMI	–	human-machine interface
HTTP	–	hypertext transfer protocol
HW	–	hardware
IRT	–	isochronous real time
IS	–	informační systém
IT	–	informační technologie
LAN	–	local area network / lokální síť
M2M	–	machine to machine
MBAP	–	modbus application header
OPC	–	OLE for process control
OPC UA	–	OLE for process control unified architecture
PC	–	personal computer / osobní počítač
PDU	–	protokol data unit / protokolová datová jednotka
PLC	–	programmable logic controller / programovatelný logický automat
RT	–	real-time
SCADA	–	supervisory control and data acquisition
SOAP	–	simple object access protocol
SQL	–	structured query language
SW	–	software
TCP/IP	–	transmission control protocol / internet protocol
UDP/IP	–	user datagram protocol / internet protocol

13.2 Seznam tabulek

Tab 1)	Porovnání jednotlivých struktur řízení dle různých aspektu.....	32
--------	---	----

13.3 Seznam obrázků

Obr. 1)	Úroveň komunikační struktury dle nutné rychlosti odezvy [4].....	20
Obr. 2)	Modbus rámec [5]	21
Obr. 3)	Komunikace s využitím OPC (zařízení – OPC server – OPC klient).....	22
Obr. 4)	Komunikace s využitím OPC UA (OPC UA server – OPC UA klient).	23
Obr. 5)	Logotypy různých systémů SCADA.	24
Obr. 6)	Ukázka Layoutu robotické buňky [13]	25
Obr. 7)	Ukázka popisovaných zařízení: a) Frézka MCV 754 QUICK [18], b) PLC S7 1500 od Siemens [19], c) ovladač IRC5 od ABB [20]	27
Obr. 8)	Schéma propojení jednotlivých zařízení dle struktury (zleva doprava): a) IRC5 jako Master, b) PLC jako Master.....	29
Obr. 9)	Schéma propojení jednotlivých zařízení s využitím SCADA a OPC/OPC UA	31
Obr. 10)	Struktura a hierarchie modelu projektu ve Wonderware System Platform.....	34
Obr. 11)	Struktura projektu ve Wonderware System Platform dle nasazení	35
Obr. 12)	Model použitý pro projekt ve Wonderware System Platform.....	36
Obr. 13)	Struktura nasazení projektu ve Wonderware System Platform.....	36
Obr. 14)	Otevření nastavení CPU vybraného PLC.....	37
Obr. 15)	Výběr runtime licence pro OPC UA server.....	37
Obr. 16)	Bezpečnostní nastavení PLC	38
Obr. 17)	Vytvoření certifikátu pro OPC UA server.....	39
Obr. 18)	Výběr certifikátu a bezpečnostní politiky pro OPC UA server.....	40
Obr. 19)	Postup propojení OPC serveru s řídicím systémem robotu: a) metoda 1 (oranžová barva), b) metoda 2 (modrá barva)	41
Obr. 20)	Postup propojení OPC serveru s řídicím systémem robotu (metoda 2).....	42
Obr. 21)	Spuštění OPC serveru pro IRC5	43
Obr. 22)	Strom nastavení dostupných v System Platform Management Console	44
Obr. 23)	Okno nastavení OPC UA komunikace.....	45
Obr. 24)	Tabulka výběru jmenného prostoru	46
Obr. 25)	Okno nastavení prvku pro OPC komunikaci.....	47
Obr. 26)	Okno parametru DeviceGroup	49
Obr. 27)	Prohlížeč OPC UA serveru.....	50
Obr. 28)	Okno nastavení skenovací skupiny.....	51
Obr. 29)	Prohlížeč serveru	51
Obr. 30)	Okno nastavení atributu	53
Obr. 31)	Navržená vizualizace – okno Menu.....	56

Obr. 32)	Navřená vizualizace – okno Ovládaní	57
Obr. 33)	Navřená vizualizace – okno Robot.....	58
Obr. 34)	Vytvoření grafického prvku v System Platform IDE (krok 1 – vytvoření, krok 2 – výběr prvku, krok 3 – otevření v editoru)	59
Obr. 35)	Grafický prvek pro zobrazení trendu aktivity buňky	59
Obr. 36)	Navřená vizualizace – okno historických trendu.....	60

14 SEZNAM PŘÍLOH

CD