

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ŘÍDICÍ TECHNIKY



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

PROFINET IO pro průmyslové aplikace



Praha, 2007

Autor Jan Dočekal

Prohlášení

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

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb. , o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne _____

podpis

Poděkování

Děkuji především vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Burgetovi za její vedení. Dále děkuji své přítelkyni Michaelle Marešové za jazykovou korekturu a společnosti Sidat s.r.o. za podporu při studiu.

Abstrakt

Tato práce slouží jako stručný úvod do protokolu PROFINET IO. V úvodu je samotný protokol popsán. Dále se zabývá popisem produktů jednotlivých výrobců jak zařízeními typu IO-Controller, tak typu IO-Device, kde je navíc provedeno srovnání cen, které by mělo sloužit, při návrhu praktické realizace, jako jeden z rozhodujících či doplňkových faktorů pro výběr výrobce zařízení.

Praktická část realizuje a využívá vlastností protokolu, zvláště pak diagnostických informací. Pro sběr procesních dat je k tomuto účelu realizován OPC server, ke kterému se napsal OPC klient v programovacím jazyce C#. Ten kromě procesních hodnot zobrazuje také diagnostické informace.

Abstract

This thesis describes briefly communication protocol PROFINET IO in the first chapter. Further are described equipments like the IO-Controller and the IO-Device, where are also compared the prices of them. Furthermore it could be used like a one of more factors by choosing a producer.

The practical part is about using this protocol. For monitoring distributed IO's values are used OPC server and OPC client. Client was written in language C# and contains diagnostic information.

origo zadání

Obsah

Seznam obrázků	viii
Seznam tabulek	ix
1 PROFINET IO	2
1.1 Popis protokolu PROFINET IO	2
1.2 Trh – PROFINET IO Controller	5
1.2.1 Siemens	6
1.2.2 Phoenix Contact	10
1.3 Trh – PROFINET IO Device	12
1.3.1 Siemens	13
1.3.2 Phoenix Contact	13
1.3.3 WAGO Kontakttechnik	14
1.3.4 Beckhoff	15
1.3.5 Turck	16
1.4 Porovnání PN IO Device	17
2 Diagnostika PROFINET IO	22
2.1 Obecné informace	22
2.2 Programové bloky pro diagnostiku	27
2.2.1 Organizační bloky (OB)	27
2.2.2 Systémové funkce a bloky (SFC a SFB)	30
3 Praktická realizace	33
3.1 Vzorová instalace s IO-Controllerem v PLC	33
3.1.1 Popis instalace	33
3.1.2 Diagnostika pro IO-Controller PROFINET IO	35
3.2 Emulace IO-Controlleru v PC, OPC server	39
3.3 Implementace OPC klient	41

3.3.1	Popis aplikace	42
3.3.2	Popis callback funkcí	45
4	Závěr	46
	Literatura	I
A	Význam hodnot proměnných OB 83 a 86	II
B	Výpis funkcí a jejich stručný popis	VI
C	Obsah přiloženého CD	IX

Seznam obrázků

1.1	Integrace PROFINET do stávajících fi edbusů	3
1.2	Rozdělení aplikací podle požadavků na čas odezvy	4
1.3	Model PROFINET IO	5
1.4	(a) komunikační procesor CP 443-1 Advanced (b) užití	8
1.5	(a) komunikační procesor CP 1616 (b) užití	8
1.6	PLC Phoenix Contact ILC 390 PN 2TX-IB	10
1.7	Konektor M12	16
2.1	Rámce pro přenos alarmů – RTA_DATA(alarm)	25
2.2	Rámce pro přenos alarmů – RTA_ACK	26
2.3	Rámec pro přenos alarmů – RTA_Data(Alarm_Ack)	26
2.4	Sekvence běhu alarmu s PROFINET IO	27
3.1	Konfigurace sítě PROFINET IO s PLC	34
3.2	Ukázka diagnostiky při vysunutém V/V modulu	38
3.3	Ukázka diagnostiky při zasunutém V/V modulu	38
3.4	Diagnostika při přerušeném kabelu	39
3.5	Konfigurace PC stanice	41
3.6	HW-konfigurace pro PC stanici	41
3.7	Okno aplikace OPC klient	43
3.8	Výpis chyb v souboru	43

Seznam tabulek

1.1	Vlastnosti IO-Controllerů S300 Siemens	9
1.2	Vlastnosti IO-Controllerů Siemens CP 343, 443, 1616	10
1.3	Přehled typů připojení PLC Phoenix Contact	11
1.4	Přehled vlastností PN IO Controllerů Phoenix Contact	12
1.5	Přehled ostatních vlastností Controllerů Phoenix Contact	12
1.6	Vlastnosti PN IO Device WAGO Kontakttechnik	15
1.7	Srovnání komunikačních modulů, 1. část	18
1.8	Srovnání komunikačních modulů, 2. část	19
1.9	Srovnání možností modulů jednotlivých výrobců	20
1.10	Srovnání možností modulů jednotlivých výrobců	21
2.1	Typy alarmů	23
2.2	Typy alarmů (<i>pokračování</i>)	24
2.3	Lokální data pro OB83	29
2.4	Lokální data pro OB86	30
2.5	Parametry SFB 54 "RALRM"	32
3.1	Seznam zařízení pro IO-Controller v PLC	33
3.2	Význam V/V proměnných u FB1 ve Step 7	35
3.3	Seznam zařízení pro IO-Controller v PC	40
A.1	Události alarmů spouštějící OB 83	III
A.2	Události alarmů spouštějící OB 83 (<i>pokračování</i>)	IV
A.3	Události alarmů spouštějící OB 86	V

Úvod

Tato bakalářské práce se zabývá protokolem PROFINET IO (PN IO). Mapuje současný trh výrobků, které protokol podporují a zároveň demonstruje jeho základní vlastnosti na vzorové instalaci.

V první části práce je popsán stručně protokol PROFINET IO. Na základě tohoto popisu se vytvořil přehled dostupných zařízení současného trhu a to jak PROFINET IO Controller, tak Device. Nechybí zde ani porovnání těchto zařízení. Důraz je kladen na nejpoužívanější vstupně/výstupní (V/V) moduly různých výrobců současného trhu. Protože produkty společnosti Siemens, využívající technologii PN IO, pokrývají většinu evropského trhu, tato kapitola zahrnuje i ostatní výrobce, aby bylo možné si vybrat také jinou alternativu a přitom zachovat stejnou funkčnost požadovaného systému.

Obsahem druhé kapitoly je struktura programových bloků (OB,DB,FB), které jsou užity pro implementaci diagnostických funkcí pro řadu Simatic S7-300, jako je např. přerušovaný kabel mezi PLC a periferií. Součástí je i ukázka kódu, jak tyto funkce implementovat v jazyce pro PLC – STL ¹.

Závěr práce je zaměřen na implementaci diagnostických funkcí pro PLC a do aplikace OPC klient. K tomuto účelu vznikla instalace s PN IO Controllerem s CPU 315-2 PN/DP spol. Siemens. Součástí instalace je i náhrada PLC (IO-Controlleru), běžícího na PC ². Na této stanici je také spuštěn OPC Server, komunikující s IO-Controllerem nejprve pomocí protokolu PROFINET IO, poté přes interní rozhraní ³. Aplikace OPC klient, jež je součástí této bakalářské práce, využívá platformy .NET.

Při čtení této práce se předpokládá, že čtenář je obeznámen se základy jak programování PLC ⁴, tak s průmyslovým řízením obecně, dále pak s problematikou poč. sítí a programování v jazyce C#.

¹Statement List, textový programovací jazyk osahující všechny potřebné komponenty k vytvoření řídicího programu

²PC Station v HW-konfiguraci

³V případě emulace IO-Controller na PC

⁴*Programmable Logic Controller* – programovatelný logický automat

Kapitola 1

PROFINET IO

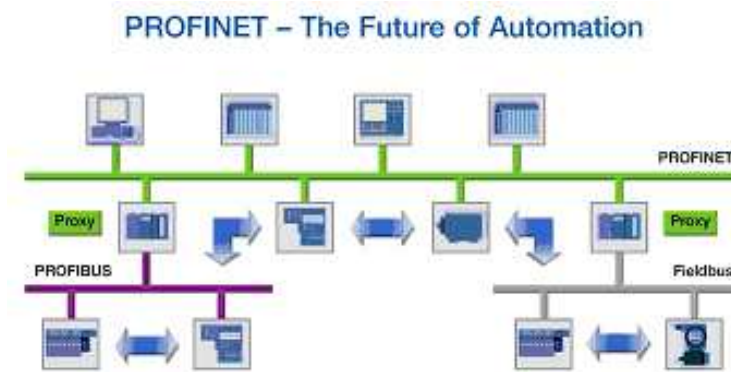
Tato kapitola se stručně zabývá rozborem protokolu PROFINET IO, dále pak popisem zařízení typu IO-Controller a následně zařízením typu IO-Device, která lze na současném trhu najít. Protokol je popsán pouze povrchně tak, aby čtenář, po přečtení této práce, byl seznámen se základy, na kterých protokol PROFINET IO stojí a jaké další mechanismy využívá.

Zařízení IO-Device jsou na závěr kapitoly porovnány, resp. je udělán přehled základních vlastností, který by měl sloužit jako pomůcka při návrhu řídicího systému bez nutnosti hlubšího studia dalších materiálů, jako je např. podrobný manuál výrobce.

1.1 Popis protokolu PROFINET IO

Protokol PROFINET je otevřený komunikační standard, založený mezinárodní organizací PROFIBUS International (PI). Vznik na základě stále silnější potřeby využití informačních technologií (IT) pro automatizaci, založené na standardech TCP/IP a XML. Tato intergrace výrazně zlepšuje komunikační nastavení mezi automatizačním systémem, rozsáhlou konfigurací, diagnostickými možnostmi a širokými možnostmi síťových služeb. PROFINET umožňuje integraci do již existujících field-bus systémů¹, jako např. PROFIBUS, DeviceNet nebo INTERBUS, bez změn existujících zařízení/ systémů, viz obr. 1.1. To má za následek ochránění již vynaložených investic, jelikož se stávající systémy, podle potřeb, rozšiřují. PROFINET je standardizován normami IEC 61158 a IEC 61784.

¹Obecné označení sběrnic pro automatizaci



Obrázek 1.1: Integrace PROFINET do stávajících fieldbusů (Zdroj [7])

Jako základ komunikace používá PROFINET IO Ethernet a také TCP, UDP a IP protokoly. V oblasti IT je de-fakto TCP/IP protokol považován za standard komunikačních protokolů. Ale pro interní spolupráci (interoperabilitu) zařízení už nestačí pouze zajistit komunikační kanál založený na TCP, UDP a IP, protože tyto protokoly representují jen datovou výměnu. Další protokoly a rozšíření jsou proto potřebné nad TCP nebo UDP, tzv. aplikační protokoly, které zajišťují spolupráci aplikací. Tato spolupráce aplikací s ostatními zařízeními (field devices) je zajištěna pouze v případě, že je zajištěno použití stejného protokolu na obou koncích spojení. Typické aplikační protokoly jsou např. SMTP (e-mail), FTP (přenos souborů) a HTTP (Web).

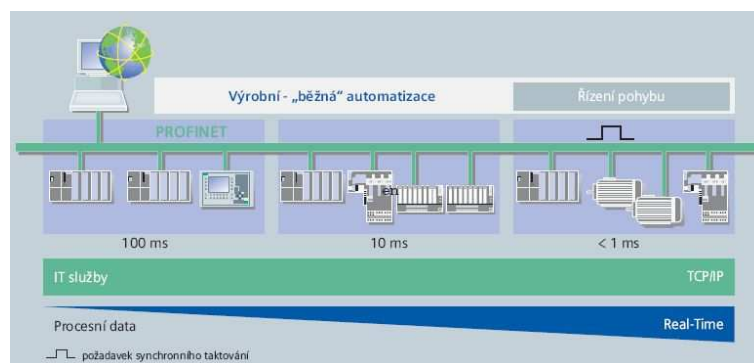
Rozdílné oblasti aplikací v průmyslové automatizaci závisí na rozsahu služeb komunikací. Tento rozsah je dán požadavky aplikace a dělí se do tří základních skupin :

- časově nekritické aplikace (non-time-critical)
- RT aplikace (Real Time)
- IRT aplikace (Isochronous RT) ²

Pro časově nekritické systémy PROFINET IO užívá Non Real Time komunikaci (NRT) se standardním Ethernet mechanismem pomocí TCP/IP nebo UDP/IP. NRT komunikace vychází z mezinárodního standardu IEEE 802.3. Tato metoda je hojně využívána v procesní automatizaci.

²Někdy také označováno jako hodinově řízené (clock-synchronized)

Průmyslové aplikace tovární výroby někdy vyžadují vyšší nároky na šířku přenášených dat a přesnou časovou synchronizaci. Výměna dat optimalizovaná pro výrobu je označována jako RT (Real Time) komunikace, deterministická a časově synchronizovaná komunikace jako IRT komunikace (Isochronous RT), která umožňuje časovou synchronizaci pod 1 ms a přesnost jitteru ³ $< 1\ \mu\text{s}$. Rozdělení druhů komunikace na základě časových požadavků (popř. odezvy) naznačuje obr. 1.2.



