



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

PRŮMYSLOVÁ SÍŤ IO-LINK

IO-LINK AS THE INDUSTRIAL NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Vávra

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radek Štohl, Ph.D.

BRNO 2019



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Automatizační a měřicí technika**
Ústav automatizace a měřicí techniky

Student: Jakub Vávra

ID: 161882

Ročník: 3

Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Průmyslová síť IO-Link

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Proveďte literární rešerši o průmyslové síti I/O Link.
2. Popište instrumentaci I/O Link v laboratoři a sepište parametry jednotlivých komponentů.
3. Navrhněte demonstrační panel a vhodnou laboratorní úlohu.
4. Realizujte panel a vytvořte ukázkovou laboratorní úlohu.
5. Ověřte funkčnost svého řešení.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

IO-Link Community: IO-Link Interface and System Specification V1.1.2. online:
http://www.io-link.com/share/Downloads/Spec-Interface/IOL-Interface-Spec_10002_V112_Jul13.pdf staženo:
6.9.2018

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 4.2.2019

Termín odevzdání: 20.5.2019

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

Konzultant:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá snímači v průmyslové síti IO-Link.

Cílem práce je navržení, sestavení a otestování demonstračního panelu společně s vhodnou laboratorní úlohou na otestování vlastností jednotlivých snímačů.

Klíčová slova

IO-Link, Automatizace, PLC, Indukční snímače, Optické snímače, Tlakové snímače

Abstract

This bachelor thesis deals with sensors in industrial network IO-Link.

The aim of the work is to design, build and test a demonstration panel together with a suitable laboratory task to test the characteristics of each sensor.

Keywords

IO-Link, Automation, PLC, Inductive Sensors, Optical Sensors, Pressure Sensors

Bibliografická citace:

VÁVRA, Jakub. *Průmyslová síť IO-Link* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/115946>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky. Vedoucí práce Ing. Radek Štohl, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou závěrečnou práci na téma Průmyslová síť IO-Link jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne **20. května 2019**

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radku Štohlovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne **20. května 2019**

.....
podpis autora

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Základní popis IO-Link.....	2
3	Topologie komunikace IO-Link	3
3.1	Fyzická vrstva	5
3.2	Datová linková vrstva	7
3.3	Aplikační vrstva	8
3.4	System management	9
3.4.1	Správa systému zařízení Master	9
3.4.2	Správa systému zařízení Slave	10
4	hardware.....	11
4.1	Návrh panelu	11
4.2	Master zařízení.....	12
4.2.1	ArmorBlock I/O 8 Channel IO-Link Master Module.....	12
4.2.2	POINT I/O Dual Port EtherNet/IP adapter	14
4.2.3	POINT I/O 1734-4IOL modul	15
4.3	Slave zařízení	16
4.3.1	Indukčnostní snímač vzdálenosti 871TM.....	16
4.3.2	Indukčnostní snímač vzdálenosti 871FM.....	18
4.3.3	Laserový snímač vzdálenosti.....	19
4.3.4	Optický snímač barev.....	20
4.3.5	Optický (polarizovaný) reflexní snímač.....	22
4.3.6	Polovodičový snímač tlaku.....	23
4.3.7	Porovnání použitých senzorů	25
5	Realizace	26
5.1	Panel.....	26
5.1.1	Uchycení snímačů k panelu	26
5.1.2	Napájení.....	27
5.1.3	Kabely použité pro snímače a master moduly.....	28
6	Softwarové řešení.....	29
6.1	Konfigurace zařízení	29
6.2	Program PLC.....	31
6.2.1	MainProgram	31
6.2.2	CRM_Control.....	32
6.3	Vizualizace.....	33
6.3.1	Optický snímač 45CRM	33
6.3.2	Indukčnostní snímače 871TM a 871FM	34

6.3.3	Optická závora 45JT	35
6.3.4	Tlakový snímač 836P.....	35
6.3.5	Laserový snímač vzdálenosti 45LMS.....	36
7	Vzorové zadání laboratorní úlohy.....	37
8	Vypracování Laboratorní úlohy.....	38
8.1	Indukčnostní snímače 871TM a 871FM	38
8.2	Laserový snímač vzdálenosti	38
8.3	Snímač tlaku 836P	39
8.4	Snímač barev 45CRM	39
8.4.1	Terč ve vzdálenosti 3 cm od snímače	39
8.4.2	Terč ve vzdálenosti 1 cm od snímače	40
8.5	Optická závora 42JT.....	40
9	Závěr	41
	Literatura	42
	Seznam zkratek	43
	Seznam příloh na CD	44

Seznam obrázků

Obr. 1 IO-Link topologie [1]	2
Obr. 2 Způsob IO-Link komunikace [1]	3
Obr. 3 Model logické struktury IO-Link komunikace [1].....	4
Obr. 4 PHY 1 a PHY 2 [1]	5
Obr. 5 Konektory M5, M8 a M12 [1]	6
Obr. 6 Struktura služby datové linkové vrstvy na straně Master [1]	7
Obr. 7 Struktura a služby pro aplikační vrstvu pro jednotku Mater [1]	8
Obr. 8 Struktura a služby pro aplikační vrstvu pro jednotku Slave [1]	8
Obr. 9 Struktura a služby Správy sytému u Master zařízení ¹	9
Obr. 10 Struktura a služby Správy systému pro zařízení Slave [1].....	10
Obr. 11 Návrh rozložení panelu	11
Obr. 12 Rozložení jednotky ArmorBlock I/O [2]	12
Obr. 13 Studio 5000 - Základní informace a konfigurace Master modulu 1732E	13
Obr. 14 RSLinx – Základní informace poskytované o Master modulu 1732E.....	13
Obr. 15 Rozložení komponentů na adaptéru 1734-AENTR [3].....	14
Obr. 16 Zapojení přídatných karet k modulu AENTR [3].....	14
Obr. 17 Zapojení modulu 1734-4IOL do odnímatelné svorkovnice POINT I/O 1734 [4] 15	
Obr. 18 Zapojení výstupního konektoru snímače 871TM [5].....	16
Obr. 19 Zapojení výstupního konektoru snímače 871FM [6]	18
Obr. 20 Indikátory a ovladače laserového snímače vzdálenosti 45LMS [7]	19
Obr. 21 Zapojení výstupního konektoru snímače 45LMS [7]	19
Obr. 22 Rozměry snímače 45CRM [mm(in.)] [8]	20
Obr. 23 Zapojení výstupního konektoru snímače 45CRM [8].....	21
Obr. 24 Studio 5000 - základní informace o snímači 45CRM	21
Obr. 25 Studio 5000 - Podrobné parametry a učící režimy pro snímač 45CRM.....	21
Obr. 26 Rozměry snímače 42JT [mm(in.)] [9]	22
Obr. 27 Zapojení výstupu snímače 42JT [9]	22
Obr. 28 Doporučený způsob instalace snímače 836P [10]	23
Obr. 29 Zapojení výstupu snímače 836P [10]	23
Obr. 30 Studio 5000 - základní informace o snímači 836P	24
Obr. 31 Studio 5000 - diagnostické a servisní funkce pro snímač 836P	24
Obr. 32 Vzhled dokončeného panelu	26
Obr. 33 Zapojení vodičů pro konektor M12	27
Obr. 34 Zapojení napájení jednotlivých komponentů na panelu	28
Obr. 35 RSLinx - stromová struktura použitých zařízení.....	29

Obr. 36 Studio 5000 - stromová struktura konfigurace IO-Link modulů pro 1732E-8IOLM12R	30
Obr. 37 Studio 5000 - konfigurace komunikačního modulu pro Ethernet/IP 1734-AENTR	30
Obr. 38 Struktura Tasks - MainProgram	31
Obr. 39 Úryvek Ladder diagramu pro MainProgram	31
Obr. 40 Úryvek Ladder diagramu pro CRM_Control	32
Obr. 41 Vizualizace pro indukčnostní snímače – detail	34
Obr. 42 Vizualizace detekce překážky snímačem 42JT – detail.....	35
Obr. 43 Vizualizace měření tlaku – detail	35
Obr. 44 Vizualizace měření vzdálenosti – detail	36
Obr. 45 Vzhled testovacího terče pro snímač 45CRM a jeho pozice vůči snímači	39

Seznam tabulek

Tab. 1 Rozložení pinů konektorů pro IO-Link [1]	6
Tab. 2 Popis modulu ArmorBlock I/O [2]	12
Tab. 3 Rozměry kabelového modelu snímače 871TM [5]	17
Tab. 4 Korekční faktory kovů pro snímač 871TM [5]	17
Tab. 5 Rozměry kabelového modelu snímače 871FM [6]	18
Tab. 6 Porovnání vlastností optických snímačů	25
Tab. 7 Porovnání vlastností indukčnostních snímačů	25
Tab. 8 Polarity a barvy vodičů u kabelu s konektorem M12	27
Tab. 9 Funkce tlačítek vizualizace pro snímač 45CRM	34
Tab. 10 Tabulka výsledků testování snímače 871TM	38
Tab. 11 Porovnání hodnot ze snímače 45LMS	38

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá zařízeními podporujícími průmyslovou síť IO-Link. Na trhu je dnes dostupné velké množství zařízení podporujících průmyslovou síť IO-Link, ať už se jedná o snímače či akční členy. Nespornou výhodou těchto zařízení je jednoduchá výměna v případě selhání a standardizované komunikační rozhraní.

Cílem bakalářské práce je seznámit se se základními vlastnostmi průmyslové sítě IO-Link, popsat rozdíly mezi zařízeními Master a Slave a podat základní přehled o struktuře komunikace a jednotlivých logických vrstvách.

Dále bude v práci uveden popis jednotlivých zařízení IO-Link od firmy Allen-Bradley dostupných v laboratoři a bude obsahovat stručný popis a parametry jednotlivých zařízení a jejich porovnání.

Ve třetí části práce bude proveden návrh demonstračního panelu a vytvořena vhodná laboratorní úloha na otestování vlastností použitých snímačů.

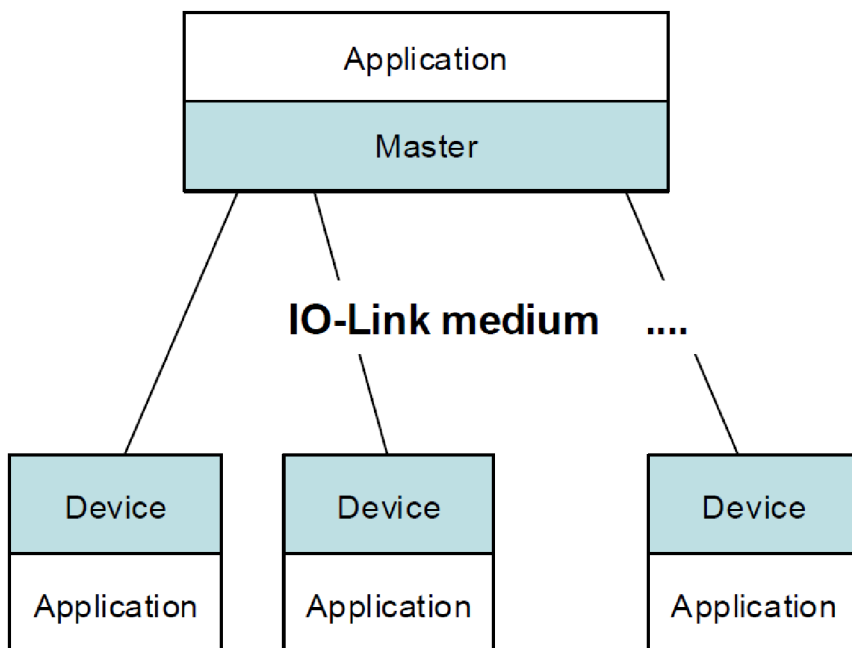
Panel bude realizován jako plošný stojatý panel osazený všemi zvolenými snímači a potřebnými podpůrnými zařízeními. Programové řešení bude vytvořeno v softwaru od firmy Rockwell Studio 5000. Vizualizace sloužící pro vyhodnocení dat ze snímačů bude vytvořena v softwaru Factory Talk View Studio od téže firmy.

V závěru práce bude ověřeno navržené řešení a otestovány základní vlastnosti jednotlivých použitých snímačů.

2 ZÁKLADNÍ POPIS IO-LINK

IO-Link je digitální sběrnice typu bod-bod (point-to-point) [1]. Používaná v průmyslové automatizaci pro připojení inteligentních snímačů a akčních členů. Byla vyvinuta jako náhrada analogových signálů 0 až 10 V, 4 až 20 mA.

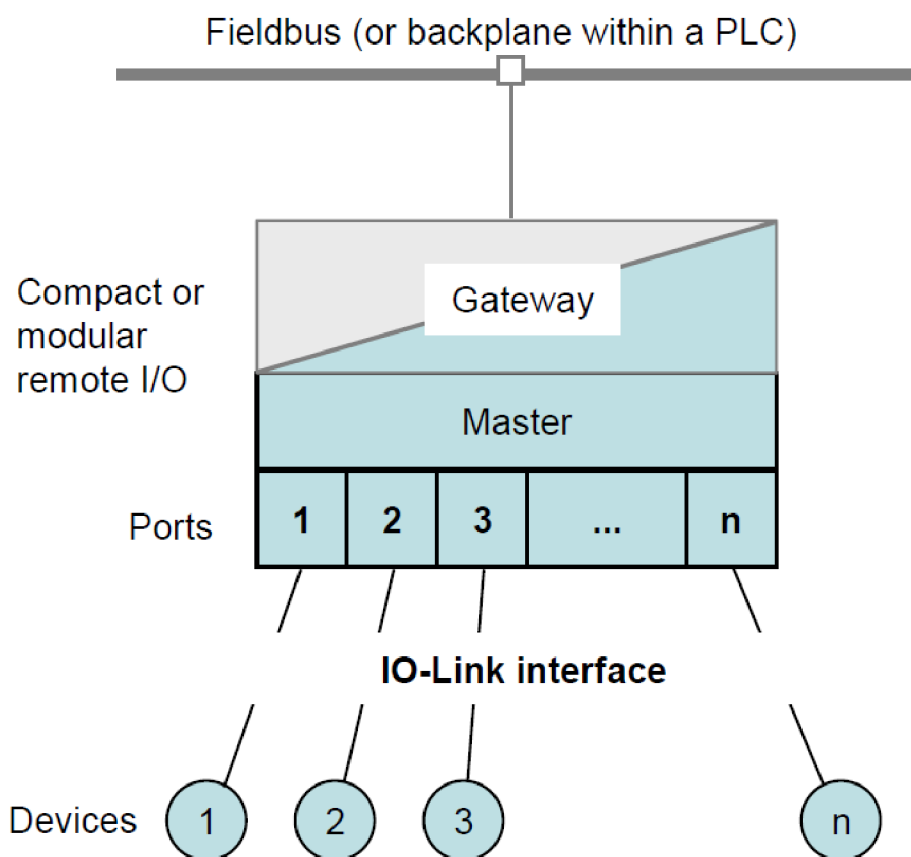
Zatímco se běžné senzory s těmito výstupy připojují do průmyslových sběrnic řídicích systémů prostřednictvím vstupně-výstupních modulů, v případě systémů se standardem IO-Link tuto funkci přebírá IO-Link Master, sloužící jako brána pro komunikaci s průmyslovou sběrnicí nebo nadřazeným řídicím systémem. IO-Link Master dále mapuje a spravuje připojená IO-Link Slave zařízení. Jako IO-Link Master bývá použita komunikační karta do PLC nebo Gateway (IO-Link master jednotka). Zařízení IO-Link umožňují obousměrnou komunikaci mezi zařízeními Master a Slave, z Master zařízení se do Slave přenášejí řídicí nebo diagnostické příkazy a zpět naměřené hodnoty. Tento způsob komunikace umožňuje připojená zařízení vzdáleně ovládat, měnit jejich nastavení a zjišťovat jejich stav. Senzory vybavené IO-Link bývají stále zpětně kompatibilní se standartními spínanými výstupy dle standardu IEC 61131-2.



Obr. 1 IO-Link topologie [1]

3 TOPOLOGIE KOMUNIKACE IO-LINK

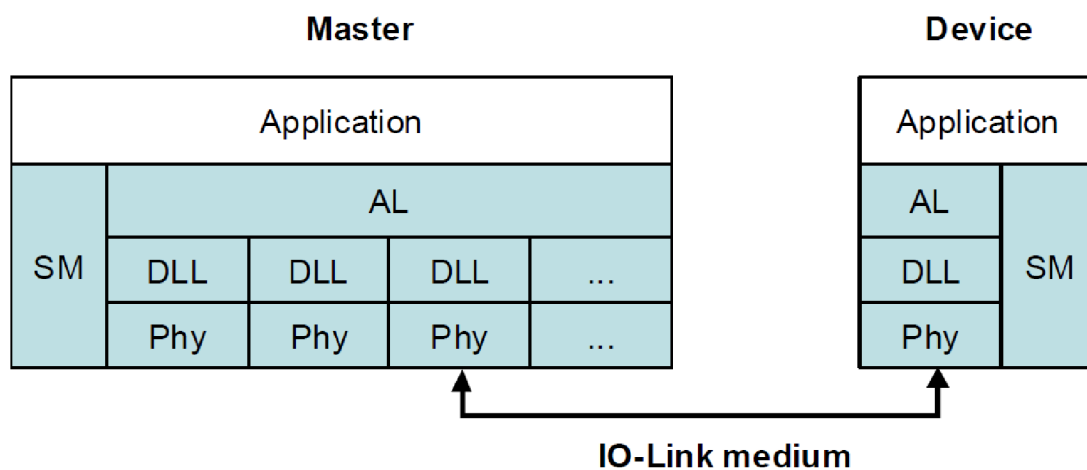
Základní komunikační struktura je typu hvězda, ve středu je IO-Link Master zařízení a k němu jsou připojeny IO-Link Slave jednotky. Komunikace probíhá z každým Slave zařízením samostatně a ke každé Master jednotce je možné připojit maximálně tolik Slave zařízení, kolik má vstupů nebo výstupů, tím pádem odpadá potřeba adresování jednotlivých Slave jednotek, místo toho Master zvolí daný vstup na úrovni aplikační vrstvy.



Obr. 2 Způsob IO-Link komunikace [1]

Standartní struktura je složena z fyzické vrstvy (Physical Layer), datové linkové vrstvy (Data Link Layer) a aplikační vrstvy (Application Layer). Aplikační vrstva je společná pro všechny Slave porty na jednotce Master. Každý port pro připojení Slave zařízení má však vlastní fyzickou a linkovou vrstvu.

Komunikace je založena na přenosu tzv. telegramů v podobě jednotlivých bajtů, které následně tvoří přenosový rámec. Přenosový rámec je vytvářen linkovou vrstvou. Zde jsou přenášená data doplněna o hlavičku, kontrolní součet a je zde prováděno základní dekódování příkazů a služeb. Následuje provedení přijatých příkazů aplikační vrstvou. Na této struktuře pak nezávisle pracuje Systémový management, zajišťující navázání komunikace a základní řízení [1].

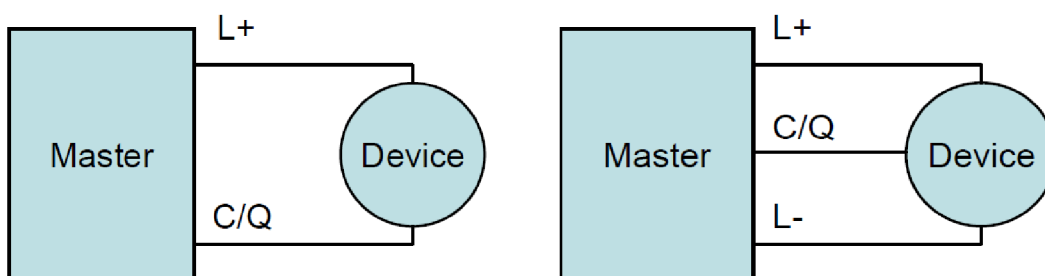


Obr. 3 Model logické struktury IO-Link komunikace [1]

3.1 Fyzická vrstva

Komunikace mezi jednotkami Master a Slave je zajištěna pomocí 8bitového asynchronního přenosu dat UART (např. RS-232). Vzhledem k použité technologii je délka komunikačního kabelu omezena na 20 metrů, není nutné stínění a přenosová rychlost bývá 4.8, 38.4 nebo 230.4 kb/s.

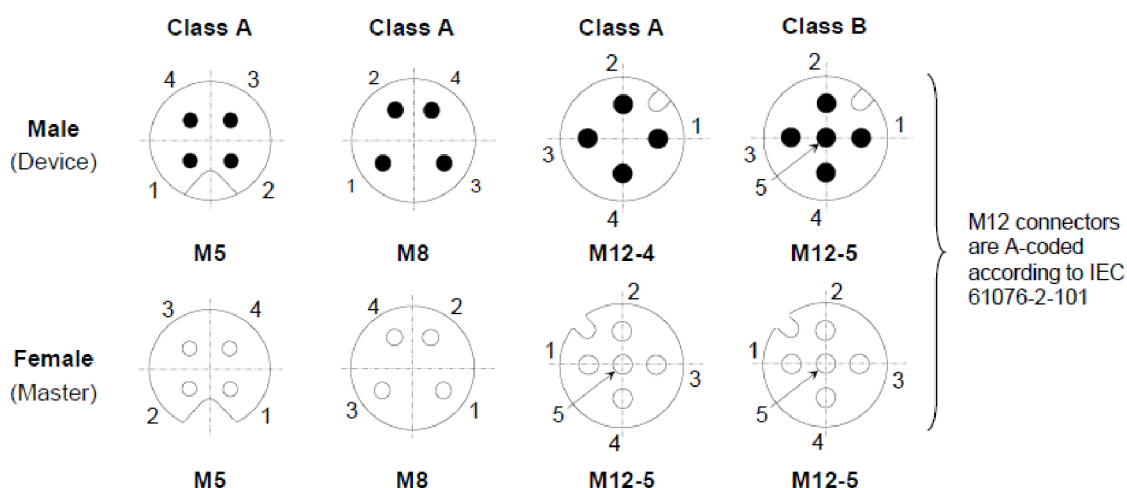
Bitový sériový přenos je kódován pomocí metody NRZ (Non Return to Zero). V IO-Link komunikaci je stav log. 1 roven napětí 24 V mezi vodiči L+ a C/Q a stav log.0 napětí 0 V. Tato metoda kódování umožňuje použít v IO-Link komunikaci dvouvodičové nebo třívodičové zapojení, označované jako PHY 1, res. PHY 2.



Obr. 4 PHY 1 a PHY 2 [1]

U dvouvodičového zapojení PHY 1 je komunikace a napájení jednotky Slave řešeno pomocí vodičů L+ a C/Q. Komunikace je řešena pomocí časového multiplexu (time division multiplex). V tomto případě je nutné dodržet nejnižší přenosový čas TCycle a maximální přenosová rychlost je tedy 4.8 kb/s, respektive 4800 b/s, 38400 b/s a 230400 b/s. U třívodičového zapojení PHY 2 jsou použity vodiče L+ a L- pro nepřetržité napájení Slave jednotky a vodič C/Q pro přenos dat. Není zde tedy nutné použití časového multiplexu.

Konektory, které lze ve standardu IO-Link použít, jsou přesně definovány. Jsou to konektory M5, M8 a M12, na straně jednotky Master je definován typ zásuvka (female) a u Slave jednotky konektor typu vidlice (male) [1].



Obr. 5 Konektory M5, M8 a M12 [1]

Tab. 1 Rozložení pinů konektorů pro IO-Link [1]

Pin	Signál	Označení	Poznámka
1	L+	Napájení (+)	
2	I/Q P24	NC/DI/DO (port class A) P24 (port class B)	Volba 1: NC (nepřipojeno) Volba 2: DI Volba 3: DI, poté nakonfigurován DO Volba 4: Příkladné napájení pro akční členy (port class B)
3	L-	Napájení (-)	Nevyužito v PHY 1
4	C/Q	Komunikační signál	U PHY 1 také Napájení (-)
5	N/C N24	NC (port class A) N24 (port class B)	Volba 1: Nesmí být připojeno na straně Master (class A) Volba 2: Zem pro přídatné napájení (class B)
Konektor M12 má na straně Master (female) vždy 5 pinů			

Kromě IO-Link komunikace podporují Slave zařízení i standartní IO režim (SIO). V tomto režimu se jednotka Slave chová jako běžný snímač se spínaným výstupním signálem. Přenos diskretních úrovní je řešen přes vodič C/Q. U jednotky Master je komunikace řešena na základě vyhodnocení signálové úrovně diskretně spínaného signálu [1].

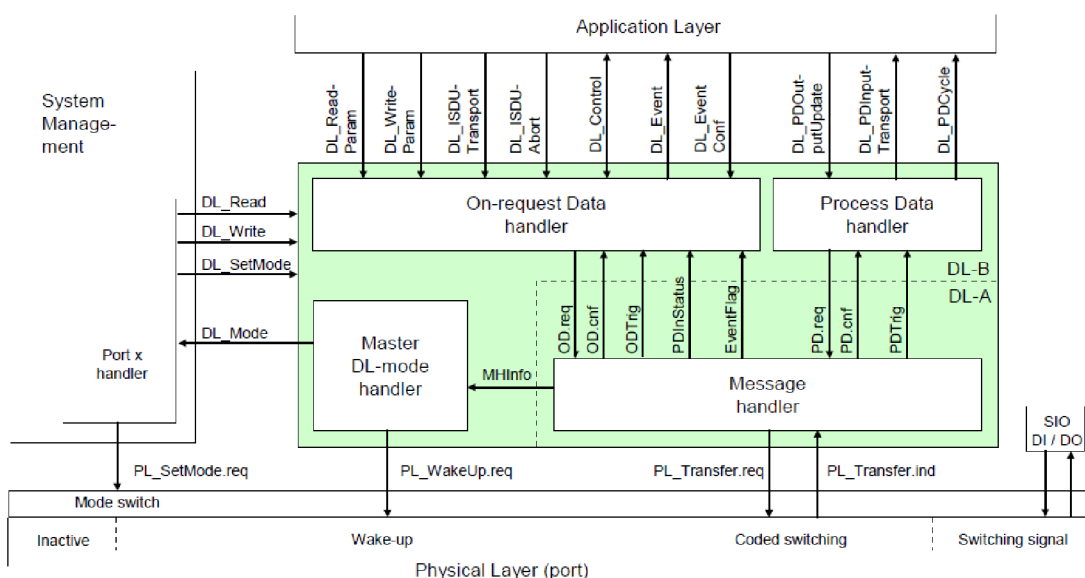
3.2 Datová linková vrstva

Datová linková vrstva ^[1] je určená pro předávání zpráv mezi zařízeními Master a Slave prostřednictvím fyzické vrstvy. Používá několik typů M-sequence ("sekvence zpráv") pro různé kategorie dat.