Obrázek 1.2: Rozdělení aplikací podle požadavků na čas odezvy (Zdroj [8])

Profinet IO rozeznává 3 rozdílné typy zařízení :

- IO-Controller, master třídy DPV 1 v PROFIBUS DP
- IO-Device, slave v PROFIBUS DP
- IO-Supervisor, master třídy DPV 2 v PROFIBUS DP

IO-Controller je obvykle implementován do PLC nebo jiného řídicího počítače. Stará se o řízení sítě a datové výměně mezi jejími účastníky. Při konfiguraci jsou v něm uloženy informace o dalších účastnících sítě (IO-Device), které jsou mu podřízeny.

IO-Device – distribuované (vzdálené) V/V jsou pomocí PN IO řešeny podobným uspořádáním, jako je tomu u protokolu PROFIBUS DP. Uživatelská data ze všech přítomných zařízení jsou periodicky přenášena do procesního modelu řídicího systému. Model, podle kterého jsou zařízení (IO-Device) popsána, se skládá z míst pro V/V moduly, tzv. Sloty, a skupin kanálů, tzv. Subslotů. Při alarmech slouží toto rozdělení např. k identifikaci jednotlivých převážně modulárních zařízení. Všechny možnosti konfigurace a technické charakteristiky jsou popsány ve GSD (General Station Description) souborech ⁴, založených na bázi XML.

³Odhylka synchronizačních pulsů od referenční hodnoty

⁴Tyto soubory jsou dodávány s PN IO Device přímo od výrobce

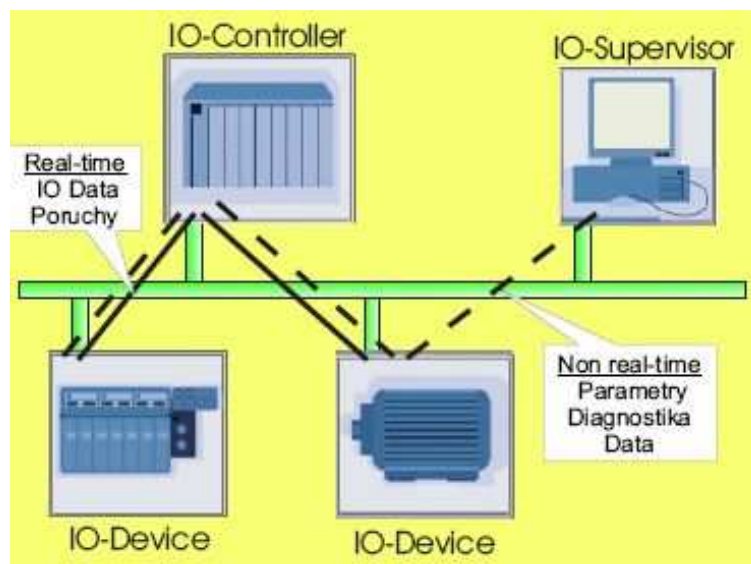
IO-Supervisor se na síti objeví při konfiguraci nebo monitorování a diagnostice komunikace sítě.

Protože PROFINET IO využívá protokolu IP, mají všechny tři typy účastníků přidělenou svou unikátní IP adresu, pomocí níž jsou také na síti identifikovány.

PROFINET IO v sobě osahuje skupinu protokolů, které disponují službami s následujícími funkcemi :

- Cyklický přenos V/V dat definovaných adresním prostorem IO-Controlleru
- Acyklický přenos poruchových hlášení s potvrzováním příjmu
- Acyklický přenos dat jako jsou parametry, diagnostické údaje, atd.

Detailnější popis tohoto protokolu může čtenář nalézt mimo jiné v [3].



Obrázek 1.3: Model PROFINET IO (Zdroj [3])

1.2 Trh – PROFINET IO Controller

Zde se budeme zabývat popisem dostupných zařízení úrovně PROFINET IO Controller na současném trhu. Vycházím z databáze PI⁵ certifikovaných produktů všech výrobců, ze které vyplývá, že vedle spol. Siemens dodává na trh IO-Controllery také spol. Phoenix Contact.

⁵PROFIBUS International, více na <http://www.profibus.com>

1.2.1 Siemens

Společnost Siemens je hlavním evropským výrobcem automatizovaných zařízení, proto jejich sortiment obsahuje i jednotky, zahrnující standard PROFINET IO. Siemens předpokládá, že zhruba do roku 2012 bude mít PROFINET stejné zastoupení jako PROFIBUS a navíc z dnešních 5-ti fieldbusů se udrží 3, vč. PROFINETu IO.

Na základě databáze PInternational jsem jako zástupce PROFINET IO Controller vybral následující zařízení :

- Řada Simatic S7 300
 - CPU 315-2 PN/DP
 - CPU 317-2 PN/DP
 - CPU 319-3 PN/DP
 - CP 343-1
- Řada Simatic S7 400
 - CP 443-1 Advanced
- Řada SIMATIC PG/PC
 - CP 1616

CPU 315-2 PN/DP, CPU 317-2 PN/DP, CPU 319-3 PN/DP

Základní vlastnosti ohledně protokolu PROFINET naznačuje tab. 1.1. Jedná se o IO-Controllery, podporující např. řízení pohonů (Easy Motion Control) nebo softwarový closed-loop ⁶ PID regulátor. Programování, hardwarová konfigurace apod. se realizuje pomocí STEP 7 ⁷. Rozhraní PROFINET IO umožňuje připojení k SIMATIC NET ⁸ OPC serveru a komunikaci s dalšími IO-Controllery nebo IO-Device, které mají vlastní CPU. Vedle distribuovaných PN IO V/V modulů lze tyto CPU rozšířit vlastními, kterých může být až 32.

Díky tomu, že tyto PLC jsou vybaveny Proxy PROFINET IO/PROFIBUS DP, lze je začlenit do stávajících instalací, které využívají komunikace pomocí PROFIBUS, což má za následek značnou úsporu již vložených investic. V závislosti na projektu, lze systém pouze rozšířit, aniž by se musel upravovat stávající.

⁶Řízení pro uzavřenou smyčku

⁷Součástí programového balíku Simatic NET

⁸SIMATIC NET je programový balík Siemens, zahrnující programy nejen pro distribuované řízení a komunikaci

K programování a diagnostice se vedle PROFINETu IO může také použít rozhraní MPI, využívající stejný konektor jako rozhraní PROFIBUS.

CP 343-1, CP 443-1 Advanced a CP 1616

V tab.1.2 jsou uvedeny základní vlastnosti těchto komunikačních procesorů (CP) s vlastním integrovaným procesorem pro komunikaci, díky čemuž odpadá zátěž řízení komunikace na CPU a umožňuje přídavná připojení k jednotce. Z této tabulky také vyplývá, že zařízení je možno konfigurovat jako IO-Controller i IO-Device.

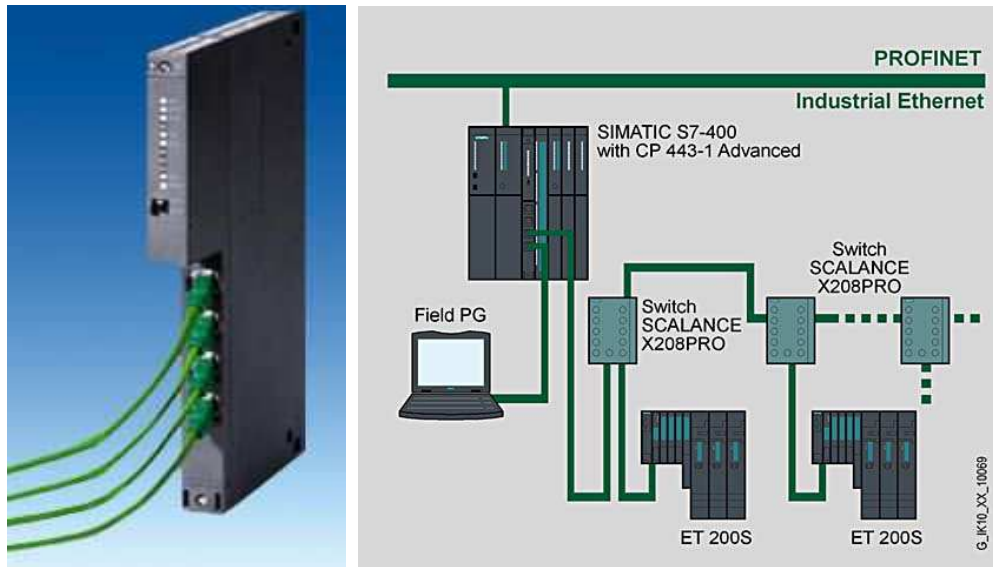
Verze *CP 343-1* je vhodná pro sítě s topologií, využívající dva porty switche⁹, v tomto případě realizován jako integrovaný 2-portový obvod – Real-time Switch ERTEC 200. Řadě S7-300 umožňuje komunikaci s následujícími zařízeními:

- Programovací zařízení, PC, HMI
- Ostatní SIMATIC S7/C7 systémy
- SIMATIC S5 programovatelné automaty
- PROFINET IO Device
- Ne-Siemens zařízení

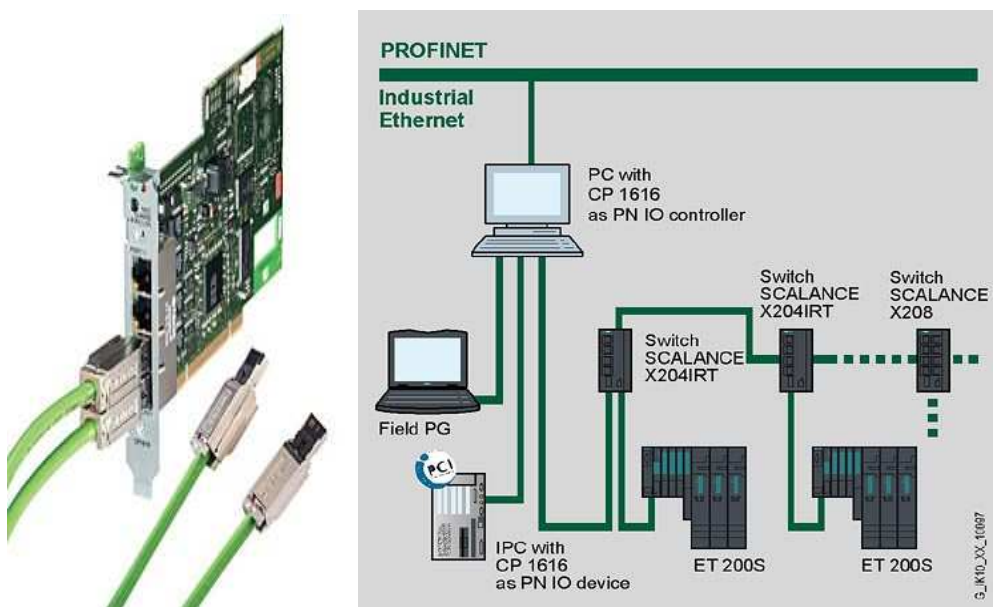
CP 443-1 Advanced je komunikační procesor, umožňující připojení řadě S7-400 do Industrial Ethernetu. Podporuje protokoly TCP/IP, ISO a UDP. Procesní data lze vyčíst také přes webový prohlížeč (lze spustit WEB server), disponuje službami HTTP a FTP. Stejně jako řada 300, tak i pro řadu 400 platí, že pomocí toho modelu ji lze připojit k následujícím:

- Programovací zařízení, PC, HMI
- Systémy SIMATIC S5/S7/C7
- PROFINET IO Device
- Komponenty PROFINET CBA

⁹Přepínač, umožňuje připojit více zařízení na jednu síť, v našem případě Ethernet/PROFINET



Obrázek 1.4: (a) komunikační procesor CP 443-1 Advanced (b) užití (Zdroj [10])



Obrázek 1.5: (a) komunikační procesor CP 1616 (b) užití (Zdroj [10])

CP 1616 je PC karta do 32-bit slotu PCI (33/66 MHz), ver. 2.2, plně kompatibilní s 64-bit PCI-X sběrnici. Čtyř-portový switch Ethernet je zde realizován pomocí čipu Real-time ASIC ERTEC 400 s podporou řízení RT a IRT¹⁰ PROFINET. Díky IRT karta umožňuje implementaci pro řízení pohonů (Motion Control). V tomto módu

¹⁰ Isochronní Real Time komunikace

(IRT) lze kartu konfigurovat jen jako IO-Controller, jinak (RT) lze provozovat oba dva typy (IO-Controller i IO-Device). Pro zvýšení bezpečnosti lze kartu napájet externím zdrojem a v případě poruchy napájení PC se zachová alespoň funkcionality switchu. Pomocí IO Base User Programming Interface (dále jen IO-Base), což je knihovna jazyka C, lze napsat jednoduchou aplikaci jak pro IO-Controller, tak i pro IO-Device. IO Base je součástí programového balíku Simatic NET.

Společně mají tyto komunikační jednotky např. automatické překřížení (Auto-crossover) nebo detekci kabelu (Autosensing). K hardwarové konfiguraci a celkovému přístupu slouží programový balík Simatic NET. Více viz [9].