Sada služeb datové linkové vrstvy (DL) je k dispozici aplikační vrstvě (AL), která ji využívá pro výměnu procesních dat (PD) a dat na vyžádání (OD). Další sada služeb DL je k dispozici systému správy (SM) pro získání identifikačních parametrů zařízení a nastavení stavových automatů v datové linkové vrstvě. DL používá PL-Services pro ovládání fyzické vrstvy (PL) a výměnu rámců UART. Dále se stará o zjišťování chyb zpráv (ať už interních nebo hlášených z fyzické vrstvy) a realizaci příslušných nápravných opatření (např. opakování).

Vrstvy datového spojení jsou strukturovány kvůli povaze datových kategorií do manipulačních procesních dat (Process Data handlers) a manipulátorů dat na vyžádání (On-request Data handlers), které zase používají obslužný program zpráv pro vyřizování požadovaného přenosu zpráv. Zvláštní režimy hlavních portů, jako je například Wake-up, COMx a SIO (zakázaná komunikace), vyžadují speciální ovladač DL v režimu Master DL. Speciální budící signál (wake-up signal modulation) vyžaduje detekci signálu na straně zařízení (Slave) a tedy podporu DL-mode handler v datové linkové vrstvě daného zařízení.

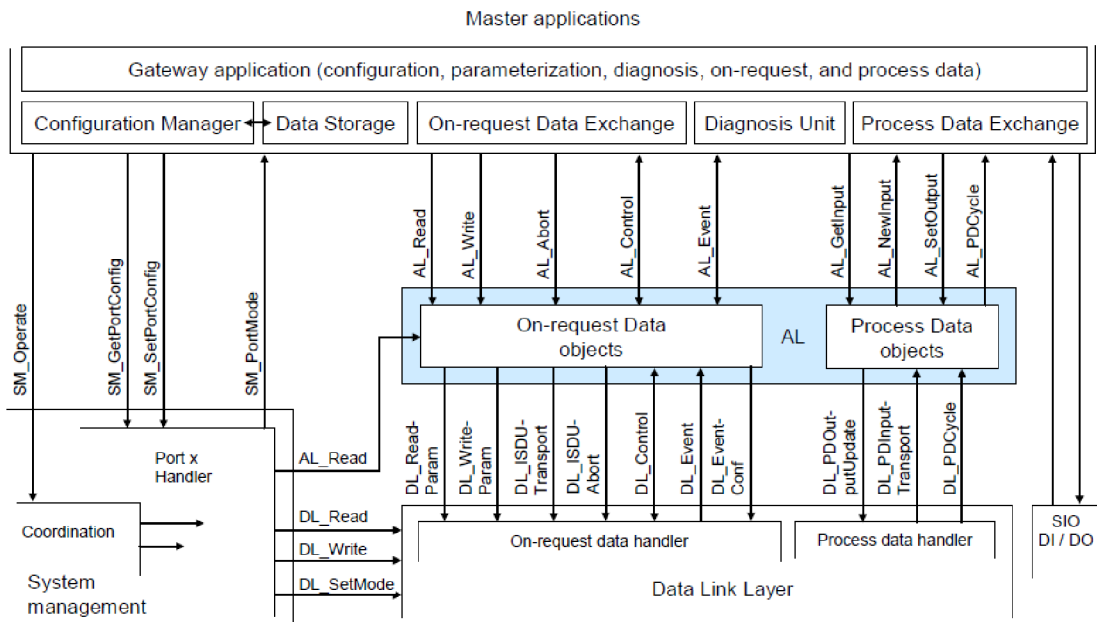
Datová linková vrstva je rozdělena do oddílů DL-A s vlastními interními službami a do oddílů DL-B s externími službami [1].



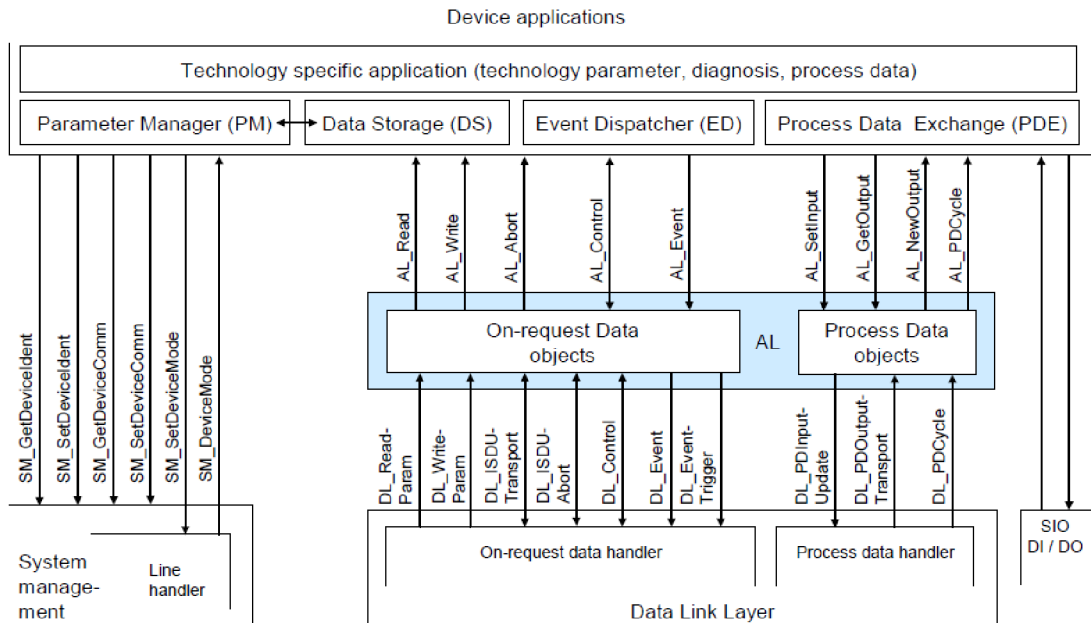
Obr. 6 Struktura služby datové linkové vrstvy na straně Master [1]

3.3 Aplikační vrstva

Aplikační vrstva slouží u IO-Link zařízení jako rozhraní mezi nadřazenou aplikací a datovou linkovou vrstvou (DL). Aplikační vrstva obdrží od DL dekodovaný rámec ve formě informací o službě, kterou má vykonat a potřebná data, která se mají použít. Zjednodušeně řečeno předává datové linkové vrstvě informaci o tom, jakou službu má provést. Dostupné příkazy (services) jsou závislé na typu zařízení [1].



Obr. 7 Struktura a služby pro aplikační vrstvu pro jednotku Mater [1]



Obr. 8 Struktura a služby pro aplikační vrstvu pro jednotku Slave [1]

3.4 System management

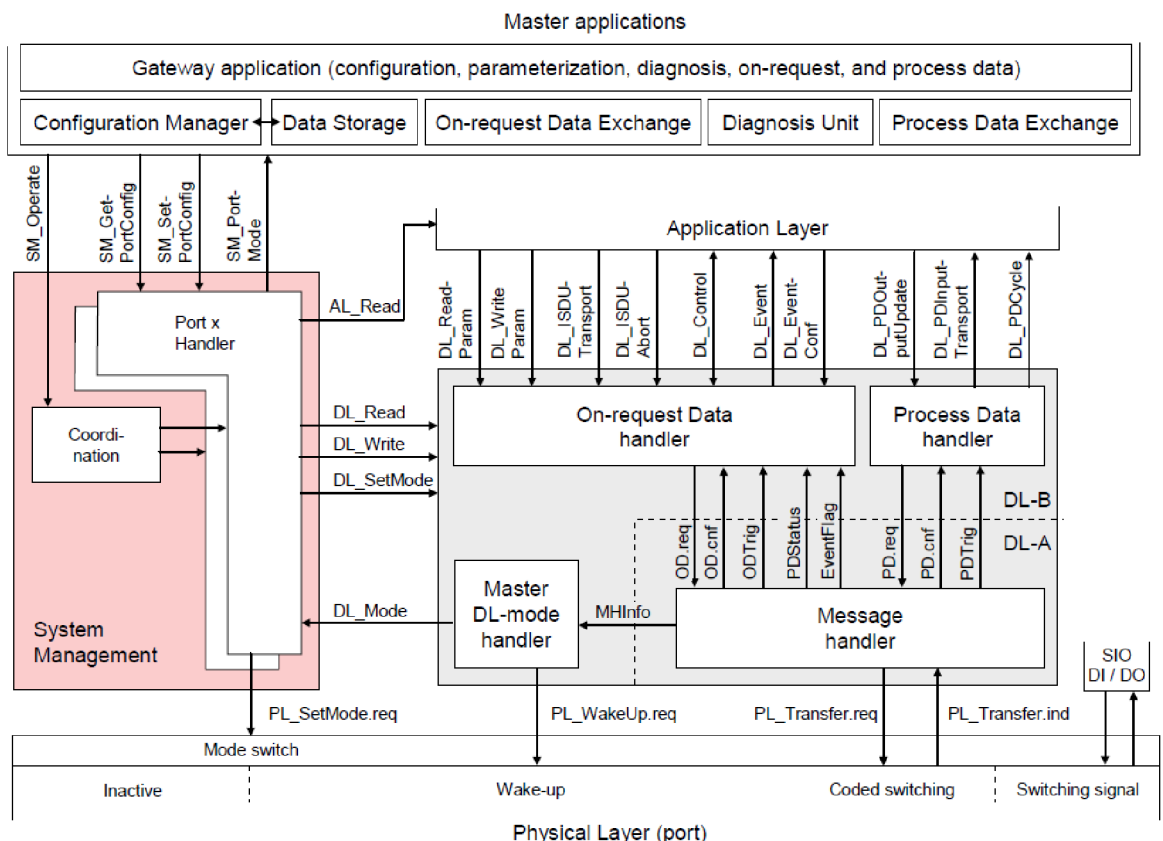
Řízení systému (System management, SM) je zodpovědné za koordinované spuštění portů v jednotce Master a odpovídajících operací na připojených zařízeních Slave. Rozdíl mezi správou systému v jednotce Master a Slave je významnější než u ostatních vrstev. Z toho důvodu jsou v tomto případě odděleny příkazy a služby pro zařízení Master a Slave do samostatných sekcí [1].

3.4.1 Správa systému zařízení Master

Služby pro Správu systému u jednotky Mater slouží k nastavení hlavních portů a systému pro všechny provozní režimy.

Master System Management nastavuje porty pomocí [1]

- stanovení požadované revize komunikačního protokolu
- kontroly kompatibility zařízení (skutečné identifikace zařízení odpovídá očekávaným hodnotám)
- nastavení vhodných typů Master M-sequencí a MasterCycleTimes



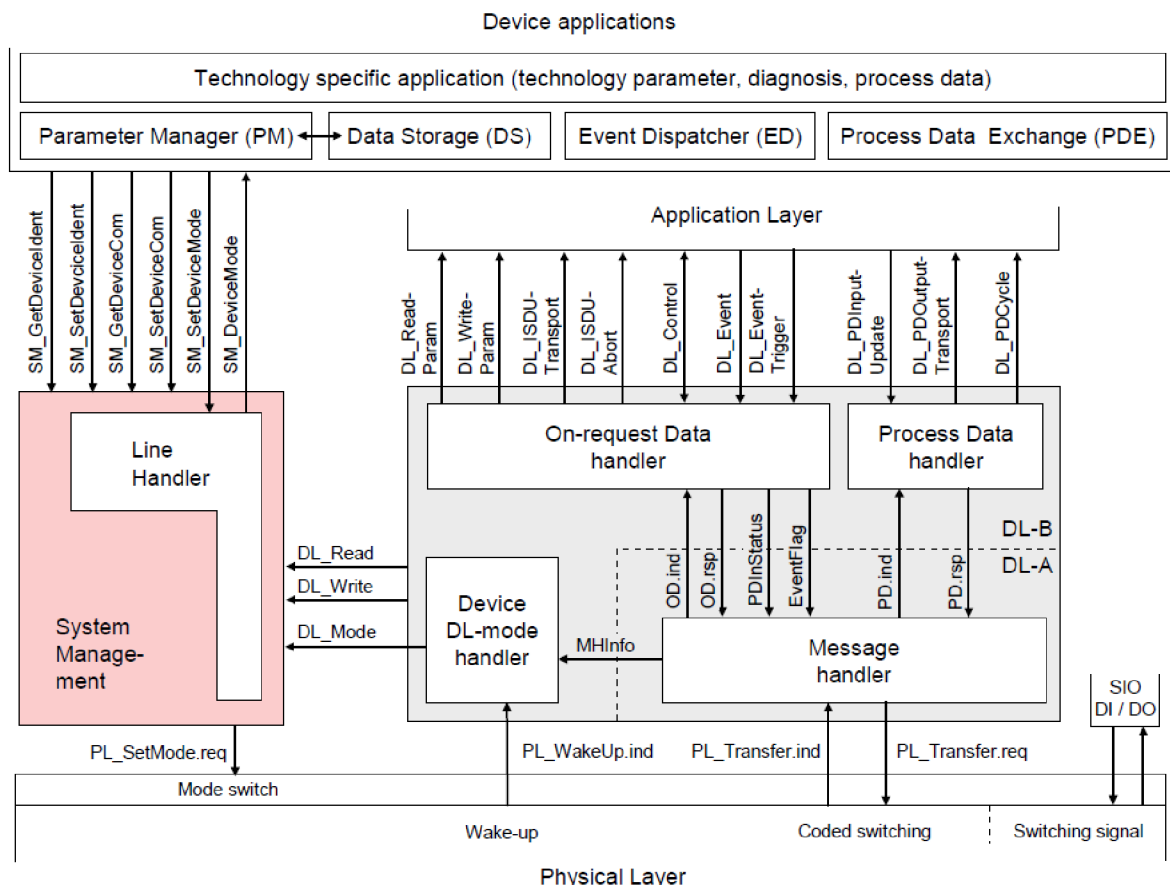
Obr. 9 Struktura a služby Správy systému u Master zařízení [1]

3.4.2 Správa systému zařízení Slave

Správa systému (SM) zařízení Slave poskytuje centrální řídicí instanci prostřednictvím obsluhy linky pro všechny fáze inicializace, výchozího stavu (SIO), spuštění komunikace, komunikace a zpětného přechodu do režimu SIO.