Typ	PROFINET IO							
	Rozhraní	Služby/Komunikace				Max. I/O zařízení	Čas obnovení	Alarmy
		PG/OP	Směrování	S7 připojení	Industrial Ethernet			
CPU 315-2	Ethernet 10/100	ano	ano	max. 14	TCP/IP	128	1-512 ms	40
CPU 317-2	Ethernet 10/100	ano	ano	max. 16	TCP/IP	128	1-512 ms	60
CPU 319-3	Ethernet 10/100	N/A	N/A	max. 30	TCP/IP ISO-on-TCP UDP	8	1-512 ms	60

Tabulka 1.1: Přehled vlastností IO-Controllerů Siemens řady S300

Typ	Rychlost (Mbps)	Konektory RJ45	Controller			Device		
			Max. PN IO Device	I/O data areas		I/O data ranges		Submodulů
				input area (kB)	output area (kB)	input range (B)	output range (B)	
CP 343-1	10/100	2	32	1	1	240	240	32
CP 443-1	10/100	4	125	4	4	240	240	x
CP 1616	10/100	4	200 16 IRT	8	8	1440	1440	x

Tabulka 1.2: Přehled vlastností IO-Controllerů Siemens – komunikačních CPU CP 343, CP 443 a CP 1616

1.2.2 Phoenix Contact

Tato společnost dodává na trh IO-Controllery ve třech variantách:

- ILC 350 PN
- ILC 370 PN 2TX-IB
- ILC 390 PN 2TX-IB



Obrázek 1.6: PLC Phoenix Contact ILC 390 PN 2TX-IB (Zdroj [4])

Pro všechny CPU je společné programování podle standardu IEC 61131-3 ¹¹. Doporučený programovací nástroj je PC WorX 3 a jako diagnostický nástroj slouží DIAG+ od verze 1.14.

Tab. 1.3 dává stručný přehled o všech rozhraních, které jednotlivé typy mají. U tab. 1.4 uvádím popis vlastností protokolu PROFINET IO, jako např. typ zařízení na tomto protokolu nebo počet konektorů. Co se týče PN IO, jednotlivé jednotky se liší pouze v počtu konektorů RJ45, proto také v tab. 1.4 nejsou jednotlivě odděleny vodorovnou čarou. V tab. 1.3 vidíme, že konektor RJ45 je uveden jednak u programování a diagnostiky, jednak u protokolu PROFINET IO, z čehož vyplývá, že pomocí rozhraní Ethernet může PLC řídit síť PN IO a zároveň např. sledovat diagnostiku systému. To však platí pouze pro typy ILC 370 a 390, neboť tyto mají dva konektory RJ45. U verze 350 je nutné využít pro programování nebo diagnostiku jiných rozhraní (např. RS-232).

Tab. 1.5 udává vlastnosti další standardizované sběrnice INTERBUS ¹², kde je rozdílů více.

Typ	Rozhraní			
	INTERBUS		Programování,	Ethernet
	Master	Slave	Diagnostika	10/100
ILC 350	Inline data jumper	x	RS-232-C, PS/2, RJ45	RJ45
ILC 370	Inline data jumper	D-SUB-9 female/male	RS-232-C, PS/2, RJ45	RJ45
ILC 390	Inline data jumper	D-SUB-9 female/male	RS-232-C, PS/2, RJ45	RJ45

Tabulka 1.3: Přehled typů připojení PLC Phoenix Contact

¹¹Třetí část otevřeného standardu IEC 61131, definující grafické a textové programovací jazyky, více na <http://www.iec.ch> nebo viz [14]

¹²Sběrnice, vyvinutá spol. Phoenix Contact a standardizovaná podle EN 50254 a IEC 61158, více na <http://www.interbusclub.com> nebo viz [12]

Typ	PROFINET IO						
	Typ	Specifikace	Rozhraní	Rychlost	Konektor	Počet	Čas obnovení
ILC 350	Controller	ver. 1.1	Ethernet	10/100	RJ45	1	min.
ILC 370			10Base-T	Mbps	female	2	1
ILC 390			100Base-TX			2	ms

Tabulka 1.4: Přehled vlastností PN IO Controllerů Phoenix Contact

Typ	INTERBUS						
	Typ	Počet terminálů	Podporovaných zařízení (max.)	I/O uzlů (max.)	Řízených úloh	Datová paměť	NVRAM
ILC 350	Master	63	512	8192	16	2 MB	64 kB
ILC 370	Master/Slave	63	512	8192	16	4 MB	96 kB
ILC 390	Master/Slave	63	512	8192	16	4 MB	96 kB

Tabulka 1.5: Přehled ostatních vlastností Controllerů Phoenix Contact

1.3 Trh – PROFINET IO Device

Obsahem této kapitoly je popis všech dostupných zařízení současného trhu na úrovni PROFINET IO Device. Zde jsou to zařízení hlavně Siemens, ale také PHOENIX CONTACT, WAGO Kontakttechnik, Beckhoff a TURCK. Důraz je kladen především na V/V moduly 12–24 VDC a jen okrajově jsou uvedeny speciální a další. U každého výrobce jsou stručně popsány zvláště komunikační jednotky a V/V moduly samotné.

1.3.1 Siemens

Komunikační modul – IM151-3 PN

Jedná se o komunikační modul distribuovaného systému ET200S pro připojení do sítě PROFINET IO. Vedle standardní verze je k dispozici ještě varianta IM151-3 PN HIGH FEATURE, která pracuje s PROFIsafe F moduly¹³. Toto rozhraní vyžaduje ke své práci MMC kartu. Řídí všechny datové výměny svých modulů s PROFINET IO Controllerem. Je vybaveno dvěma konektory RJ45, vhodné pro začlenění do sítě se sběrníkovou topologií. Instalace se provádí přímým uchopením na DIN lištu. Diagnostická indikace pomocí LED :

- Chyby modulů (Group error)
- Chyba sběrnice a zdroje napětí
- Připojeno k síti a komunikace RX/TX

V/V moduly

Pro *digitální* V/V (DI, DO) Siemens nabízí 2, 4 a 8 kanálové moduly. Ty se od sebe liší úrovněmi napětí a proudu na vstupu, resp. na výstupu. Co se týče *analogových* vstupních modulů (AI), ty mají v závislosti na svém typu 2 nebo 4 kanály. Jsou určeny jak pro měření proudu a napětí, tak pro měření např. teploty. Rozlišení A/D převodníku určuje kvalitu zpracování signálu a pro nenáročné aplikace (Standard) je 13-bit, zatímco v případě, kdy je požadována zvýšená přesnost disponují rozlišením 15-bit. Vedle těchto je k dispozici ještě řada *technologických modulů*, jako např. pulsní generátor, časovač, generátor pro krokový motor nebo dekodér inkrementálního senzoru.

Celkový přehled je obsahem tab. 1.9.

1.3.2 Phoenix Contact

Phoenix Contact nabízí PN IO Device jako distribuovaný V/V systém, stupně ochrany IP20, ve dvou variantách:

- ILB PN 24 DI16 DIO16-2TX, pevně stanovený počet V/V
- FL IL 24 BK-PN-PAC, možnost výběru modulů

¹³Vyšší stupeň krytí – až IP67

Komunikační modul – ILB PN 24 DI16 DIO16-2TX

Jedná se o blok digitálních V/V na 24 VDC. Počet vstupů je dělen na 16 pevně stanovených a zbylých 16 volitelných. Připojení senzorů, čidel či akčních členů je jak dvou, tak tří vodičové. Doba odezvy je typicky 500 μs . Počet výstupů je volně volitelný (max. však 16) a způsob připojení pouze dvouvodičové. Proudové zatížení na jednotlivý výstup nesmí přesáhnout 500 mA.

Komunikační modul – FL IL 24 BK-PN-PAC

FL IL 24 BK-PN-PAC je modulární komunikační jednotka s max. 63 připojitelnými zásuvnými moduly, s maximálním povoleným proudem pro logické moduly 2 A na 7.5 V a při analogových 0.5 A při 24 V. Pro diagnostiku slouží dvouciferný sedmi-segmentový displej a LED pro:

- Indikaci komunikace (U_L)
- Napájení hlavního obvodu (U_M)
- Chyby modulů (Group error)
- Chybu sběrnice (bus error, BF), kolize (COL)
- Připojeno k síti (LNK), vysílání (XMT) a příjem (RCV) dat

V/V moduly

Digitální V/V moduly jsou standartně na napětí 24 VDC, ev. 240 VAC. U DO modulů jsou k dispozici dvě varianty pro výstupní proud: buď 500 mA nebo 2 A. Připojení lze volit 1, 2, 3 nebo 4-vodičové. V případě analogových modulů se vstupy dají použít pro měření teploty buďto odporovým termistorem, nebo termočlánkem s 2, 3 nebo 4 vodiči. Výstupní proudová smyčka u AO modulů je podle potřeby 0–20 mA, 4–20 mA a rozsah napětí 0–10 V nebo ± 10 V. Pro zjišťování polohy pomocí dekodéru IRC senzoru nebo generování PWM slouží funkční moduly, více viz [4].

1.3.3 WAGO Kontakttechnik

Komunikační moduly 750-340 a 750-370

WAGO Kontakttechnik nabízí na trhu dvě varianty komunikačního převodníku. Tab. 1.6 udává rozdíly. Společné mají univerzálnost rozřizujících modulů, které na

nich nejsou závislé a mohou být jak analogové, nebo speciální, tak digitální. Jednotka automaticky vytváří lokální obraz procesních dat, který na základě zásuvného modulu posílá informace nadřazenému řídicímu systému (IO-Controlleru), v případě analogových nebo speciálních periférií jsou data přenášena jako slova (Words) nebo byty, pro digitální moduly se informace posílají bit po bitu.

Typ	Konektorů RJ45	Počet modulů	se sběrnice- vým prodloužením	Max. délka obrazu		Spínací kontakty	
				Vstup	Výstup	Napětí (max.)	Proud (max.)
750-340	1	64	250	2 kB	2 kB	24	10
750-370	2	64	128	320 B	320 B	24	10

Tabulka 1.6: Přehled vlastností PN IO Device WAGO Kontakttechnik – komunikační jednotky

V/V moduly

Vedle standardních digitálních a analogových V/V modulů, popsaných v tab. 1.9, společnost nabízí také speciální, jako např. horní/dolní čítače, pulsně-šířkové modulátory, inkrementální dekodéry a jiné.

1.3.4 Beckhoff

Komunikační modul BK9103

Tento modul automaticky rozpoznává terminály, které jsou k němu připojeny a také provádí přiřazení slov (Words) jednotlivým vstupům a výstupům. Přenosové rychlosti 10/100 Mbps detekuje také automaticky. BK9103 je vybaven třemi konektory RJ45, z toho dva jsou využitelné pro komunikaci. Díky tomu se jednotka může použít do sítě se sběrnice-ovou topologií, namísto hvězdicové, což v některých aplikacích může značně snížit požadavky na kabeláž. Díky dvěma konektory RJ45 se také nabízí možnost spojit jednotky kaskádně, do 20-ti kusů. Protože maximální délka kabelu mezi dvěma moduly je 100 m, lze tak vytvořit linku dlouhou až 2 km.

Výrobce pro konfiguraci uvádí softwarovou sadu KS2000, pomocí níž lze konfigurovat všechny zásuvné moduly podle potřeby.

Detailnější informace obsahují tab. 1.7 a 1.8.

V/V moduly

Běžné V/V moduly analogové a digitální jsou uvedeny v tab. 1.10. Vedle toho také Beckhoff disponuje speciálními moduly např. pro měření polohy (IRC dekodéry).

1.3.5 Turck

Komunikační modul BL67 Gateway-EN-PN

Jedná se o jednotku, která je součástí řady modulárních systémů BL67 se stupněm krytí IP67. K tomu je upraven i konektor pro rozhraní PROFINET – M12, 4-pólový s D kódováním. Gateway BL67 tvoří nejdůležitější prvek stanic BL67. Všechny elektronické moduly BL67 komunikují pomocí interní sběrnice, ze které jsou data dále předávána na sběrnici pomocí Gateway BL67, takže všechny V/V moduly mohou být nezávislé na sběrniceovém systému.

Více informací je uvedeno v tab. 1.7 a 1.8.



Obrázek 1.7: Konektor M12 pro komunikaci po PN IO se stupněm krytí IP67 (Zdroj [5])

V/V moduly

Elektronické moduly řady BL67 slouží pro připojování digitálních, analogových a teplotních signálů, RS232/485/422 a SSI rozhraní. Více uvádí tab. 1.10.

1.4 Porovnání PN IO Device

Kap. 1.3 stručně popisuje komunikační moduly tak, jak je prezentuje jejich výrobce na svých oficiálních webových stránkách. Obsahem této kapitoly je srovnání základních vlastností výše popsaných jednotek tak, aby při návrhu automatizovaného systému s komunikací PROFINET IO bylo možno porovnat základní vlastnosti. Porovnání je opět rozděleno na komunikační rozhraní a rozšiřující V/V moduly samotné.

Za základní vlastnosti komunikačního interface je považován počet konektorů¹⁴ a počet V/V (buď přímo jako počet rozšiřujících modulů, nebo jako velikost adresního prostoru, který je dán obrazem procesních dat a který je modul schopen maximálně zpracovat), což je obsahem tab. 1.7. Jako další vlastnosti, uvedené v tab. 1.8, jsou napájení, stupeň krytí a další podporované protokoly.