Správa systému Slave zařízení komunikuje s fyzickou vrstvou, aby vytvořila potřebné úpravy řadičů linek a přijímačů, společně s datovou linkovou vrstvou, aby získaly potřebné informace z jednotky Master (Wake-up, přenosové rychlosti, atd.) a aplikacemi zařízení Slave pro získání informací o identitě a kompatibilitě zařízení (identifikační parametry).

Přechody mezi stavy obsluhy linky jsou iniciovány aktivitami hlavního portu a spouštěny prostřednictvím Datové linkové vrstvy Slave zařízení, pomocí příkazů DL_Mode a požadavků DL_Write [1].

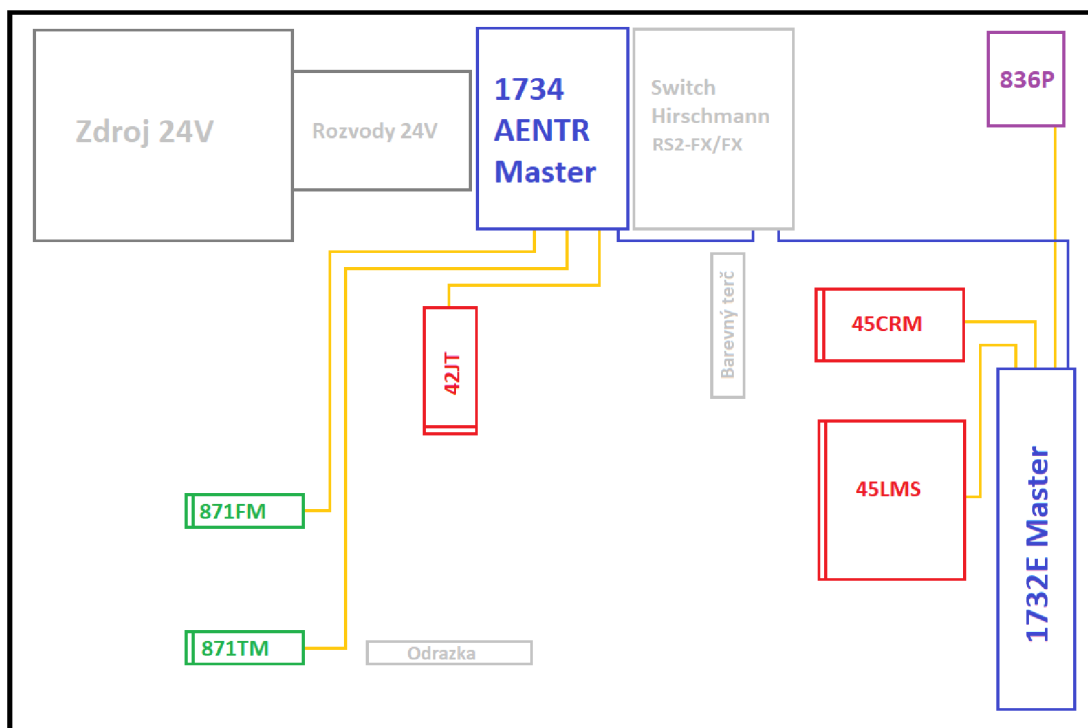


Obr. 10 Struktura a služby Správy systému pro zařízení Slave [1]

4 HARDWARE

4.1 Návrh panelu

Předpokládaný panel by měl mít přehledné rozložení jednotlivých snímačů a podpůrných prvků, aby bylo možné efektivně otestovat a prezentovat funkčnost jednotlivých snímačů. Panel by měl být sestaven z hliníkových profilů, na něž bude umístěna ocelová mřížka pro uchycení snímačů a dalších potřebných součástí. V horní části panelu se předpokládá umístění DIN lišty. Na levé horní části DIN lišty bude umístěn zdroj stejnosměrného napětí 24 V s proudovým chráničem a jističem na 24 V. Vedle něj je plánována rozvodnice pro 24 V, 0 V a GND, dále zde bude uchycen adaptér 1734-AENTR a ethernetový switch Hirschmann RS2-FX/FX. V levé spodní části panelu budou umístěny indukčnostní snímače 871FM a 871TM společně s optickou závorou 42JT a potřebnou odrazkou. Tahle skupina snímačů bude zapojena do dvou master modulů 1734-4IOL vložených do 1734-AENTR. V pravém spodním rohu panelu bude umístěn master modul 1732E a do něj zapojen laserový snímač vzdálenosti 45LMS, optický snímač barev 45CRM a snímač tlaku 836P. Pro optický snímač barev 45CRM bude přidán otočný terč s primárními a sekundárními barvami, oddělenými bílými plochami. Pro snímač tlaku 836P bude přidán ruční balónek, který bude sloužit k ověření funkčnosti měření tlaku.



Obr. 11 Návrh rozložení panelu

4.2 Master zařízení

4.2.1 ArmorBlock I/O 8 Channel IO-Link Master Module

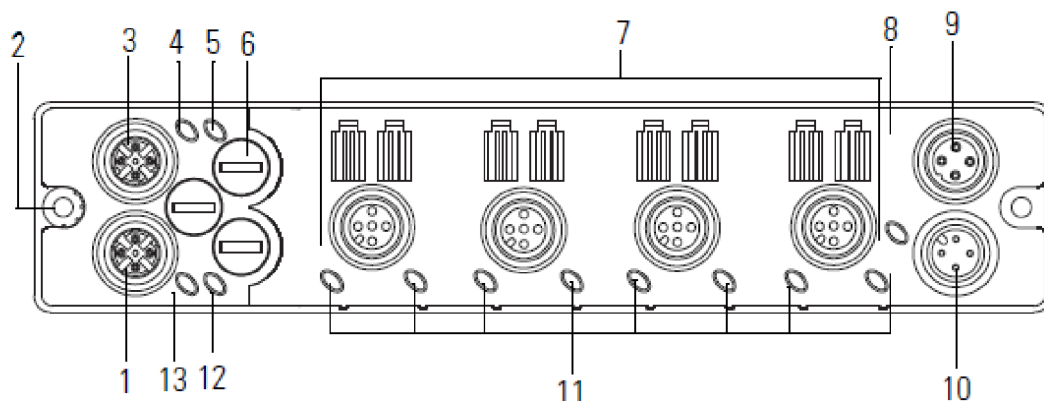
Model zařízení 1732E-8IOLM12R [2] poskytuje osm kanálů, které mohou být samostatně konfigurovány jako IO-Link Master porty nebo standardní I/O vstupy [2].

V režimu IO-Link modul podporuje osm kanálů pro IO-Link master komunikaci s IO-Link kompatibilními zařízeními. Ve standardním režimu digitálního I/O modul podporuje osm kanálů digitálního vstupu nebo výstupu. Standardní kanály digitálního vstupu podporují vstup podle normy ČSN EN 61131-2. Kanály mohou být také zakázány, pokud se nepoužívají [2].

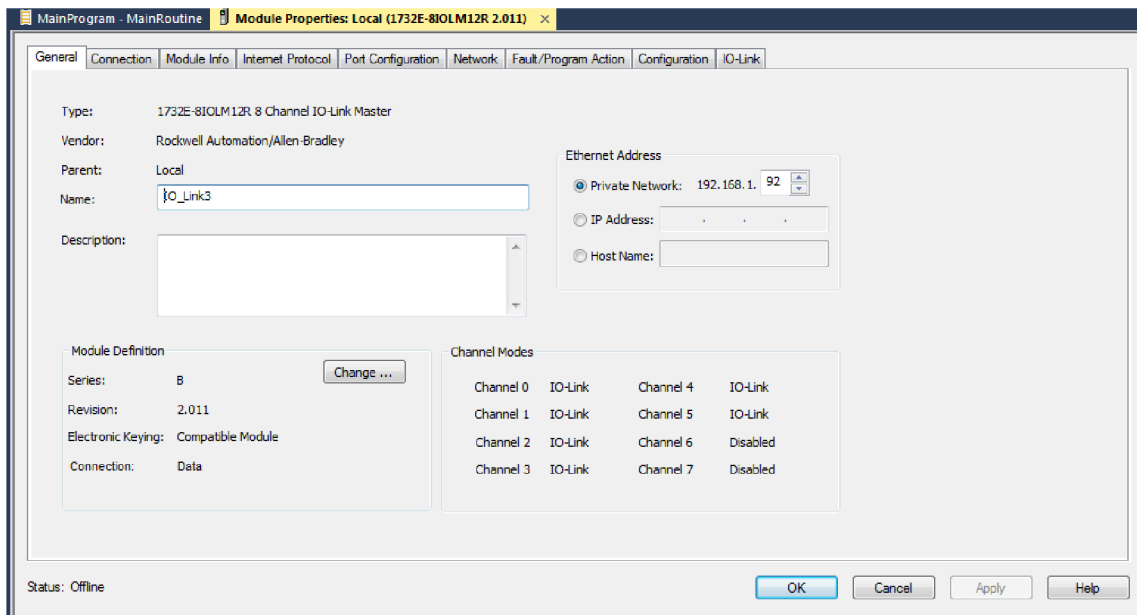
Pro konfiguraci a ovládání tohoto modulu je vhodné používat software RSLinx, RSLogix 5000 nebo Studio 5000.

Tab. 2 Popis modulu ArmorBlock I/O [2]

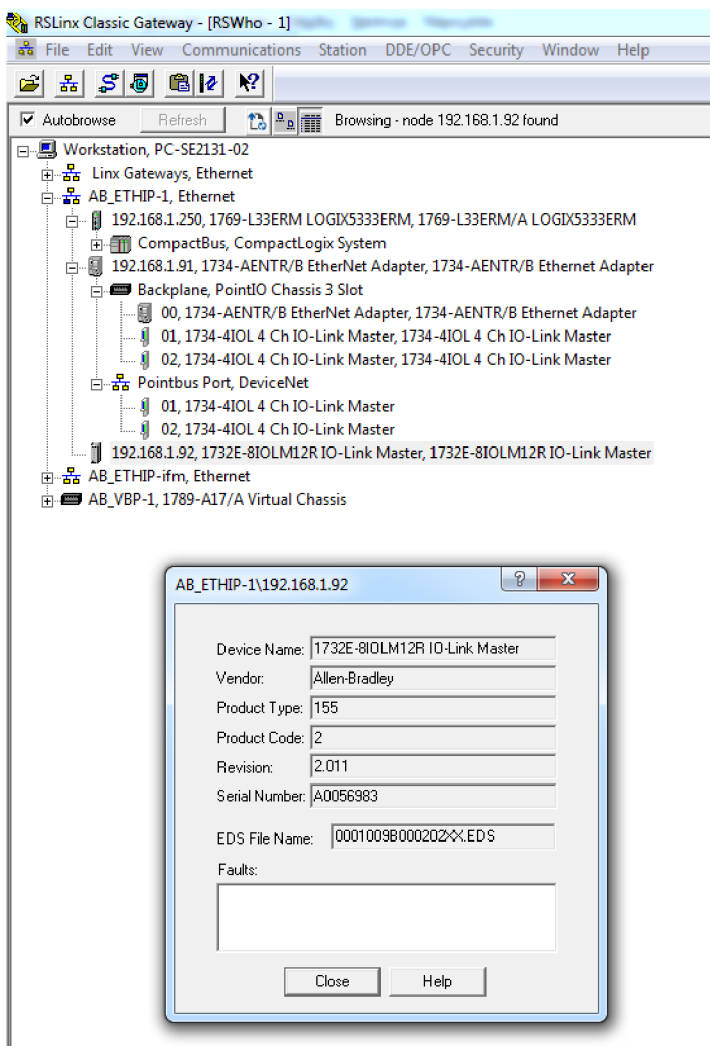
	Popis		Popis
1	M12 EtherNet / IP D-code konektor	8	Indikátor pomocného napájení
2	Zem	9	Výstup napájení (mikro-style)
3	M12 EtherNet / IP D-code konektor	10	Vstup napájení (mikro-style)
4	Indikátor stavu Link 2	11	Indikace stavu I/O kanálů
5	Indikátor stavu sítě	12	Indikátor stavu modulu
6	Přepínače síťové adresy	13	Indikátor stavu Link 1
7	I/O mikro-style konektory		