Moduly nejsou závislé na použité sběrnici/rozhraní (stejný modul může obsahovat jak systém, založený na komunikaci PROFIBUS DP, tak PROFINET IO). Z tohoto důvodu je popis zaměřen na počet V/V a úroveň jejich napětí nebo proudu, na které jsou určeny. V poznámce tab. 1.9 resp. tab 1.10 jsou uvedeny upřesňující informace, např. společnost Siemens disponuje moduly dvojí verze : Standard – určena pro běžné aplikace, High-feature – nachází užití v případech s vysokými nároky na přesnost a rozlišení měření (zvláště analogové moduly). V poznámce je dále uvedeno, jakým způsobem se moduly do systému zapojují (kolika vodičové připojení). Pro případ analogových vstupů je také uvedeno, jaké moduly a s kolika kanály jsou určeny pro měření teploty, vč. způsobu tohoto měření (termočláanky, odporové termistory).

¹⁴Při vyšším počtu než jedna je jednotka vybavena switchem

Typ	Konektory	Moduly			
		Vstup		Výstup	
		Adresní kapacita	Počet	Adresní kapacita	Počet
Siemens IM151-3 PN	2 (RJ45)	256 B	×	256 B	×
Pheoenix Contact ILB PN 24 DI16 DIO16-2TX	2 (RJ45)	×	16 + 16 libovolně (max. 32)	×	16
Pheoenix Contact FL IL 24 BK-PN-PAC	1 (RJ45)	4 slova (words) /slot	63 (nezávislé na směru)	4 slova (words) /slot	63 (nezávislé na směru)
WAGO Kontakttechnik 750-340	1 (RJ45)	2 kB	×	2 kB	×
WAGO Kontakttechnik 750-370	2 (RJ45)	320 B	×	320 B	×
Beckhoff BK9103	2 (RJ45)	512 B	analog. 256 digital. 512	512 B	analog. 256 digital. 512
Turck BL67 Gateway-EN-PN	1 (M12)	×	×	×	×

Tabulka 1.7: Srovnání komunikačních modulů, 1. část

Typ	Napájení		Stupeň ochrany	Podporované protokoly	Cena [EUR]
	Napětí [V]	Proud [mA]			
Siemens – IM151-3 PN	24 DC	250	IP20	PROFINET IO TCP/IP	
Phoenix Contact ILB PN 24 DI16 DIO16-2TX	24 DC	60	IP20	PROFINET IO SNMP,TCP/IP FTP client	365
Phoenix Contact FL IL 24 BK-PN-PAC	24 DV	100	IP20	PROFINET IO TCP/UDP SNMPv2, HTTP ICMP (ping)	322
WAGO Kontakttechnik 750-340	24 DC	500	IP20	PROFINET IO HTTP, FTP DHCP, DNS SNTP, SNMP	436
WAGO Kontakttechnik 750-370 (nedostupná v ČR)	24 DC	500	IP20	PROFINET IO TCP/IP,SNMP DCP,LLDP TCP/IP	x
Beckhoff BK9103	24 DC	500	IP20	PROFINET IO TCP/IP	265
Turck BL67 Gateway-EN-PN	24 DC	600	IP67	PROFINET IO TCP/IP,DHCP	430

Tabulka 1.8: Srovnání komunikačních modulů, 2. část

Typ	Počet kanálů	U [V]	I [A]	Poznámky
Siemens				
DI	2, 4, 8	24 DC	-	Standard i High Feature
DI	2	120, 240 AC	-	Standard
DO	2, 4, 8	24 DC	0.5, 2	Standard i High Feature
DO	2	24–240 AC	-	Standard
AI	2	35 DC	-	Standard, High Feature 2, 3 i 4 vodičové připojení odporových senzorů (Pt100) a termoel. článků
AO	2	15 DC	50 mA	Standard i High Feature
Phoenix Contact				
DI	2, 4, 8 16,32	24 DC	0.5, 2	1, 2, 3 a 4-drátové připojení
DI	1 16,32	120,230 AC	-	3-drátové připojení
DO	2, 4, 8	24 DC	0.5, 2	2, 3 a 4-drátové připojení
DO	1 a 4	12–240 AC	0.5, 2	3-drátové připojení
AI	2, 3 4, 8	±10 0–10	0–20 mA 4–20 mA	2, 3 a 4-drátové připojení
AI	4, 8	-	-	pro připojení termočlánků
AI	6	-	-	pro odpor.termistory
WAGO Kontakttechnik				
DI	2, 4, 8	24 DC	-	1, 2, 3-drátové připojení
DI	2, 4	24, 48 AC/DC	-	2, 3-drátové připojení
DI	2	120, 240 AC	-	2–4-drátové připojení
DO	2, 4, 8	24 DC	0.5, 2	2-drátové připojení
DO	2	230 AC/DC	0.3, 0.5	3-drátové připojení
AI	2, 4	10	-	
AI	2, 4	-	0–20, 4–20 mA	
AI	2	-	1, 5 A	
AI	2, 4	-	-	připojení termočlánků a odpor.termistorů

Tabulka 1.9: Srovnání možností modulů jednotlivých výrobců

Typ	Počet kanálů	U [V]	I [A]	Poznámky
Beckhoff				
DI	2, 4, 8, 16 32, 64	24 DC	-	1, 2-drátové připojení
DI	2	120/240 AC	-	3-drátové připojení
DO	2, 4, 8, 16 32, 64	24 DC	0.5, 2	1, 2-drátové připojení
DO	2, 4	230 AC	16	2, 3-drátové připojení
DO	2	24 DC	0.1, 1.5	generátor PWM
AI	1, 2, 4, 8	0-10/±10	0-20/4-20 mA	1, 2-drátové připojení
AI	1, 2, 4	-	-	připojení termočlánků a odpor.termistorů
AI	2	400 AC	-	pro měření 3-fáz. výkonu
AI	1, 2	-	-	diferenční měření tlaků, absolutní měření tlaků
AO	1, 2, 4, 8	0-10/±10	0-20/4-20 mA	3, 4-drátové připojení
Turck				
DI	4, 8	24DC	-	2-drátové připojení
DO	4, 8	24 DC	0.5	2-drátové připojení
AI	2, 4	0-10/±10	0-20/4-20 mA	3, 4-drátové připojení
AI	2	-	-	termistory Pt100, 200,500 a 1000, Ni100 a Ni1000
AI	2	-	-	pro termočlánky
AO	2	0-10/±10	0-20/4-20 mA	3, 4-drátové připojení

Tabulka 1.10: Srovnání možností modulů jednotlivých výrobců (pokračování)

Kapitola 2

Diagnostika PROFINET IO

Protože implementace diagnostiky PROFINET IO se opírá o strukturu programových bloků, je obsahem této kapitoly, vedle popisu samotné diagnostiky, také jejich popis. Čtenář by zde měl nalézt vysvětlení použitého postupu při realizaci této diagnostiky do PLC Simatic řady S 300, popsané v kap. 3.

2.1 Obecné informace

PROFINET IO podporuje jednotnou diagnostickou koncepci, která umožňuje účinnou lokalizaci poruch a jejich odstranění. Při vzniku poruchy vyše příslušná řízená V/V jednotka diagnostické přerušení do řídicí jednotky. Přerušením se vyvolá příslušný podprogram (v uživatelském programu) pro reakci na poruchu. Řízená V/V jednotka generuje diagnostické přerušení též při poruše na přenosovém kanálu.

Pro přenášení chybových hlášení (alarmů) slouží jeden ze 3 typů komunikační relace (CR), tzv. Alarm CR. Jedná se o acyklické přenášení informací vzniklé události.

Alarm CR

IO-Device vysílá alarmy nadřazenému IO-Controlleru pomocí relace Alarm CR. Alarmy jsou acyklická data, která musejí být potvrzena do určitého času (předem definovaného) na úrovni protokolu a uživatele. Je možné nastavit, kolik alarmů může být vysláno před potvrzením přenosu. Díky acyklickému přenosu není podporována segmentace, proto všechny alarmy musejí být přeneseny v jednom rámci.

Při konfiguraci Alarm CR je definován konec pro zdroj alarmu i pro příjemce. Těmi mohou být jak IO-Controller, tak IO-Device.

IO-Controller definuje, s jakou prioritou budou jednotlivá chybová hlášení přenášena. V jednom Alarm CR mohou být přenášeny právě jeden vysoko-úrovňový (high-priority) a právě jeden nízko-úrovňový (low-priority) alarm současně. Z tohoto dělení logicky vyplývá, že vyšší úroveň alarmu má přednost a proto musí být zpracován tak rychle, jakmile je to možné a navíc nižší úroveň nesmí podstatně zpoždovat vyšší.

Alarmy

Každá událost musí být signalizována nakonfigurovaným PROFINET IO systémem pomocí alarmů. K přenosu se využívá acyklický real-time protokol (RTA). IO-Device vysílá alarm s prioritou jako real-time zpráva. Oba protokoly UP a DOWN musejí být potvrzeny IO-Controllerem.

Typ	Spouštěná událost
Procesní alarm	Signalizuje výskyt události z procesu, např. překročení teploty
Alarm vytažení	U modulárního IO-Device signalizace vyjmutí modulu/-submodulu
Alarm zasunutí	U modulárního IO-Device signalizace vložení modulu/-submodulu, po vsunutí se opět načte konfigurace
Alarm špatného zasunutí	Signalizuje špatné vložení modulu/submodulu
Status alarm	Signalizace změny statusu (sub)modulu
Update alarm	Signalizace změn parametrů (sub)modulu
Redundancy alarm	Alarm signalizuje druhému IO-Controlleru chybu primárního
Alarm řízení supervisorem	IO-Supervisor převzal kontrolu nad (sub)moduly
Alarm uvolnění supervisorem	Uvolnění řízení (sub)modulu IO-Supervisorem, IO-Controllerem nebo lokálním přístupem od IO-Device. Tento alarm má za následek stejnou protokolovou sekvenci jako alarm zasunutí

Tabulka 2.1: Typy alarmů

Typ	Spouštěná událost
Alarm navrácení	Signalizuje buď, že výstupní element může přijmout procesní data znovu, nebo že IO-Device znovu doručil neplatná data do určitého vstupu bez reparametrizace
Alarm navrácení ze submodulu	Změna statusu vstupních nebo výstupních dat na straně poskytovatele nebo konzumenta z neplatných (BAD) na platné (GOOD)
Alarm specifického profilu	Signalizace povolení IO-Device se specifickým profilem PNO pokynů
Alarm stoplé komunikace multicast provider	Signalizace timeoutu během multicast přenosu V/V dat poskytovatele
Alarm běhu komunikace multicast provider	Signalizace obnovení spojení během multicast přenosu V/V dat poskytovatele
Alarm ohlášení změny dat portu	Signalizace změn dat na portu
Alarm ohlášení změny synchronizace dat	Signalizace změny v časové synchronizaci
Alarm ohlášení chyby pro IRT komunikaci	Signalizace problému u aplikací pracujících v isochronním módu
Alarm výrobce	Signalizace výrobcem stanoveného alarmu

Tabulka 2.2: Typy alarmů (pokračování)

Sekvence běhu alarmu

Na obr. 2.4 je graficky znázorněn běh alarmu od vzniku po jeho potvrzení oběma zařízeními.

Oznámení poruchy

Oznámení poruchy je representováno rámcem RTA_DATA(Alarm) a vysílá jej IO-Device k IO-Controlleru. Vysláním tohoto rámce IO-Device říká, že právě nastala

nějaká situace, viz tab. 2.1, resp. tab. 2.2. Struktura je podle obr. 2.1 následující:

- **EtherType** – hodnota vyhrazená RT protokolu s hodnotou 0x8892
- **VLAN** – stanovení priority rámce
- **FrameID** – určen kanál poruch. Hodnota 0xFC01 signalizuje Alarm High a hodnota 0xFE01 Alarm Low
- **RTA Header** – slouží pro označení CR zdroje a cíle alarmu. Obsahuje také identifikaci rámce, která říká, že jde o oznámení hlášení
- **Alarm Notification** – obsahuje informace o typu poruchy a adresu objektu, v němž alarm nastal. Jako objekt může být chápán kanál, submodul nebo celý modul
- Dále je rámec doplněn o diagnostické informace

Dest Addr.	Scr Addr.	Ether Type + VLAN	Ether Type	Frame ID	RTA Header	Alarm.. Notification	FCS
6	6	4	2	2	12	64	4

Obrázek 2.1: Rámce pro přenos alarmů – RTA_DATA(alarm) (Zdroj [3])

Potvrzení přijetí poruchy na protokolové úrovni

Rámcem RTA_ACK potvrzuje IO-Controller IO-Device přijmutí hlášení o poruše, čímž dává najevo, že je připraven na příjem i dalších hlášení a zároveň není nutné, aby IO-Device vysílal z nějakého důvodu tento rámec znovu. Obr. 2.2 dává následující strukturu:

- **VLAN** – hodnota vyhrazená RT protokolu s hodnotou 0x8892
- **EtherType** – stanovení priority rámce
- **FrameID** – určen kanál poruch. Hodnota 0xFC01 signalizuje Alarm High a hodnota 0xFE01 Alarm Low
- **RTA Header** – slouží pro označení CR zdroje a cíle alarmu. Obsahuje také identifikaci rámce, která říká, že jde o přijetí datového rámce

- **Alarm Ack** – obsahuje informace o typu poruchy a adresu objektu, v němž alarm nastal. Dále obsahuje důležitou informaci o stavu IO-Controlleru, vč. toho, zda je daná porucha podporována