Obr. 12 Rozložení jednotky ArmorBlock I/O [2]



Obr. 13 Studio 5000 - Základní informace a konfigurace Master modulu 1732E

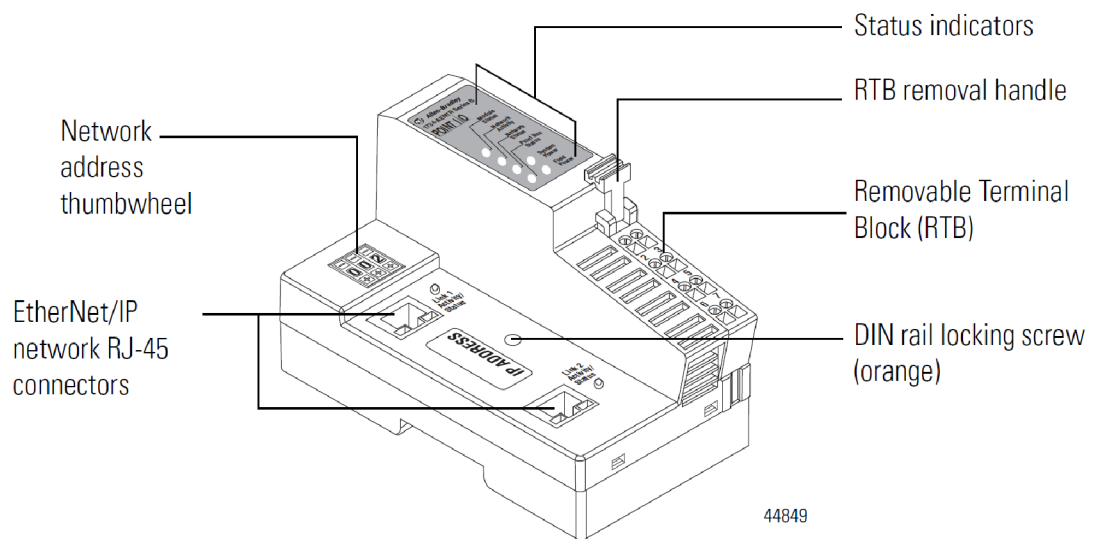


Obr. 14 RSLinx – Základní informace poskytované o Master modulu 1732E

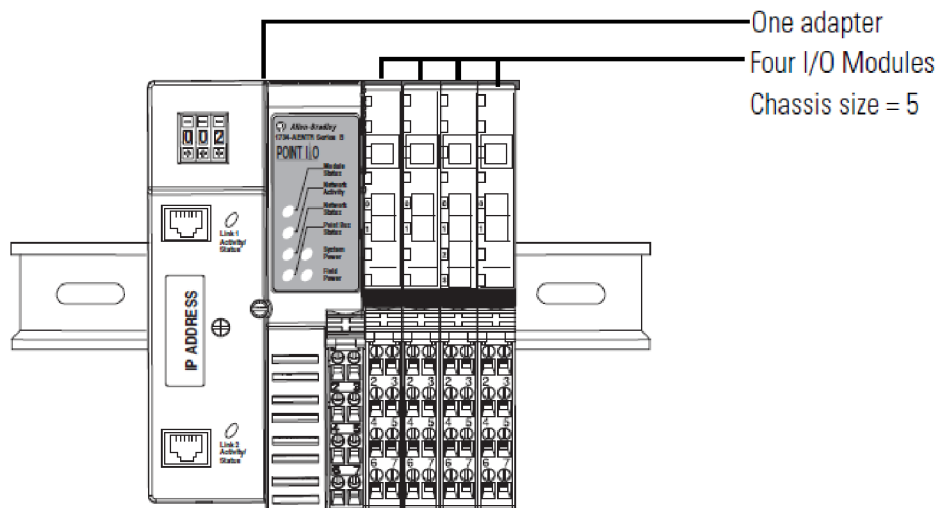
4.2.2 POINT I/O Dual Port EtherNet/IP adapter

Adaptér POINT I/O 1734-AENTR [3] je určen pro připojení dalších POINT I/O zařízení k systému. Jedná se o modul, který zajišťuje konektivitu prostřednictvím dvou konektorů RJ-45 pro připojení k EtherNet/IP. Je k němu možné připojit další I/O moduly a jako celek následně umístit na DIN lištu. Konfigurace zařízení je možná pomocí RSLinx, RSLogix 5000, Studio 5000 nebo přes vestavný web server.

K základnímu modulu AENTR je možné připojit odnímatelné svorkovnice POINT I/O 1734-TB, do kterých jsou zapojeny například moduly POINT I/O 1734-4IOL [3].



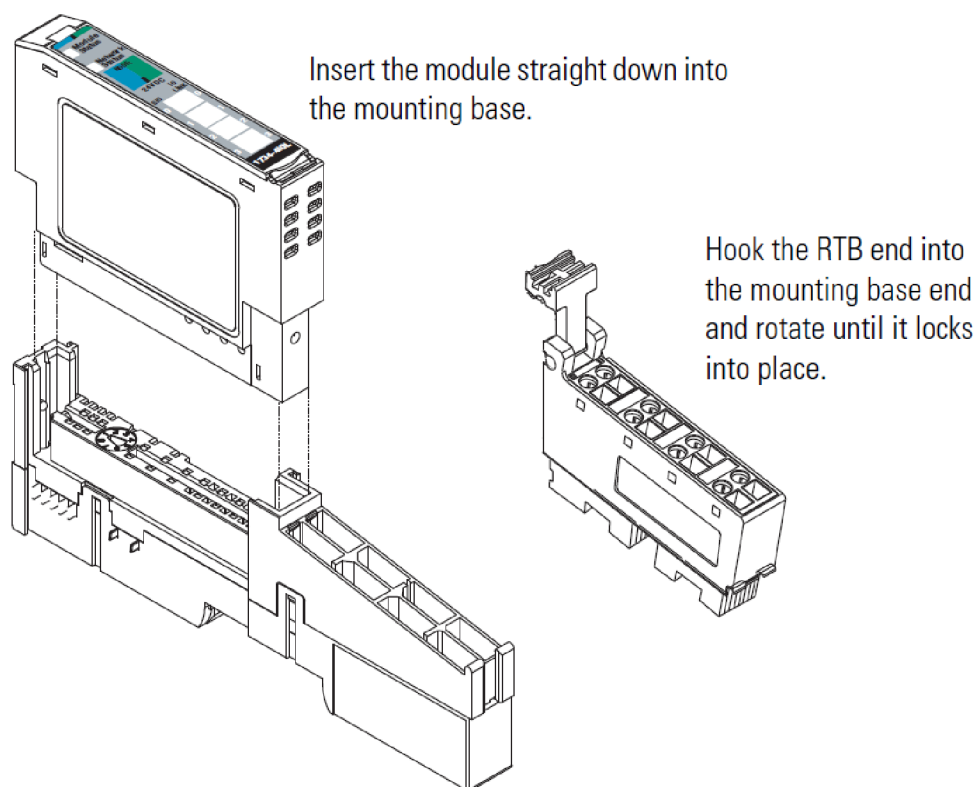
Obr. 15 Rozložení komponentů na adaptéru 1734-AENTR [3]



Obr. 16 Zapojení přídatných karet k modulu AENTR [3]

4.2.3 POINT I/O 1734-4IOL modul

IO-Linkový master 1734-4IOL [4] POINT I/O od firmy Allen-Bradley nabízí 1 až 8 signálů na modul. I/O moduly jsou propojeny do sítě prostřednictvím komunikačního rozhraní, které obsahuje vestavěný napájecí zdroj, který převádí příchozí stejnosměrné napájení 24 V na 5 V stejnosměrné napájení. Každý typ komunikačního rozhraní (síťový adaptér) podporuje maximálně 13 až 17 I/O modulů s maximální proudovou zátěží 10 A. I/O moduly přijímají energii z napájecího zdroje pomocí propojovacího panelu. S externím napájecím zdrojem je možné rozšiřovat sestavu POINT I/O až na maximálně 63 I/O modulů nebo 504 kanálů [4].

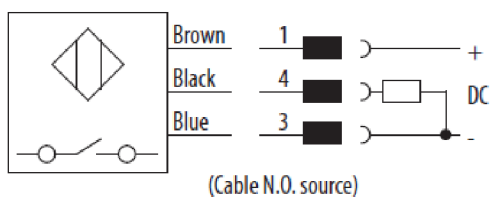


Obr. 17 Zapojení modulu 1734-4IOL do odnímatelné svorkovnice POINT I/O 1734 [4]

4.3 Slave zařízení

4.3.1 Indukční snímač vzdálenosti 871TM

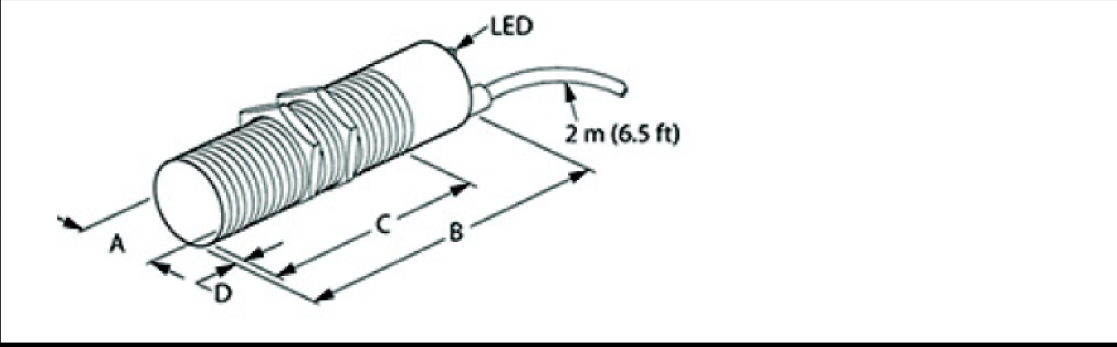
Snímač 871TM-N20NP18-A2 [5] je navržen tak, aby odolal nárazu a oděru v drsných nebo extrémně nepříznivých podmínkách. Tělo, vyrobené z nerezové oceli, splňuje specifikaci IP69K, odolnost proti tlaku 1200 psi, a má kompletní epoxidové zapouzdření pro optimální výkon v náročných podmínkách a aplikacích. S dvou až třikrát větší snímací vzdáleností, oproti standardním modelům, poskytují robustní snímače 871TM zvýšené snímací vzdálenosti pro všechny kovy, včetně mědi a mosazi. Instalace, nastavení a údržba těchto snímačů je zjednodušena použitím víceúčelové vysoce svítivé LED. Pro svařovací prostředí a další aplikace, kde jsou velká magnetická pole, jsou nabízeny odolné senzory 871TM o průměru 8 mm, 12 mm a 18 mm. Tyto snímače poskytují odolnost proti elektromagnetickému poli až do 40 mT (400 Gauss) a pomáhají vyhnout se falešnému spuštění během procesu svařování [5].



Pin	Signal	Description
1	10...30V DC	Device supply
3	GND	GND for device
4	LOAD	IO-Link/Output/SIO

Obr. 18 Zapojení výstupního konektoru snímače 871TM [5]

Tab. 3 Rozměry kabelového modelu snímače 871TM [5]



The diagram shows a cylindrical sensor with a threaded barrel and a cable. Dimension A is the total length of the barrel. Dimension B is the length of the unthreaded section. Dimension C is the length of the threaded section. Dimension D is the diameter of the barrel. A cable of length 2 m (6.5 ft) is attached to the sensor. An LED is located at the end of the cable.

Thread Size	Shielded	[mm (in.)]			
		A	B	C	D
M18 x 1	Yes	18 (0.71)	50 (1.96)	50 (1.96)	—
	No			43 (1.69)	7 (0.27)

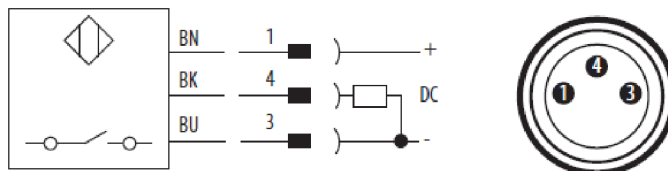
Tab. 4 Korekční faktory kovů pro snímač 871TM [5]

Target Material (No Surrounding Metal)	Barrel Size and Nominal Sensing Range			
	M12		M18	
	6 mm (Shielded)	10 mm (Unshielded)	10 mm (Shielded)	20 mm (Unshielded)
Steel	1	1	1	1
Copper	0.85	0.8	0.8	0.9
Aluminum	1	1	1	1
Brass	1.3	1.4	1.2	1.35
Stainless Steel 1 mm/2 mm thick	0.5/0.9	⁽¹⁾ /0.65	0.5/0.9	0.2/0.7

(1) No detection.

4.3.2 Indukční snímač vzdálenosti 871FM

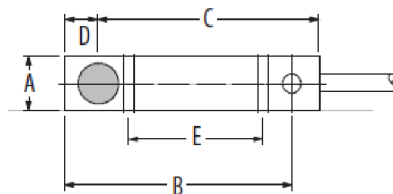
Miniaturní indukční snímač 871FM-M2NP8-E2 [6] spolehlivě detekuje přítomnost železných a neželezných kovů. Díky své malé velikosti má snímač 871FM ideální využití pro stísněné prostory v aplikacích, kde nemůže být namontován snímač klasické velikosti. Tělo je vytvořeno z poniklované mosazi, splňuje specifikaci IP67 a je opatřeno kabelem. Nominální dosah snímače je 2 mm [6].



Pin	Signal	Description
1	+10...30V DC	Device supply
3	GND	GND for device
4	LOAD	IO-Link/Output/SIO

Obr. 19 Zapojení výstupního konektoru snímače 871FM [6]

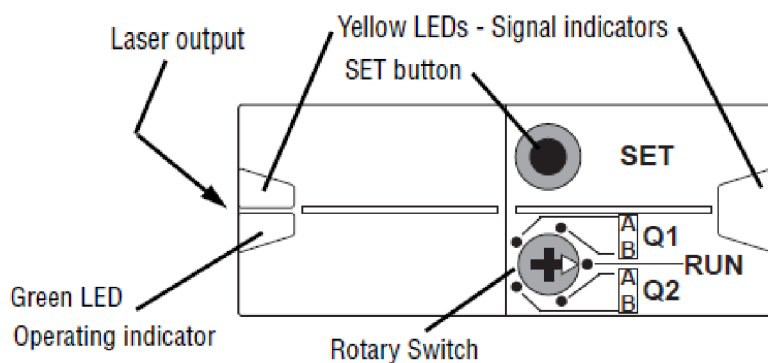
Tab. 5 Rozměry kabelového modelu snímače 871FM [6]



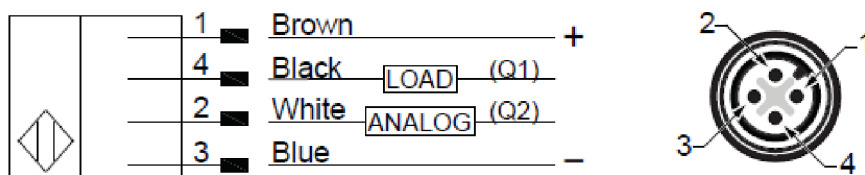
Housing Width	Thread Length [mm (in.)]				
	A	B	C	D	E
5 (0.2)	5.0 (0.2)	15 (0.59)	22 (0.87)	3 (0.12)	14 (0.55)
8 (0.31)	8.0 (0.31)	37 (1.46)	35 (1.38)	5 (0.2)	20 (0.79)

4.3.3 Laserový snímač vzdálenosti

Řada laserových senzorů pro dlouhé vzdálenosti 45LMS je k dispozici v řadě měřících rozsahů. Zde použitý model 45LMS-D8LGC1-D4 [7] je difuzní s dosahem 8 m, využívající viditelný červený laser třídy 1. Diskrétní a analogové výstupy lze snadno nastavit pomocí krokového otočného přepínače a tlačítka. Potenciální aplikace zahrnují pozici objektu (analogový výstup) a detekci objektu (potlačení pozadí s diskretním výstupem). Tento snímač využívá princip měření času letu (ToF) a má poměrně malý průměr místa dopadu i ve vzdálenosti 15 m. Snímač je zcela samostatný a nevyžaduje žádné externí ovládací prvky, které zvyšují náklady a vyžadují další montážní prostor [7].



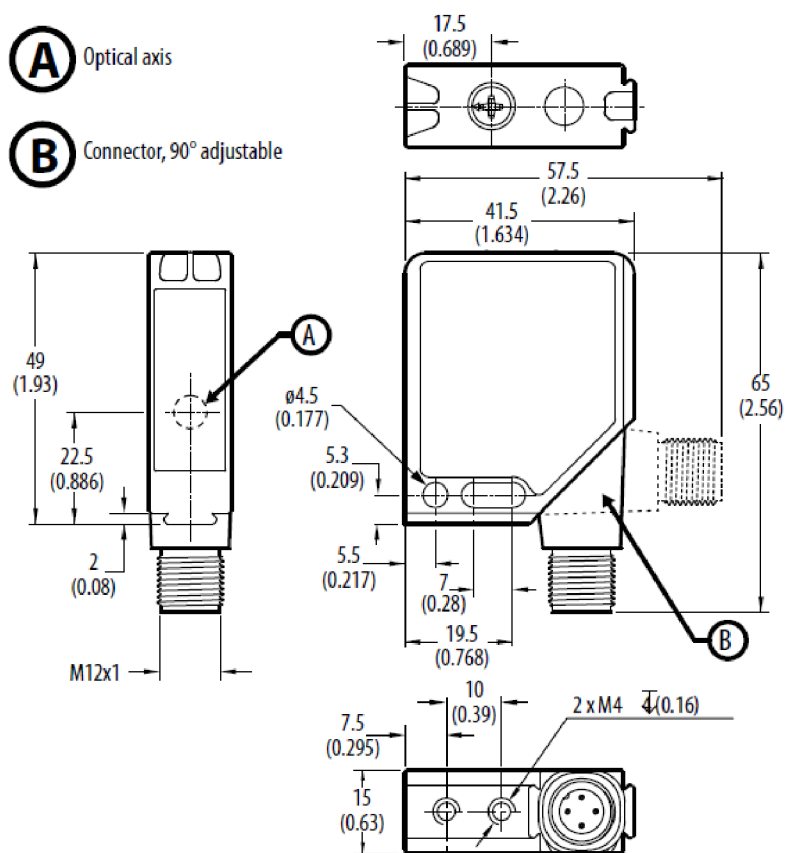
Obr. 20 Indikátory a ovladače laserového snímače vzdálenosti 45LMS [7]



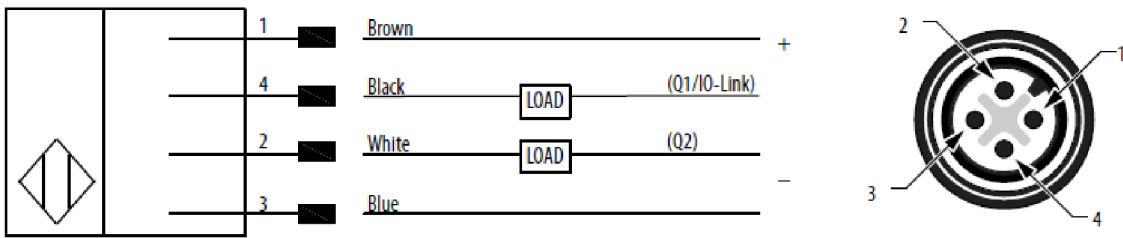
Obr. 21 Zapojení výstupního konektoru snímače 45LMS [7]

4.3.4 Optický snímač barev

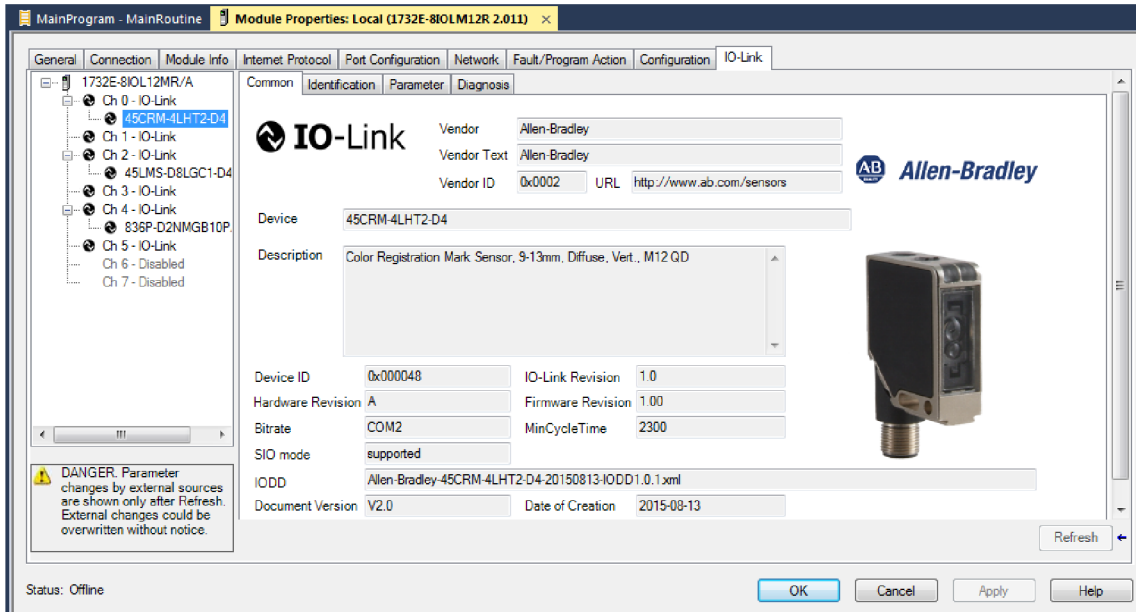
V případě snímače 45CRM-4LHT2-4D [8] od firmy Allen-Bradley® se jedná o fotoelektrický snímač schopný porovnávat barvy vůči pozadí a registrační štítky. Tento senzor je vybaven červenou, zelenou a modrou LED diodou, během procesu učení senzor vyhodnotí, která barva světla zajišťuje nejlepší kontrast registrační značky oproti pozadí. Snímač je osazen konektorem M12 s vlastností rychlého odpojení (quick-disconnect). Pouzdro snímače splňuje specifikaci IP67. Snímač může pracovat ve dvou režimech, první je Static Teach, v rámci kterého je schopen si manuálně zapamatovat pozadí nebo značku. Druhým režimem je Dynamic Teach, v tomto režimu snímač automaticky vyhodnocuje značku i pozadí [8].



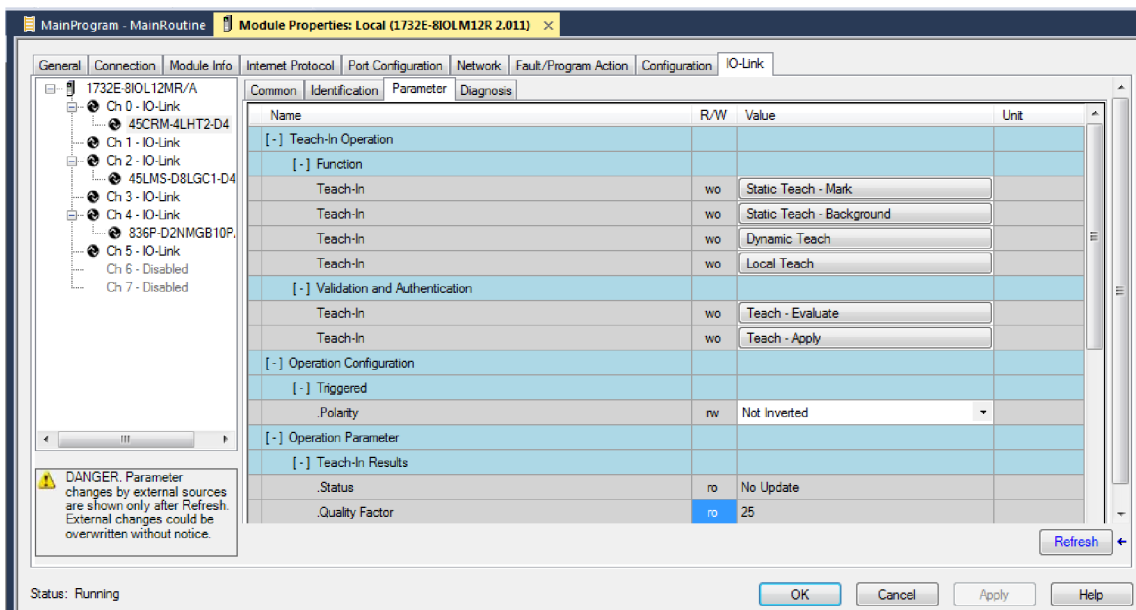
Obr. 22 Rozměry snímače 45CRM [mm(in.)] [8]



Obr. 23 Zapojení výstupního konektoru snímače 45CRM [8]