Dest Addr.	Scr Addr.	VLAN	Ether Type	Frame ID	RTA Header	FCS
6	6	4	2	2	12	4

Obrázek 2.2: Rámce pro přenos alarmů – RTA_ACK (Zdroj [3])

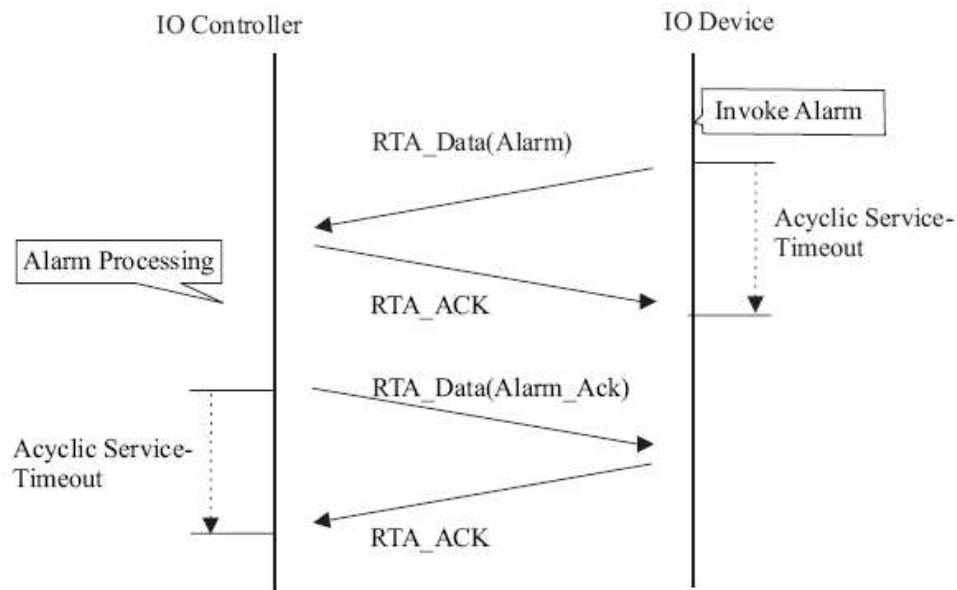
Potvrzení přijetí poruchy na aplikační úrovni

Rámcem RTA_DATA(AlarmAck) IO-Controller říká, že je alarm uložen a bude zpracován uživatelskou aplikací. IO-Device je tímto ujištěn, že jeho alarm byl zaregistrován. Popis struktury obr. 2.3 je následující:

- **VLAN** – hodnota vyhrazená RT protokolu s hodnotou 0x8892
- **EtherType** – stanovení priority rámce
- **FrameID** – určen kanál poruch. Hodnota 0xFC01 signalizuje Alarm High a hodnota 0xFE01 Alarm Low
- **RTA Header** – slouží pro označení CR zdroje a cíle alarmu. Obsahuje také identifikaci rámce, která říká, že jde o potvrzení přijetí hlášení

Dest Addr.	Scr Addr.	VLAN	Ether Type	Frame ID	RTA Header	Alarm Ack	FCS
6	6	4	2	2	12	64	4

Obrázek 2.3: Rámec pro přenos alarmů – RTA_Data(Alarm_Ack) (Zdroj [3])



Obrázek 2.4: Sekvence běhu alarmu s PROFINET IO (Zdroj [3])

2.2 Programové bloky pro diagnostiku

Součástí této kapitoly je popis programových bloků, které jsou využívány pro diagnostické účely.

Pro implementaci diagnostických funkcí se využívá rozhraní mezi uživatelským programem a operačním systémem CPU. Toto rozhraní je realizováno pomocí tzv. organizačních bloků (OB), které jsou použity pro vykonání specifických sekcí programu :

- při startu CPU
- v cyklických vykonáváních
- při výskytu chyby
- při hardwarovém přerušení

2.2.1 Organizační bloky (OB)

Jak je uvedeno výše, všechny OB jsou spouštěny OS PLC jen za určitých podmínek.

Struktura každého OB se lehce liší podle jeho významu, co však je společné pro všechny je ta skutečnost, že pracují pouze se svými lokálními proměnnými.

OB využívají systémových volání (SFC) a systémových bloků (SFB), která obsahují parametry, na jejichž základě lze snadno identifikovat vzniklou událost a poté na ni reagovat. Tato reakce je již součástí uživatelského programu.

Při volání organizačního bloku, který odpovídá vzniklému alarmu, je jiný OB přerušen, pokud má tedy nižší prioritu. Ty jsou od 0 do 28, kde 0 je nejnižší. Při volání více OB se stejnou prioritou jsou tyto bloky řazeny do fronty a vykonávány se stejnou sekvencí, s jakou byly volány.

OB 83

Jedná se o organizační blok, který signalizuje vsunutí/vysunutí V/V modulu. Pro řadu Simatic S7-300 je podporován jen pro protokol PROFINET IO, na PROFIBUS DP jej není možné využívat. Operační systém CPU volá OB 83 v případě že:

- nakonfigurovaný modul byl vysunut nebo zasunut ¹
- pokud následuje změna v parametrech modulu za běhu, nahrávání konfigurace do CPU, který je ve stavu RUN (běží)

Mimo to každé vsunutí a vysunutí nakonfigurovaného modulu z příslušného slotu způsobí přerušení vsunutí/vysunutí modulu ve stavech RUN (běží), STOP a STARTUP (inicializace). Výsledky těchto událostí jsou ukládány do diagnostického bufferu ² a do seznamu systémových stavů (angl. system status list) příslušného CPU. Ve stavu RUN je OB83 spuštěn navíc, čili pokud se neobjeví výše popsaná chyba, tento blok není vykonáván. Pokud OB83 není v uživatelském programu definován (naprogramován), CPU je ve stavu RUN a dojde k vsunutí/vysunutí modulu, přechází CPU do stavu STOP.

Při vsunutí modulu do konfigurovaného slotu ve stavu RUN, operační systém CPU kontroluje příslušný typ vsunutého modulu a porovná jej s konfigurací. OB83 je následně spuštěn.

Tab. 2.3 popisuje lokální proměnné OB 83.

¹Modul V/V u decentralizovaných jednotek

²Vyrovňovací paměť

Proměnná	Datový typ	Popis
OB83_EV_CLASS	BYTE	Třída události a ID: B#16#32: konec reparametrizace modulu B#16#33: začátek reparametrizace modulu B#16#38: modul vložen B#16#39: modul vytažen nebo nemůže být adresován
OB83_FLT_ID	BYTE	Chybový kód
OB83_PRIORITY	BYTE	Třídy priorit, lze parametrizovat za pomoci STEP 7
OB83_OB_NUMBR	BYTE	83
OB83_RESERVED_1	BYTE	ID modulu/submodulu nebo rozhraní modulu
OB83_MDL_ID	BYTE	Rozsah B#16#54: V/V oblast vstupů (PII) B#16#55: V/V oblast výstupů (PIQ)
OB83_MDL_ADDR	WORD	Logická adresa modulů/submodulů
OB83_RACK_NUM	WORD	OB83_RESERVED_1 = B#16#A0: číslo submodulu nebo rozhraní fyzická adresa: Bit 15: ID bit: 1 (PN IO) Bit 11-14: ID IO systému Bit 0-10: Číslo stanice
OB83_MDL_TYPE	WORD	W#16#8101: vsunutý modul je stejného typu jako vysunutý W#16#8102: vsunutý modul není stejného typu jako vysunutý
OB83_DATE_TIME	DT	Datum a čas žádosti

Tabulka 2.3: Lokální data pro OB83

Doplňující informace k významu jednotlivých proměnných lze nalézt také v příloze A nebo v [6].

OB 86

Chyba komunikace, např. přerušení kabelu, mezi IO-Controllerem a distribuovanou periferií – IO-Device a opětovné navázání spojení je signalizováno organizačním blokem OB 86. Platí stejné pravidlo jako v případě OB 83 a to takové, že pokud není uživatelem definován, CPU při jeho volání přejde do stavu STOP. Tab. 2.4 udává význam a stručný popis lokálních proměnných. Podrobnější význam všech hodnot lze nalézt buďto v příloze A nebo v [6].

Proměnná	Datový typ	Popis
OB86_EV_CLASS	BYTE	Třída události a ID: B#16#38: přerušená komunikace B#16#39: opětovné navázání
OB86_FLT_ID	BYTE	Chybový kód
OB86_PRIORITY	BYTE	Třídy priorit, lze parametrizovat za pomocí STEP 7 25: výchozí 28: pokud nastane alarm během vykonávání OB 100 - OB 102
OB86_OB_NUMBR	BYTE	86
OB86_RESERVED_1	BYTE	reservováno
OB86_RESERVED_2	BYTE	reservováno
OB83_MDL_ADDR	WORD	závisí na chybovém kódu
OB83_RACK_FLTD	Pole BOOL	závisí na chybovém kódu
OB83_DATE_TIME	DT	Datum a čas žádosti

Tabulka 2.4: Lokální data pro OB86

2.2.2 Systémové funkce a bloky (SFC a SFB)

Systémové funkce (SFC) a bloky (SFB) jsou integrovány do operačního systému jako jeho funkce. Navíc, SFC jsou často volány implicitně systémovými bloky (SFB). Jak SFC, tak SFB mohou být v uživatelském programu volány jako normální funkce a funkční bloky a mají následující společné parametry:

- **REQ:** vstupní parametr, určím pouze pro spuštění žádosti pro systémovou funkci. Žádost je spuštěna, když $REQ = 1$
- **BUSY:** indikuje u asynchronních funkcí, že spuštěná žádost se začala vykonávat, nebo její vykonávání již došlo
- **LADDR:** vždy obsahuje logickou adresu. Např. diagnostickou adresu distribuovaného zařízení
- **RET_VAL:** některé FSC jej mají jako výstupní parametr. Je nastavován systémovými funkcemi a obsahuje informace, zda-li funkce byla vykonána či nikoli. Při chybě obsahuje hlavní chybový kód, který odkazuje na nějakou systémovou funkci nebo SFC-spec. chybový kód, který odkazuje na příslušnou systémovou funkci

SFB 54 – "RALRM"

SFB 54 "RALRM" přijímá alarmy, obsahující všechny potřebné informace o IO-Device. Tyto informace jsou pak dostupné jako výstupní parametry funkčního bloku.

Tento funkční blok může být volán pouze během alarmu organizačního bloku, který operační systém CPU právě vykonává a který je výsledkem vzniklého alarmu. Výstupní parametry obsahují informace o příslušném OB, který alarm vyvolal a také informace o zdroji alarmu.

Pokud je SFB 54 "RALRM" volán v OB a toto volání není typu alarm, výstupní parametry poskytují příslušně méně informací. Pokud se volá SFB 54 v proměnných OB, je nutné vždy vytvořit nový DB³, resp. jeho instanci. Když vyhodnocení výsledných dat volání SFB 54 je přenášeno vně asociovaným OB, je doporučené použití oddělených instancí DB na jeden OB, který událost spustil. Pokud je cílový rozsah poskytovaný TINFO a AINFO příliš malý, SFB 54 nemůže uložit kompletní informace o vzniklém alarmu.

SFB 54 může být přenášen ve třech módech a nastavuje se vstupním parametrem MODE. $MODE = 0$ znamená, že parametr ID obsahuje informace o komponentě, která alarm spustila a parametr NEW je roven 1. Při $MODE = 1$ se zapisuje na všechny výstupní parametry, které nezávisí na komponentě, jež spustila alarm. U $MODE = 2$ se kontroluje, jaká komponenta, specifikovaná parametrem F_ID, spustila alarm. Při negativní kontrole se parametr NEW nastaví na 0, při pozitivní kontrole je $NEW = 1$ a zapíše se na všechny výstupní parametry.

³Datový blok, ukládají se do něj výsledky operací OB

Parametr	Typ	Datový typ	Popis
MODE	VSTUP	INT	režim
F_ID	VSTUP	DWORD	Začátek log. adr. modulu, ze kterého má být alarm přijat Bit 15 : 1 – vstupní nebo V/V modul, 0 – výstupní modul
MLEN	VSTUP	INT	Max. délka informace o alarmu v Bytech
NEW	VÝSTUP	BOOL	Nový alarm byl přijat
STATUS	VÝSTUP	DWORD	Chybový kód alarmu SFB IO-Controller
ID	VÝSTUP	DWORD	Log. adr. IO-Device (modulu) Bit 15: 1 – vstupní adr., 0 – výstupní adr.
LEN	VÝSTUP	INT	Délka informace o alarmu v Bytech
TINFO	V/V	vše	Informace o úloze
AINFO	V/V	vše	Informace o alarmu

Tabulka 2.5: Parametry SFB 54 "RALRM"

V závislosti na tom, v jakém OB je SFB 54 spuštěn, je do parametrů TINFO a AINFO zapsáno jen částečně.

Parametr TINFO (Task INFOrmation) obsahuje počáteční a administrativní informace o OB, v jehož kontextu byl volán. Význam jednotlivých bytů v datovém rámci je následující:

- **0-19** Začátek informací o OB, ve kterém byl SFB 54 volán
- **20-21** Adresa komponenty, která alarm spustila (modul). 3-6 bit 20 bytu je pro ID IO-Systému a 0-2 bit 20 bytu a celý 21 byte slouží pro ID zařízení (Device)
- **22-31** Administrativní informace

Parametr AINFO (Alarm INFOrmation) obsahuje popis alarmu, skládající se z hlavních a doplňujících informací.