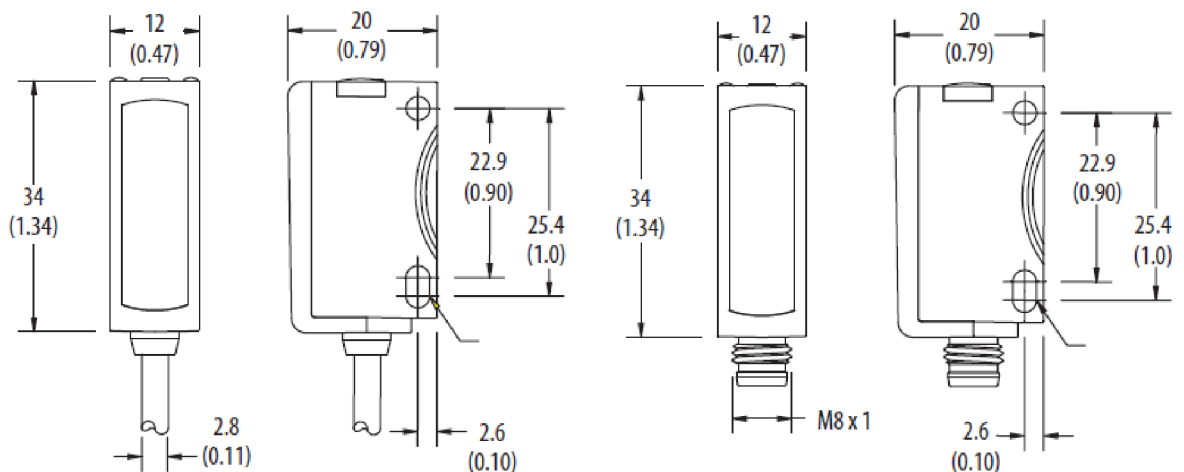
Obr. 24 Studio 5000 - základní informace o snímači 45CRM



Obr. 25 Studio 5000 - Podrobné parametry a učící režimy pro snímač 45CRM

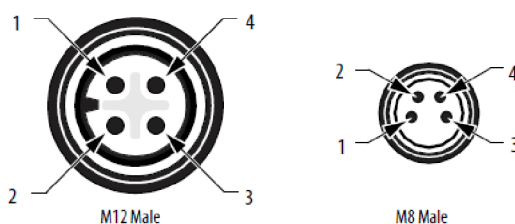
4.3.5 Optický (polarizovaný) reflexní snímač

Řada snímačů VisiSight™, konkrétně model 42JT-P2LAT1-A2 [9], nabízí širokou škálu snímacích režimů. Jedním z nich je Standard Teach, při kterém se učení skládá ze dvou kroků, naučení cíle a poté naučení „bez cíle“. Tento režim je vhodný pro aplikace, kde není žádné pozadí nebo se kontakt s pozadím přerušuje. Dalším režimem je Precision Teach, zde učení obsahuje jen jeden krok, a to zapamatování cíle. Tento režim je vhodný pro použití v aplikacích, kde je malá vzdálenost mezi snímačem a cílem nebo v případě porovnávání kontrastních povrchů. Posledním režimem je Dynamic Teach, tento režim je ideální v prozovech, kde se nedá zastavit průběh procesu. Snímač zde automaticky detekuje optimální nastavení zesílení, což napomáhá zajistit vynikající detekci a spolehlivost provozu. Snímač obsahuje funkci "Auto PNP / NPN", která nepřetržitě sleduje, jak je zátěž připojena a automaticky konfiguruje výstup. Detekce objektů je řešena pomocí červeného laseru třídy 1. Pouzdro zařízení splňuje požadavky standardu IP69K, pro použití ve vysokém tlaku a teplotě, a standard COLAB, pro použití v potravinářském průmyslu.



Obr. 26 Rozměry snímače 42JT [mm(in.)] [9]

Micro (M12) Male QD on Pigtail and
Integral Pico (M8) Male QD



Output Wiring

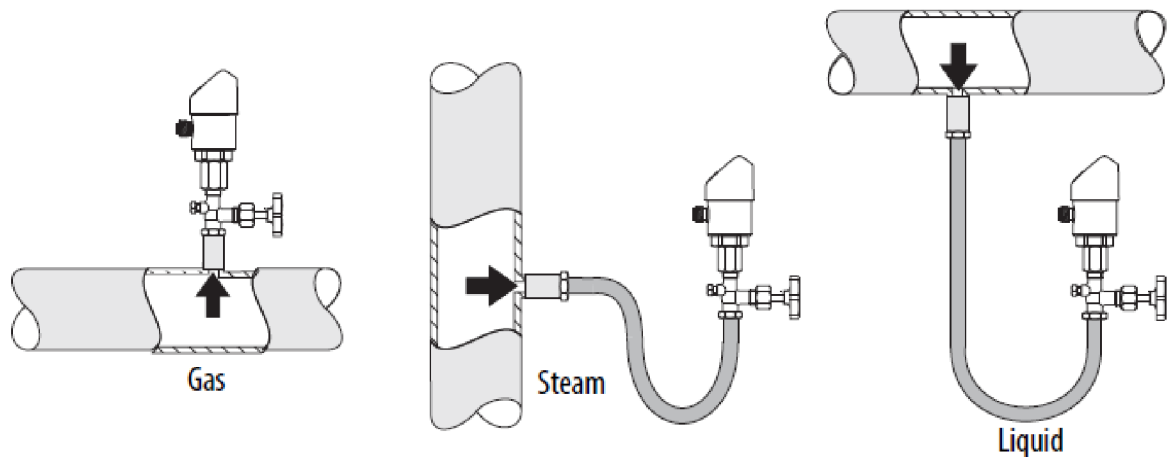
Brown (1)	+V
White (2)	Remote Teach/Lock ⓘ
Black (4)	Output Auto NPN/PNP or IO-Link
Blue (3)	-V

- ⓘ Normal operation:** no connection (disabled in IO-Link operation).
- Remote teach:** connect to +V. Refer to the Remote Teach section.
- push button lock:** connect to -V. Refer to the push button Lock/Unlock section.

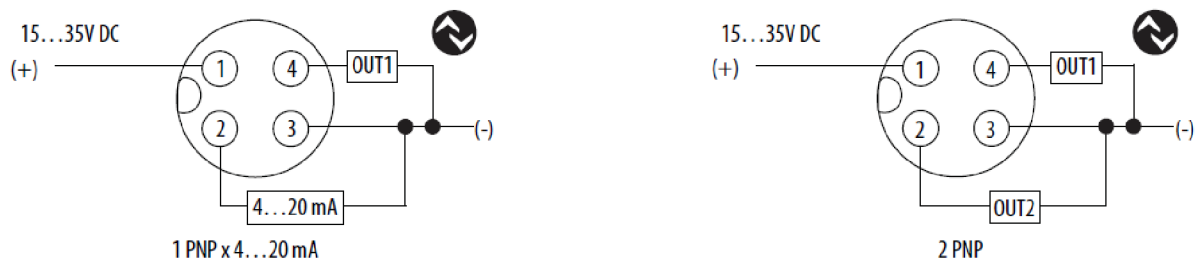
Obr. 27 Zapojení výstupu snímače 42JT [9]

4.3.6 Polovodičový snímač tlaku

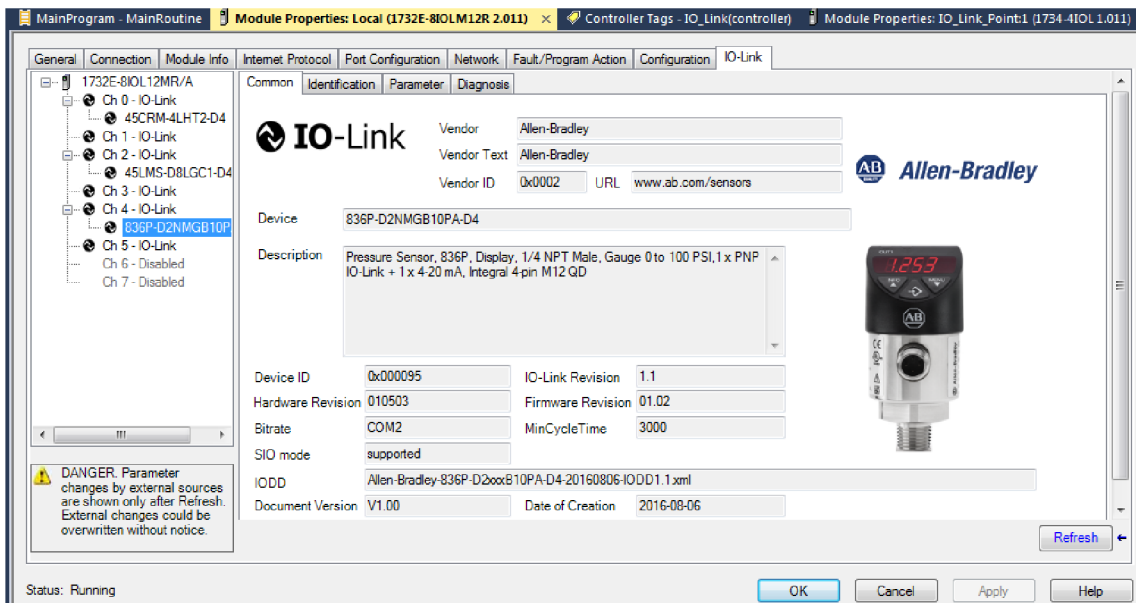
Tlakový polovodičový snímač Allen-Bradley® 836P-D2NMAB10PA-D4 [10] s IO-Link je navržen pro plynulé monitorování tlaku. Je vhodný v případech, kde je ovládání této proměnné rozhodující pro optimální provoz systému. Mnou použité zařízení je verze s 14 segmentovým displejem a třemi tlačítky, která umožňují snadné nastavení a odstraňování problémů snímače. Pouzdro zařízení splňuje požadavky specifikace IP67. Rozsah měřeného tlaku je od -1 do +551 barů (-14.5 až +8000 psi) [10].



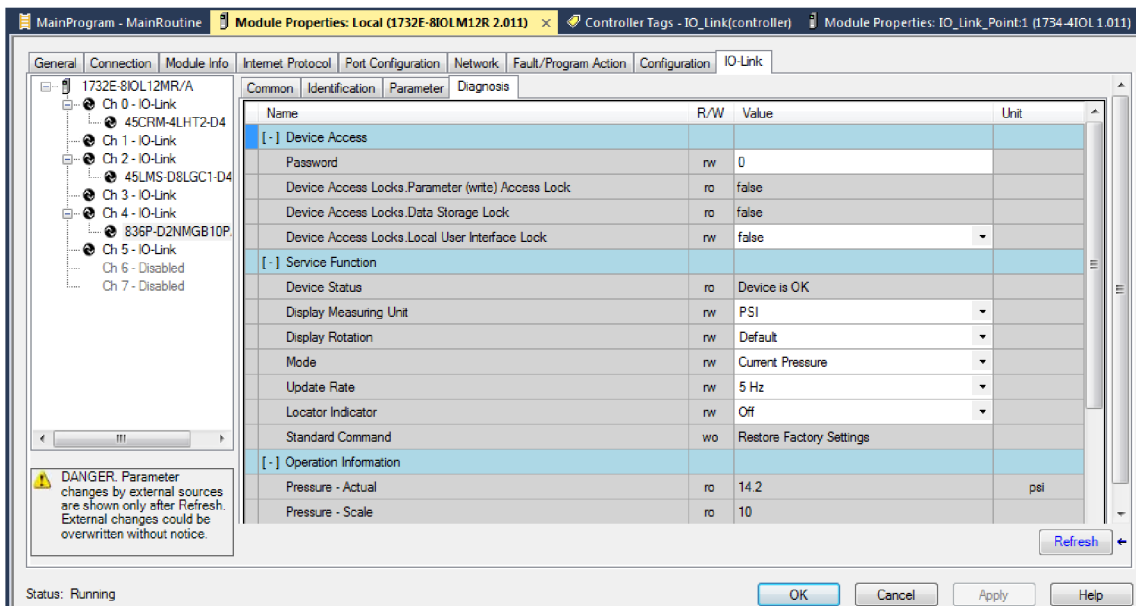
Obr. 28 Doporučený způsob instalace snímače 836P [10]



Obr. 29 Zapojení výstupu snímače 836P [10]



Obr. 30 Studio 5000 - základní informace o snímači 836P



Obr. 31 Studio 5000 - diagnostické a servisní funkce pro snímač 836P

4.3.7 Porovnání použitých senzorů

Tab. 6 Porovnání vlastností optických snímačů

Senzor	45LMS	45CRM	42JT
Atribut			
Operační napětí	18–30 V DC	18–30 V DC	10–30 V DC
Proudová spotřeba	≤70 mA	≤60 mA	≤30 mA
Světelný zdroj	Laser Class1 660nm	3 LED (červená, zelená, modrá)	Viditelné červené 660nm
Měřitelná vzdálenost	0.2 – 8 m	11 mm ±2 mm	0.1 – 6 m
Operační teplota	-30 - 50°C	-20 - 60°C	-20 - 60°C
Čas odezvy	10 ms	40 μs	0.5 ms

Tab. 7 Porovnání vlastností indukčních snímačů

Senzor	871TM	871FM
Atribut		
Operační napětí	10–30 V DC	10–30 V DC
Zatěžovací proud	<200 mA	<200 mA
Svodový proud	0.1 mA	0.1 mA
Pokles napětí	2 V	2.4 V
Opakovatelnost	5 %	10 %
Hystereze	Typicky 10 %	Typicky 12 %
Pracovní teplota	-2 -70 °C	-25-70 °C
Nárazy	30 g, 11ms	30 g, 11ms
Vibrace	55 Hz, 1mm amplituda, 3 roviny	10-55 Hz, 1mm amplituda, 3 roviny
IO-Link		
Protokol	IO-Link V1.0	IO-Link V1.0
Rozhraní	IO-Link	IO-Link
Mode	COM2 (38.4 kBd)	COM2 (38.4 kBd)
Čas opakování, min	8ms	10,4ms
SIO (Standard I/O)	Podporováno (pin 4 pro IO- Link nebo SIO)	Podporováno (pin 4 pro IO-Link nebo SIO)

5 REALIZACE

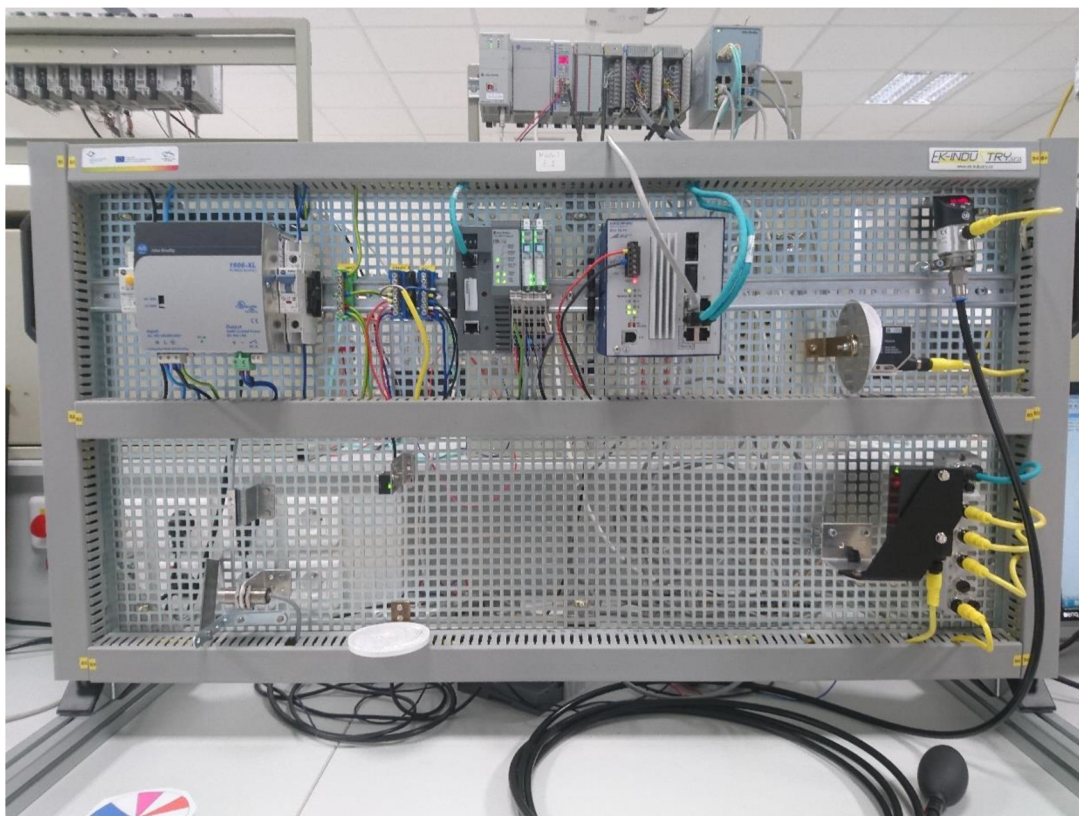
5.1 Panel

Výsledný panel bez hliníkového rámu má rozměr 55x94 cm s rámem 61x100 cm. Po obvodu panelu a vodorovně středem jsou umístěny kabelové lišty.

5.1.1 Uchycení snímačů k panelu

Snímače jsou k panelu uchyceny pomocí na míru vyráběných úhelníků a úchytů. Jednotlivé úhelníky jsou vytvořeny z hliníkového plechu o tloušťce 3 mm nebo ocelového plechu o tloušťce 0,7 mm.

Indukčností snímač 871FM je uchycen pomocí ocelového úhelníku 30x15x0,7 mm. Indukčností snímač 871TM je uchycen pomocí hliníkového úhelníku 55x30x3 mm s otvorem o průměru 18 mm. Optický snímač barev 45CRM je uchycen pomocí hliníkového úhelníku 50x39x3 mm. Laserový snímač 45LMS je uchycen pomocí hliníkového úhelníku 100x30x3 mm a úhelníku dodaného výrobcem 45LMS-BKT1. Snímač tlaku je k panelu uchycen pomocí kovové objímky a metrického šroubu. Optická závora 42JT je uchycena pomocí úhelníku dodaného výrobcem 60-BJT-L2.

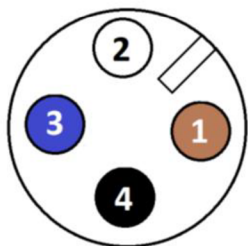


Obr. 32 Vzhled dokončeného panelu

5.1.2 Napájení

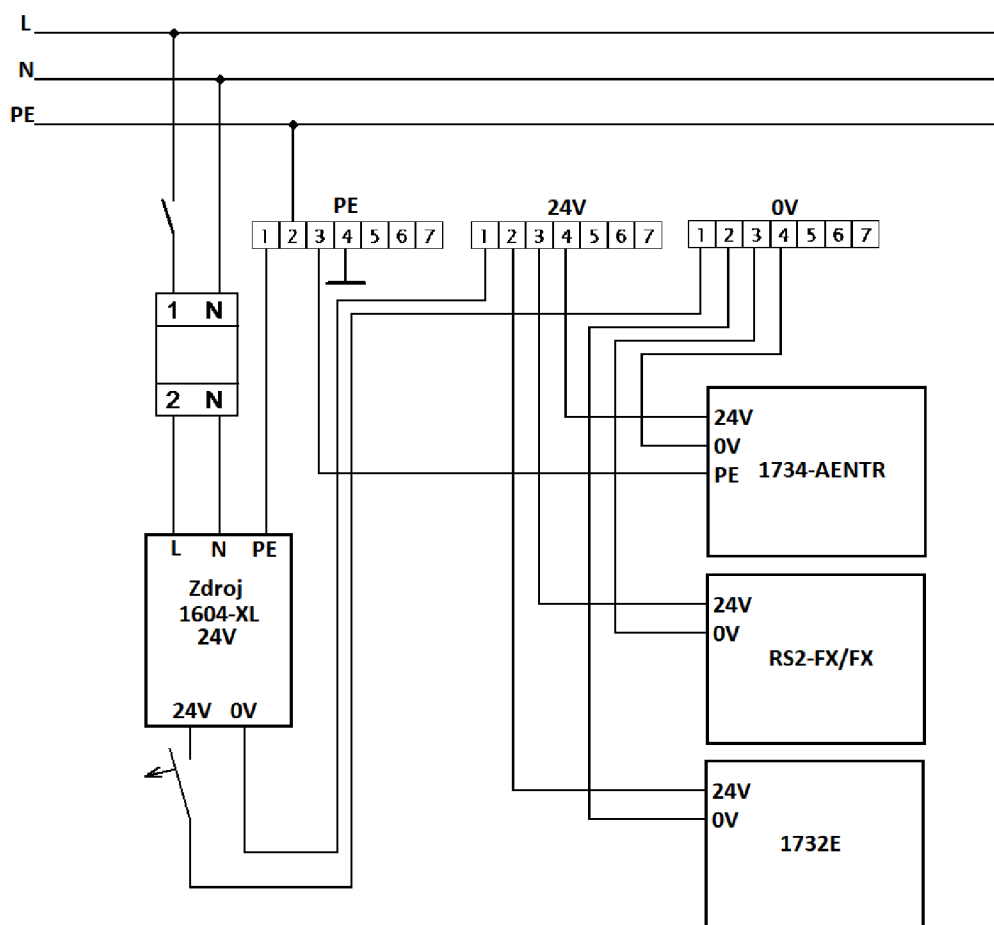
Všechna zařízení osazená na panelu vyžadují napájení stejnosměrným proudem a napětí 24 V. Napájení je realizováno pomocí zdroje 1606-XL od firmy Allen-Bradley s výkonem 200 W a maximálním proudem 8 A. Před zdrojem je použit proudový chránič 1492-RCD2C40 od firmy Allen-Bradley. Na větvi 24 V je použit jistič 1489-A od firmy Allen-Bradley s hodnotami maximálního napětí 48 V DC, 277 V AC a proudem 10 A. Rozvody jsou řešeny lankovými kabely zakončenými dutinkami a uchycenými ve svorkovnicích na DIN liště. Všechny kovové části panelu jsou uzemněny. Modul 1732E je připojen pomocí kabelu 889D-M4AC, který je na jedné straně zakončen zástrčkou konektoru M12 a na straně druhé čtveřicí volných vodičů. Zapojení je provedeno podle náčrtu viz Obr. 26 a polarita jednotlivých vodičů podle Tab. 7.

Tab. 8 Polarita a barvy vodičů u kabelu s konektorem M12



Vodič	Účel	Polarita	Barva
1	Aux	24 V	Hnědá
2	Modul	24 V	Bílá
3	Modul	0 V	Modrá
4	Aux	0 V	Černá

Obr. 33 Zapojení vodičů pro konektor M12



Obr. 34 Zapojení napájení jednotlivých komponentů na panelu

5.1.3 Kabely použité pro snímače a master moduly

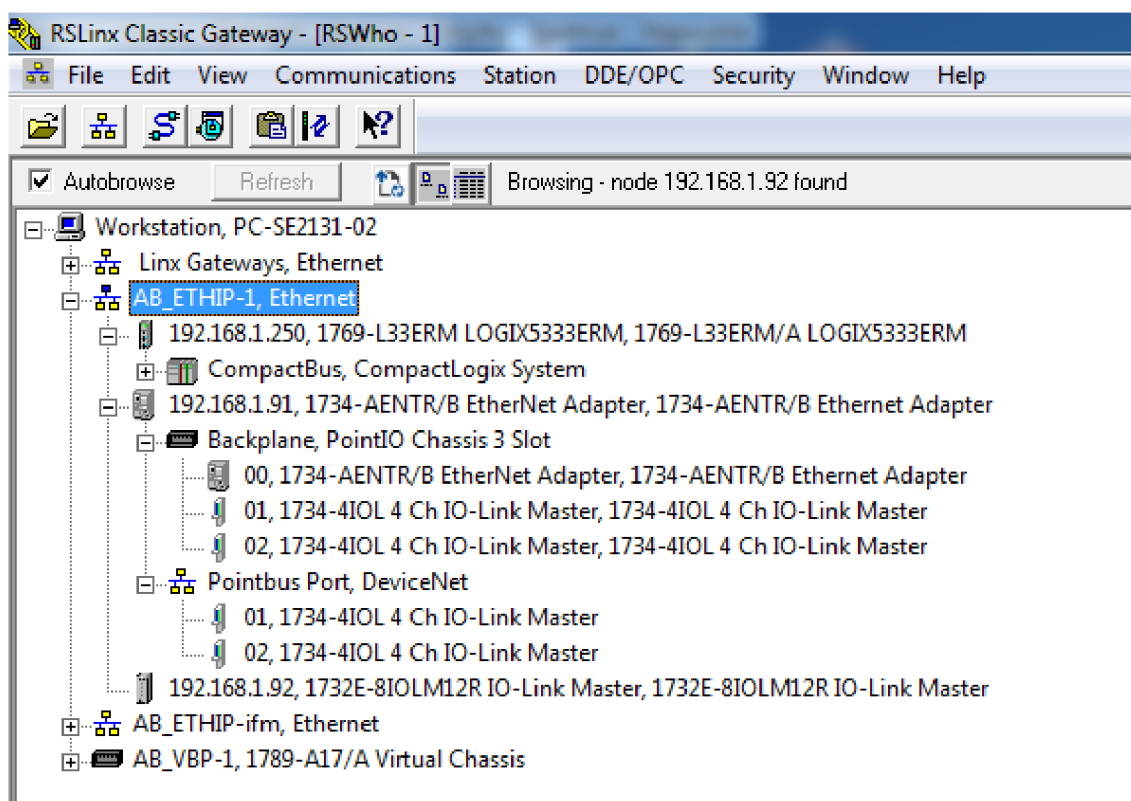
Pro propojení snímačů 45CRM, 45LMS a 871P s master modulem 1732E jsou použity kabely 889D-F4ACDM s konektorem M12 na obou koncích. Snímače 871TM, 871FM a 42JT připojené do master modulů 1734-4IOL jsou připojeny kabely, které jsou součástí jejich pouzder. Pro propojené master modulu 1732E se switchem je použit kabel 1585D-M4TBJM a pro Adaptér POINT I/O 1734-AENTR je použit ethernetový kabel 1585J-M8TBJM.

6 SOFTWAREVÉ ŘEŠENÍ