Kapitola 3

Praktická realizace

Protože obsah této kapitoly koresponduje s tématy dvou cyklů projektu CEPOT¹, kterého jsem se v ak. roce 2006/07 zúčastnil, je rozdělena na více částí podle požadavků zadavatele – spol. Sidat s.r.o.

3.1 Vzorová instalace s IO-Controllerem v PLC

3.1.1 Popis instalace

Jedním způsobem, jak realizovat PROFINET IO systém, je využít IO-Controller přímo v PLC. To v našem případě představuje IO-Controller společnosti Siemens – SIMATIC S7 315-2 PN/DP, který byl požadován. Jako IO-Device se využily komponenty, které jsou k dispozici v laboratoři K09 (”strojovna”) na katedře řídicí techniky, FEL ČVUT v Praze. Jedním z dalších požadavků bylo zprovoznit síť s protokolem PROFIBUS DP a připojit ji k síti PROFINET IO.

PROFINET IO	Název
IO-Controller	Siemens CPU 315-2 PN/DP
IO-Device	Siemens SCALANCE X-200
IO-Device	Siemens SIMATIC ET200S
IO-Device	Siemens IE/PB Link PN IO

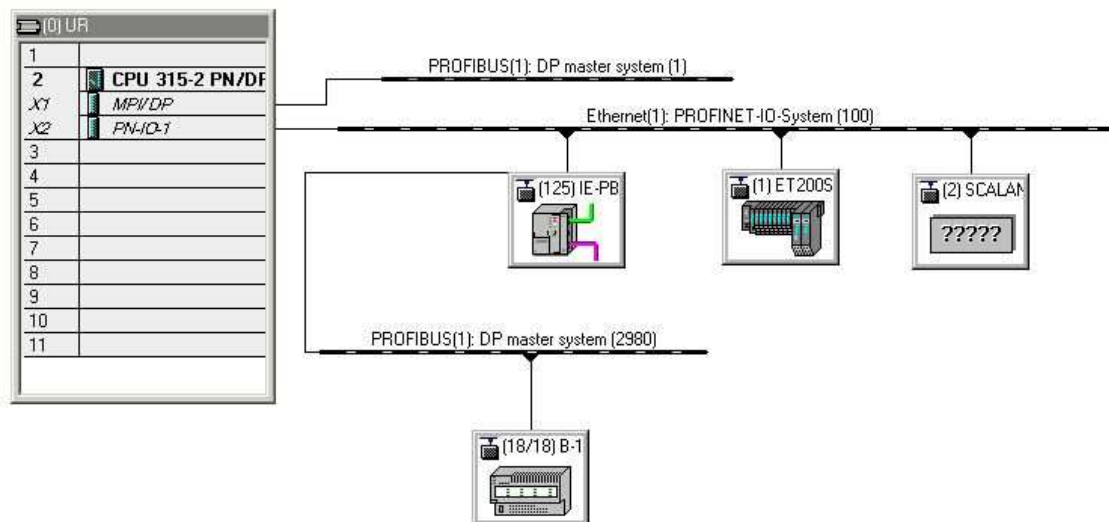
PROFIBUS DP	Název
Slave	Siemens SIMATIC ET 200L

Tabulka 3.1: Seznam zařízení pro IO-Controller v PLC

¹Projekt katedry řídicí techniky, FEL ČVUT v Praze, více na www.cepot.cz

Konfigurace

Tab. 3.1 udává seznam použitých zařízení. Pro nakonfigurování sítě bylo využito nástroje STEP 7 z programového balíku Siemens SIMATIC NET. Na obr. 3.1 je graficky znázorněná konfigurace ve STEP 7.



Obrázek 3.1: Konfigurace sítě PROFINET IO s PLC

Při užití síťového prvku – switche SCALANCE X-200 se instalace mohla rozšířit o další zařízení a to i v případě, že by se tento prvek nezahrnul do HW-konfigurace. Což má ale za následek, že v případě poruchy se ztrácí informace o jejím zdroji.

Jako jedno z IO-Device je využit komunikační modul Siemens IM 151-3 PN s pěti DI a pěti DO V/V moduly na 24 VDC.

Pro připojení zařízení, vybavené rozhraním PROFIBUS DP, slouží proxy Siemens IE/PB Link PN IO. Zařízení typu PROFIBUS DP Slave Siemens ET 200L je právě přes toto proxy připojeno k PROFINET IO síti. Tato část demonstruje možnost bezproblémového propojení obou protokolů, resp. jejich zařízení. Na obr.3.1 jsou vidět dvě větve PROFIBUS DP. Jedna vychází přímo z CPU, jelikož jednotka 315-2 PN/DP je vybavena právě PROFINET IO a PROFIBUS DP rozhraními, ale to v našem případě není využito. Druhá větev vychází z proxy PROFINET/PROFIBUS a je využita k připojení PROFIBUS DP zařízení (typ Slave).

3.1.2 Diagnostika pro IO-Controller PROFINET IO

Pro diagnostické funkce slouží celá řada tzv. organizačních bloků (OB). Pokud dojde k nějaké chybě, spustí příslušné zařízení alarm a příslušný OB je volán, tedy pokud je inicializován. V našem případě se inicializovaly bloky OB1, OB83 a OB6. Podrobnější význam bloků OB 83 a 86 je popsán v kap. 2.

Pro vyčtení informací o vzniklém alarmu jsem musel vytvořit jeden funkční blok (FB). Vzhledem k jednoduchosti aplikace si lze vystačit pouze se vstupně/výstupními proměnnými FB. Jak udává kap. 2, každý funkční blok musí mít svůj vlastní datový blok (DB), jehož data se následně zpracovávají. Při definici organizačních bloků OB 83 a 86 se využívá mnou definované struktury FB 1 a k němu příslušícímu DB 1. Jak jejich struktura vypadá ve Stepu 7 ukazuje tab. 3.2.

Název proměnné	Adresní Byte	Popis
device_number_86	0	adresa IO-Device pro OB 86
vysunuto_zasunuto	1	typ alarmu u OB 83
error_code	2	kód chyby
module_address	4	adresa V/V modulu
ob_number	6	číslo OB
zero	7	nevyužito
rack_number_83	8	číslo submodulu pro OB 83

Tabulka 3.2: Význam V/V proměnných u FB1 ve Step 7

Tyto proměnné jsem následně využil při definici organizačních bloků OB 83 a 86. K jejich naprogramování bylo využito programovacího jazyka pro PLC – STL. Následující jednoduchý kód je pro OB 83 :

```
CALL FB 1, DB 1                                % zavolá FB 1 s instancí DB 1
device_number_86 :=                            % nevyužito
vysunuto_zasunuto := #OB83_EV_CLASS           % přiřazení vnitřní proměnné
error_code := #OB83_FLT_ID                    % přiřazení vnitřní proměnné
module_address := #OB83_MDL_ADDR              % přiřazení vnitřní proměnné
ob_number := #OB83_OB_NUMBR                   % přiřazení vnitřní proměnné
zero :=                                        % nevyužito
rack_number_83 := #OB83_RACK_NUM              % přiřazení vnitřní proměnné
```

Podobné programové struktúry je použito také v případě kódu pro OB 86, jelikož se struktury obou programových bloků od sebe příliš neliší, viz kap. 2, ze které by měl být význam všech použitých názvů proměnných celkem jasný:

```
CALL FB 1, DB 1           % zavolá FB 1 s instancí DB 1
  device_number_86 := LB11           % přiřazení vnitřní proměnné
  vysunuto_zasunuto := #OB83_EV_CLASS % přiřazení vnitřní proměnné
  error_code := #OB83_FLT_ID        % přiřazení vnitřní proměnné
  module_address :=                  % nevyužito
  ob_number := #OB83_OB_NUMBR       % přiřazení vnitřní proměnné
  zero :=                          % nevyužito
  rack_number_83 :=                 % nevyužito
```

Po takto definované struktuře všech programových bloků (OB, FB, DB) je systém, uvedený na obr. 3.1, připraven zachytávat alarmy. Nyní je třeba definovat kód hlavního programu, čili OB 1 :

```
OPN DB 1                 % otevře datový blok DB1
L DB1.DBB 0              % vyčti 0. Byte DB1, kde je uloženo číslo zařízení
T MB 0                   % ulož jej do 0. Bytu paměti CPU
L DB1.DBW 8              % vyčti 8. Word DB1, kde je uložen RACK NUMBER pro OB83
T MB 1                   % ulož jej na 1. Byte paměti CPU
L DB1.DBW 4              % vyčti 4. Word DB1, kde je uložena adresa V/V modulu
T MB 2                   % ulož jej na 2. Byte paměti CPU
L DB1.DBB 1              % vyčti chybový kód z 1. Bytu DB1
T MB 3                   % ulož jej na 3. Byte paměti CPU
L DB1.DBB 2              % vyčti 3. Byte, kde je uložen chybový kód
T MB 4                   % ulož jej do 4. Bytu paměti CPU
L DB1.DBB 6              % vyčti 6. Byte z DB1, kde je uloženo číslo OB
T MB 5                   % ulož jej na 5. Byte paměti CPU
```

Tímto způsobem máme všechny potřebné informace o alarmu ve volně přístupné paměti CPU.

Na obr. 3.2 je vidět, jak se změní hodnoty jednotlivých proměnných při vysunutém V/V modulu (podle HW-konfigurace se jedná o 4. modul), je tedy volán OB 83. Horní okno je on-line sledování datového bloku DB 1 a spodní okno je pohled na

paměťové buňky CPU, kam se ukládají data tak, jak definuje OB 1. Význam těchto buněk je následující:

- **MB0** číslo zařízení ² (3)
- **MB1** číslo submodulu (3)
- **MB2** adresa V/V modulu (4)
- **MB3** třída události (OB83_EV_CLASS = B#16#39), vysunutý modul
- **MB4** kód chyby (OB83_FLT_ID = B#16#51), vysunutý modul
- **MB5** číslo OB (83)

Obr. 3.3 demonstruje, jak je to v případě zpětného zasunutí stejného V/V modulu do slotu. Oba případy se liší pouze hodnotami v buňkách MB3 (OB83_EV_CLASS = B#16#38) a MB4 (OB83_FLT_ID = B#16#54), které obě signalizují zasunutí správného modulu do příslušného slotu.

Na obr. 3.4 je ukázáno, co je možné vyčíst z paměťového prostoru CPU (v podstatě DB 1) při přerušené komunikaci (vysunutý kabel), čili volání OB 86, mezi IO-Controllerem a IO-Device (ET200S). Oproti OB 83, popsaného výše, se tyto hodnoty liší pouze v MB3 (OB86_EV_CLASS = B#16#39), MB4 (OB86_FLT_ID = B#16#CB) a MB5 (OB = 86).

Význam hodnot OB83_EV_CLASS, resp. OB86_EV_CLASS a OB83_FLT_ID, resp. OB86_FLT_ID je uveden v tabulkách v příloze A.

²Vychází z IP adresy, v našem případě jde o poslední oktét – 192.168.123.3

The screenshot shows two windows from SIMATIC Manager. The top window, 'DB Param - [@DB1 -- final\SIMATIC 300(1)\CPU 315-2 PN/DP ONLINE]', displays a table of parameters. The bottom window, 'Var - [@Variable table1 ONLINE]', displays a table of variable addresses and their current values.

	Address	Declaration	Name	Type	Initial value	@Actual val	Actual value	Comment
1	0.0	in_out	device_number_86	BYTE	B#16#0	B#16#03	B#16#0	adresa PN IO device
2	1.0	in_out	vysunuto_zasunuto	BYTE	B#16#0	B#16#39	B#16#0	38/39
3	2.0	in_out	error_code	BYTE	B#16#0	B#16#51	B#16#0	kod chyby
4	4.0	in_out	module_address	WORD	W#16#0	W#16#0004	W#16#0	adresa V/V modulu
5	6.0	in_out	ob_number	BYTE	B#16#0	B#16#53	B#16#0	cislo OB
6	7.0	in_out	zero	BYTE	B#16#0	B#16#00	B#16#0	
7	8.0	in_out	rack_number_83	INT	0	-32765	0	

	Address	Symbol	Displa	Status value	Modify value
1	MB 0		DEC	3	
2	MB 1		DEC	3	
3	MB 2		DEC	4	
4	MB 3		HEX	B#16#39	
5	MB 4		HEX	B#16#51	
6	MB 5		DEC	83	
7					

Obrázek 3.2: Ukázka diagnostiky při vysunutém V/V modulu

The screenshot shows the 'Var - [@Variable table1 ONLINE]' window. The table displays the current status of variables after the V/V module has been inserted.

	Address	Symbol	Displa	Status value	Modify value
1	MB 0		DEC	3	
2	MB 1		DEC	3	
3	MB 2		DEC	4	
4	MB 3		HEX	B#16#38	
5	MB 4		HEX	B#16#54	
6	MB 5		DEC	83	
7					

Obrázek 3.3: Ukázka diagnostiky při zasunutém V/V modulu

	Address	Symbol	Display	Status value	Modify value
1	MB 0		DEC	3	
2	MB 1		DEC	3	
3	MB 2		DEC	4	
4	MB 3		HEX	B#16#39	
5	MB 4		HEX	B#16#CB	
6	MB 5		DEC	86	
7					

Obrázek 3.4: Ukázka diagnostiky při přerušeném kabelu mezi IO-Controllerem a IO-Device

3.2 Emulace IO-Controlleru v PC, OPC server

Jako jeden z dalších způsobů, jak využívat systém PROFINET IO, je takový, že je IO-Controller součástí PC a zařízení IO-Device jsou fyzicky připojeny přes síťový adapter příslušného PC. Tímto způsobem odpadá nutnost vlastnit PLC. Takovouto "emulaci" IO-Controlleru do osobního počítače umožňuje program SOFTNET PN IO, který spadá do programového balíku SIMATIC NET společnosti Siemens. Vedle IO-Controlleru je na té samé stanici spuštěn OPC server. Tuto službu také zajišťuje program SOFTNET PN IO.

Konfigurace

Je jasné, že částečnou změnou topologie systému se musela změnit také HW-konfigurace ve Stepu 7. Pro tento případ byla využita pouze jedna jednotka distribuovaných V/V – Siemens SIMATIC ET200S se stejnými V/V moduly jako v kap. 3.1. Tab. 3.3 udává seznam použitých zařízení pro tuto konfiguraci.

PROFINET IO	Název
IO-Supervisor	PC Station (OPC server)
IO-Controller	PC Station
IO-Device	Siemens SCALANCE X-200
IO-Device	Siemens SIMATIC ET200S
IO-Device	Siemens IE/PB Link PN IO

Tabulka 3.3: Seznam zařízení pro IO-Controller v PC

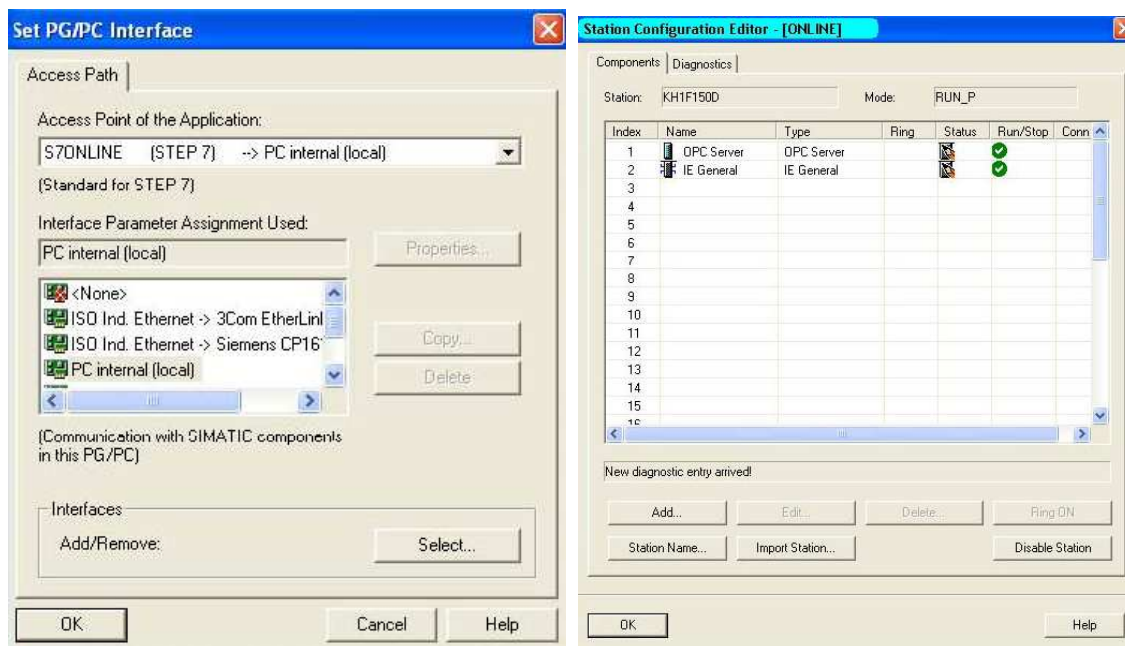
Jako jedna z prvních věcí, které se musely přenastavit byla změna komunikačního rozhraní pro konfiguraci IO-Controlleru z Industrial Ethernetu na PC internal, viz obr. 3.5 (a). Z HW-konfigurace na obr. 3.6 (resp. HW-konfigurace z prostředí NetPro Stepu 7) je vidět název PC stanice I90901 (PC Station ve Step 7), který koresponduje se síťovým názvem použitého PC. Zbylá zařízení (switch a ET200S) se nakonfigurují stejně jako v kap. 3.1.

Aby tato stanice plnila funkci IO-Controlleru, musí se také ve Stepu 7 v jejích vlastnostech zapnout (dvojklik v projektu na PC Station, v záložce PROFINET IO).

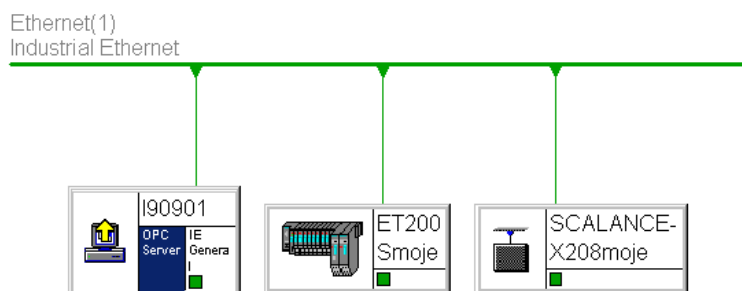
Změna oproti kap. 3.1 je v HW-konfiguraci taková, že IO-Device nepřidáváme k IO-Controlleru v PLC, ale ten je tu representován jako PC stanice (PC Station). K ní se přidávají pouze: definice rozhraní (Industrial Ethernet – IE) a komponenta OPC serveru. Po nastavení PROFINET IO rozhraní přes IE je možno k němu již klasicky připojovat IO-Device, v našem případě, viz tab. 3.3.

Pro spuštění OPC serveru je využita stejná PC stanice, se specifikací OPC DA ³. Důležité je ještě zmínit definici síťového rozhraní v PC Station HW-konfigurace. Podmínkou správné funkčnosti je také to, že IP adresa, nastavená v našem případě ve Windows 2000, musí být stejná, jako v HW-konfiguraci.

³Data Access, ver. 2.05



Obrázek 3.5: (a) Nastavení komunikačního rozhraní, (b) Konfigurace stanice



Obrázek 3.6: HW-konfigurace pro PC stanici

Po uložení celého projektu se mimo jiné vygeneruje *.xdb soubor. V něm jsou uloženy všechny důležité informace o našem projektu a jak ukazuje obr. 3.5 (b), je nutno tento soubor importovat do konfiguratoru stanice (Station configurator).

3.3 Implementace OPC klient

Pro využití služeb spuštěného OPC serveru byl napsán jednoduchý klient, který se k serveru připojí, vyčte z prvních pěti V/V modulů jednotky ET200S jejich hodnoty, vč. kvality přenosu a popř. ohlásí chybu při nestandardní situaci. Jak již bylo

zmíněno dříve, program je psán v jazyce C# a bylo využito vývojového prostředí MS Visual Studio 2005.

3.3.1 Popis aplikace

Celý program je velice jednoduše pojat. Jak dokumentuje obr. 3.7, aplikace má 3 části. Dvě pro různé způsoby čtení a jedna pro zápis hodnoty na V/V modul. Pět řádků ve všech třech částech znamená, že využíváme právě 5 výstupních modulů komunikační jednotky. Jednotlivé V/V moduly jsou ve zdrojovém kódu pojmenovány jako "Item X", kde X je číslice od 0 – 4. Každý řádek jednotlivých částí odpovídá jednotlivým "Itemům". Jako základu bylo použito vzorového programu, který je k dispozici u instalace programového balíku SIMATIC NET pro .NET platformu.

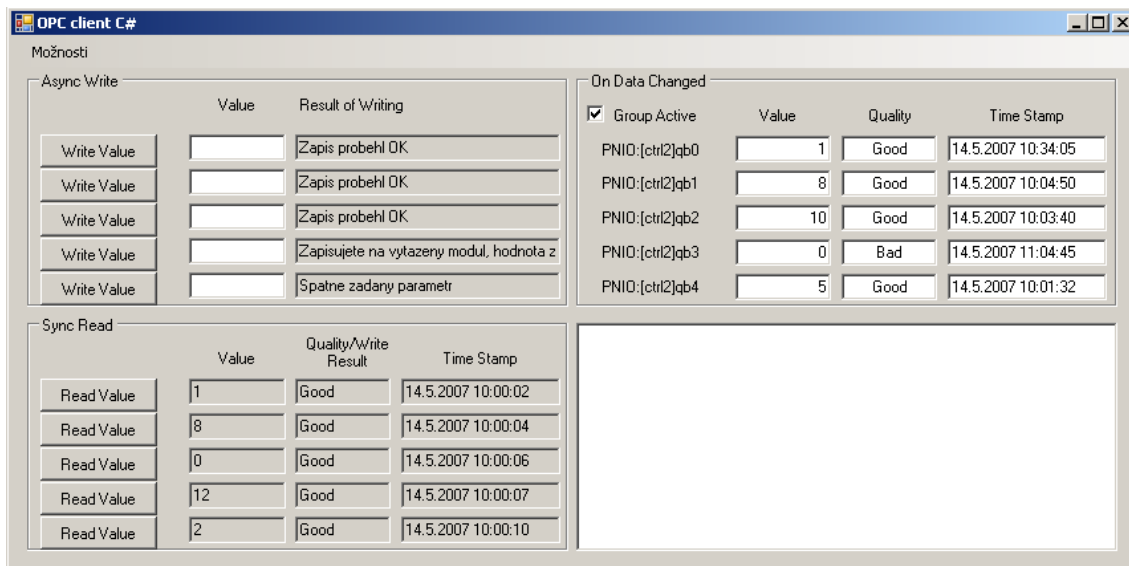
Práce s aplikací

Část pro zapisování procesních hodnot je označena jako "Async Write". Zde se mohou zapisovat jednotlivě celočíselné hodnoty. Při pokusu o zapsání např. znaku se objeví příslušný text vedle pole pro psaní hodnot. Jak je vidět z výše uvedeného seznamu stavů, pokud uživatel zapisuje na vytažený modul, hodnota se uloží a při opětovném zasunutí původního se zapíše. Pokud dojde k přerušení kabelu, objeví se chybové hlášení a také text v každém příslušném řádku.

Čtení procesních dat je realizováno oběma způsoby, jak je nabízí knihovna Op-cRcw, a to buď synchronně, čili na žádost uživatele, nebo asynchronně, čili v době změny hodnoty. Na obr. 3.7 jsou vidět rozdílné hodnoty stejných výstupních modulů, což je právě způsobeno výše uvedenou skutečností. Pokud vytáhneme jeden z modulů, objeví se kvalita u příslušného řádku (Bad). Tento stav je vidět na obr. 3.7 v pravo nahoře u asynchronního čtení.

Vedle procesních dat jsou ještě uvedeny časy, ve kterých došlo ke čtení nebo změně hodnoty na výstupu.

Pokud dojde k nějaké poruše, je tato skutečnost zapsána do speciálního souboru "ErrorFile.txt" v projektu MS Visual Studia. Jak takový výpis vypadá je vidět na obr. 3.8.



Obrázek 3.7: Okno aplikace OPC klient

```

--- Hlaseni chyby ---
Cas chyby : 14.5.2007 11:04:45
Item4
Specifikace chyby : Vytazeny modul nebo preruseny kabel
-----
--- Hlaseni chyby ---
Cas chyby : 14.5.2007 11:04:46
Item0
Specifikace chyby : Vytazeny modul nebo preruseny kabel
-----
--- Hlaseni chyby ---
Cas chyby : 14.5.2007 11:05:23
Item4
Specifikace chyby : Vytazeny modul nebo preruseny kabel
-----
--- Hlaseni chyby ---
Cas chyby : 14.5.2007 11:05:23
Item3
Specifikace chyby : Vytazeny modul nebo preruseny kabel
-----
--- Hlaseni chyby ---
Cas chyby : 14.5.2007 11:05:24
Item2
Specifikace chyby : Vytazeny modul nebo preruseny kabel

```

Obrázek 3.8: Výpis chyb v souboru

Programový přístup

Program je napsán tak, že jméno OPC serveru a názvy jednotlivých V/V modulů (Itemů) jsou zadány pevně do programu. OPC server nese název "OPC.-SimaticNET" a jednotlivé moduly "PNIO:[ctrl2]qbX", kde X je opět hodnota od 0 do 4. Význam názvu serveru je jasný, ale u modulů to tak jednoznačné není:

- **PNIO** je značí název protokolu

- [ctrl12] je označení IO-Controlleru
- qbX jsou výstupní moduly od 0 do 4

Aplikace využívá knihovny OpcRcw, která umožňuje pohodlně využívat objektového přístupu programování. IOPCDataCallback je rozhraní, které obsahuje funkce, které server volá při dokončení interních operací. Funkce využívají zpětné vazby při komunikaci klient – server a jsou následující:

- **OnChange** reakce na změnu procesní hodnoty
- **OnReadComplete** reakce na přečtená data
- **OnWriteComplete** reakce na zapsaná data
- **OnCancelComplete** reakce na zapsaná data

Klient využívá pouze první 3 metody. Metoda OnWriteComplete obsahuje pole hodnot – pErrors, na základě kterého lze určit, zda-li zápis proběhl v pořádku, nebo se vyskytla nějaká chyba. Toto pole má velikost 5 a svými indexy odpovídá názvům výstupních bitů (Itemů) Rozlišujeme následující stavy:

- Zápis proběhl OK
- Špatně zadaný parametr
- Zapisujete na vytažený modul, hodnota zařazena do fronty
- Vytažený kabel

Pokud se za běhu programu vytáhne V/V modul, OPC server volá funkci OnDataChange s nenulovou chybovou proměnou a tato hodnota se dále vyhodnocuje. Při snaze zapsat na vytažený modul hodnotu, je opět nenulová hodnota chybové proměnné ve funkci OnWriteComplete a na základě její hodnoty se určuje, zda-li také není např. přerušen kabel.

Kvalita přenosu signálu je ve dvou stavech : dobrá (Good) nebo špatná (Bad) tak, jak je definuje OPC standard ⁴.

Více o OPC serveru a programování pro .NET platformu, vč. popisu těchto callback funkcí, vis [1]. Seznam všech důležitých funkcí aplikace je uveden v příloze B.

⁴Více informací na www.opcfoundation.org

3.3.2 Popis callback funkcí

OnDataChange

Funkce je volána při každé změně procesních dat, což naznačuje, že se jedná o metodu, spouštěnou OPC serverem asynchronně. Jako jeden z parametrů jsou čísla V/V modulů (Itemů), která hlásí změnu hodnoty, dále hodnoty samotné a diagnostika kvality přenosu. Na základě tohoto programu data vypisuje v asynchronní části výpisu.

OnReadComplete

Při asynchronním čtení se volá funkce Read asynchronního rozhraní IOPCAsyncIO2⁵. Po přečtení požadované hodnoty se vrátí vedle dalších proměnných jak číslo V/V modulu (Itemu), které patří této hodnotě, tak tato hodnota, hodnota kvality přenosu a také chybová hodnota čtení.

OnWriteComplete

Při zápisu je volána na základě volání funkce Write rozhraní IOPCAsyncIO2. Vedle jiných informací se vrací také jména modulů (Itemů) provádějící zápis a pole chybových hodnot, které jim odpovídají.

⁵Rozhraní, jehož metody jsou volány asynchronně, více informací viz [1]

Kapitola 4

Závěr

Tato bakalářská práce vznikla na základě požadavku firmy Sidat s.r.o. v projektu Cepot, kterého jsem se zúčastnil. Hlavním cílem bylo přiblížit dnešní situaci na trhu s PROFINET IO zařízeními tak, aby tento přehled mohl být dále použitelný. Druhá část práce ukazuje, jak se dá využít diagnostika v systému s PROFINET IO. Pro aplikace, které využívají OPC server, byl napsán jednoduchý klient, který se serverem komunikuje právě přes rozhraní PROFINET IO a využívá platformy .NET.

Jako zdroj při hledání zařízení jak typu IO-Controller, tak IO-Device jsem využil databázi organizace PInternational.

Z tohoto vyplývá, že pro IO-Controllery jsou dva certifikovaní výrobci: Siemens a Phoenix Contact. Jelikož má společnost Siemens v tomto oboru dominantní postavení na trhu (Evropa), je i jeho nabídka velice pestrá. Vedle klasických PLC, které jsou vybaveny rozhraním PROFINET IO nabízí také rozšiřující kartu do PCI slotu – CP 1616, která na základě svého programu může plnit jednak funkci IO-Controlleru, jednak IO-Device. Phoenix Contact disponuje třemi verzemi PLC, které od řady 370, mj. plní funkci switche, takže je možné je začlenit třeba do sběrnice topologie bez nutnosti přidání dalšího síťového prvku (switch).

V případě IO-Device je výrobců podstatně více. Vedle spol. Siemens a Phoenix Contact dodávají na trh svá zařízení WAGO Kontakttechnik, Beckhoff nebo Turck. V tomto případě jsem se zaměřil na komunikační jednotky a rozšiřující V/V moduly těchto výrobců. Dalo by se říci, že se moduly od sebe liší jen nepatrně, avšak jeden komunikační modul je oproti ostatním jiný a to proto, že jeho součástí jsou digitální V/V (32). Jedná se o jednotku ILB PN 24 DI16 DIO16-2TX společnosti Phoenix Contact, navíc je počet V/V volitelný. Při požadavku nasazení systému v prostředí, kde je nutnost vyššího stupně krytí (IP67), uvádím výrobce Turck a Siemens. Ceny

produktů mi byly poskytnuty obchodními zástupci jednotlivých výrobců, kteří jsou uvedeni na oficiálních webových stránkách.

Pro využití diagnostiky u Siemens Simatic S7 řady 300 bylo využito organizačních bloků (OB) 83 a 86, jejichž teoretický popis je také součástí práce. Pro tento případ se realizovala demonstrační instalace s IO-Controllerem v PLC – CPU 315-2 PN/DP, do něhož se tato diagnostika implementovala. Příslušná kapitola obsahuje a dokumentuje různé případy poruch. Součástí jsou také části kódů, aby bylo toto možno dále používat.

Pro požadavky spuštění OPC serveru se sestavil nový systém, který měl IO-Controller součástí PC stanice. K této funkci bylo využito programu SOFTNET PN IO spol. Siemens. Demostrační soustava se tedy skládala z PC (OPC server, IO-Controller), jednotky ET200S a SCALANCE X-200 (switch).

Aby bylo možné vyčítat data z OPC serveru, napsal se jednoduchý OPC klient. Ten využívá knihovny OpcRcw, která je součástí dodávky software SOFTNET PN IO. Pro čtení procesních hodnot je využito rozhraní, které umožňuje jednak synchronního, jednak asynchronního čtení. Diagnostické funkce jsou v aplikaci realizovány jako odezvy na návratové hodnoty callback funkcí rozhraní IOPCData-Callback. Mezi základní diagnostická hlášení považuji upozornění na vytažený V/V modul nebo přerušený kabel.

Literatura

- [1] ŠTĚVÍK, O. *OPC Server*. ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2006. Diplomová práce.
- [2] BECKHOFF, 2007. <http://www.beckhoff.com>.
- [3] MATIÁŠEK, P. *Komunikace Profinet IO*. ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická, 2006. Diplomová práce.
- [4] PHOENIX CONTACT. *Automation Systems AUTOMATIONWORX – Control solutions* [online], 2007. <http://eshop.phoenixcontact.com>.
- [5] PHOENIX CONTACT. *Zásuvné spojovací konektory PROFINET*, 2007. <http://www.phoenixcontact.cz/products/21718-21727.htm>.
- [6] PIGAN, P. a METTER, M. *Automating with PROFINET*. Publicis Corporate Publishing, 2005.
- [7] PROFIBUS INTERNATIONAL. *PROFINET – Technical description*, 2007. <http://www.profibus.com/pn/technology>.
- [8] SIEMENS. *PROFINET – Standard pro průmyslový Ethernet v automatizaci*, 2005.
- [9] SIEMENS AUTOMATION AND DRIVES, 2007. <https://mall.automation.siemens.com>.
- [10] SIEMENS AUTOMATION AND DRIVES. *Siemens Image Database* [online], 2007. www.automation.siemens.com/bilddb.
- [11] TURCK – INDUSTRIAL AUTOMATION. *Gateway pro I/O systém BL67*, 2007. www.turck.com.
- [12] VOJÁČEK, A. *Úvod do INTERBUS Fieldbus* [online]. www.automatizace.hw.cz, 2005.

- [13] WAGO. *WAGO I/O SYSTEM*, 2007 .
<http://www.wago.com/wagoweb/documentation/logbook/logbook.htm>.
- [14] WIKIPEDIA. *IEC 61131-3 – Wikipedia, The Free Encyclopedia* [online], 2007.
http://en.wikipedia.org/wiki/IEC_61131-3.

Příloha A

Význam hodnot proměnných OB 83 a 86

OB83_EV_CLASS	OB83_FLT_ID	Událost
B#16#39	B#16#51	PROFINET IO modul vytažen
B#16#39	B#16#54	PROFINET IO submodul vytažen
B#16#38	B#16#54	PROFINET IO submodul zasunut, odpovídá konfiguraci
B#16#38	B#16#55	PROFINET IO submodul zasunut, neodpovídá konfiguraci
B#16#38	B#16#56	PROFINET IO submodul zasunut, chyba v parametrech modulu
B#16#38	B#16#58	PROFINET IO submodul – vyloučena chyba přístupu
B#16#39	B#16#61	Modul vytažen, nebo nemůže být adresován OB83_MDL_TYPE: aktuální typ modulu
B#16#38	B#16#61	Modul zasunut, typ OK OB83_MDL_TYPE: aktuální typ modulu
B#16#38	B#16#63	Modul zasunut, špatný typ OB83_MDL_TYPE: aktuální typ modulu

Tabulka A.1: Události alarmů spouštějící OB 83

OB83_EV_CLASS	OB83_FLT_ID	Událost
B#16#38	B#16#64	Modul zasunut, chyba čtení ID OB83_MDL_TYPE: aktuální typ modulu
B#16#38	B#16#65	Modul zasunut, špatný typ OB83_MDL_TYPE: aktuální typ modulu
B#16#39	B#16#66	Modul nemůže být adresován, porucha napěťové zátěže
B#16#38	B#16#66	Modul může být znovu adresován, porucha napěťové zátěže odstraněna
B#16#33	B#16#67	Začátek reparametrizace modulu
B#16#32	B#16#67	Konec reparametrizace modulu
B#16#39	B#16#68	Reparametrizace modulu ukončena s chybou
B#16#38	B#16#84	Vložen modul rozhraní
B#16#39	B#16#84	Vysunut modul rozhraní

Tabulka A.2: Události alarmů spouštějící OB 83 (pokračování)

OB86_EV_CLASS	OB86_FLT_ID	Událost
B#16#39	B#16#C1	Selhání rozšiřující jednotky
B#16#38	B#16#C1	Návrat rozšiřující jednotky
B#16#38	B#16#C2	Návrat rozšiřující jednotky, rozdíl mezi předchozí a aktuální konfigurací: – moduly existují s jinými ID – moduly chybí – porouchaný modul
B#16#38	B#16#C6	Návrat rozšiřující jednotky, chyba v parametrizaci modulu této jednotky: – moduly existují s nesprávným ID – moduly existují s nesprávnými nebo chybějícími parametry
B#16#39	B#16#CA	Selhání PROFINET IO systému
B#16#39 B#16#39	B#16#CB	Selhání nebo navrácení PROFINET IO stanice. OB86_RESERVED_1: B#16#C4 – chyba pouze této stanice B#16#CF – chyba/selhání dalších stanic
B#16#39 B#16#39	B#16#CC	Chybná nebo s odstraněnou chybou PROFINET IO stanice OB86_RESERVED_1: B#16#C4 – chyba pouze této stanice B#16#CF – chyba/selhání dalších stanic
B#16#39	B#16#CD	Návrat PROFINET IO stanice, rozdíl mezi předchozí a aktuální konfigurací
B#16#39	B#16#CE	Návrat PROFINET IO stanice, chyba v parametrizaci modulu

Tabulka A.3: Události alarmů spouštějící OB 86

Příloha B

Výpis funkcí a jejich stručný popis

InitReqIOInterfaces

Tato metoda je volána k inicializaci pointeru asynchronního rozhraní.

OnDataChange()

Implementace callback funkce rozhraní IOPCDataCallback. Je volána OPC serverem při každé změně hodnoty jednotlivých V/V modulů.

Parametry :

- dwTransid : id transakce
- hGroup : číslo group
- dwCount : počet itemů, které hlasí tuto funkci
- phClientItems : pole s čísly itemů
- pvValues : pole hodnot, jsou závislé na pole s itemy
- pwQualities : hodnoty kvalit
- pftTimeStamps : čas
- pErrors : pole s chybovými hodnotami

OnReadComplete()

Implementace callback funkce rozhraní IOPCDataCallback. Je volána OPC serverem při dokončeném synchronním volání.

Parametry :

- dwTransid : id transakce
- hGroup : skupina
- dwCount : počet itemů, které tuto akci volají
- phClientItems : pole s itemy
- pvValues : pole s hodnotami
- pwQualities : pole s kvalitami, odpovídající poli s itemy
- pftTimeStamps : čas
- pErrors : pole s chybami

OnWriteComplete()

Implementace callback funkce rozhraní IOPCDataCallback. Je volána OPC serverem při dokončeném asynchronním zápisu.

Parametry :

- dwTransid : id transakce
- hGroup : číslo skupiny
- dwCount : počet itemů
- pClienthandles : seznam itemů
- pErrors : seznam chyb

zapisChyby()

Metoda pro zápis chyb, kde jako vstupní parametr je číslo V/V modulu (Itemu), který chybu způsobil a specifikace chyby.

Parametry :

- item : číslo V/V modulu (Itemu)
- chyba : string se specifikací chyby

GetQuality()

Převádí číselné vyjádření kvality spojení na slovní tak, jak jej definuje OPC Foundation.

Parametry :

- wQuality : číselná hodnota kvality signálu spojení

Příloha C

Obsah přiloženého CD

K této práci je přiloženo CD, na kterém jsou uloženy zdrojové kódy.

- Adresář 1:
- Adresář 2: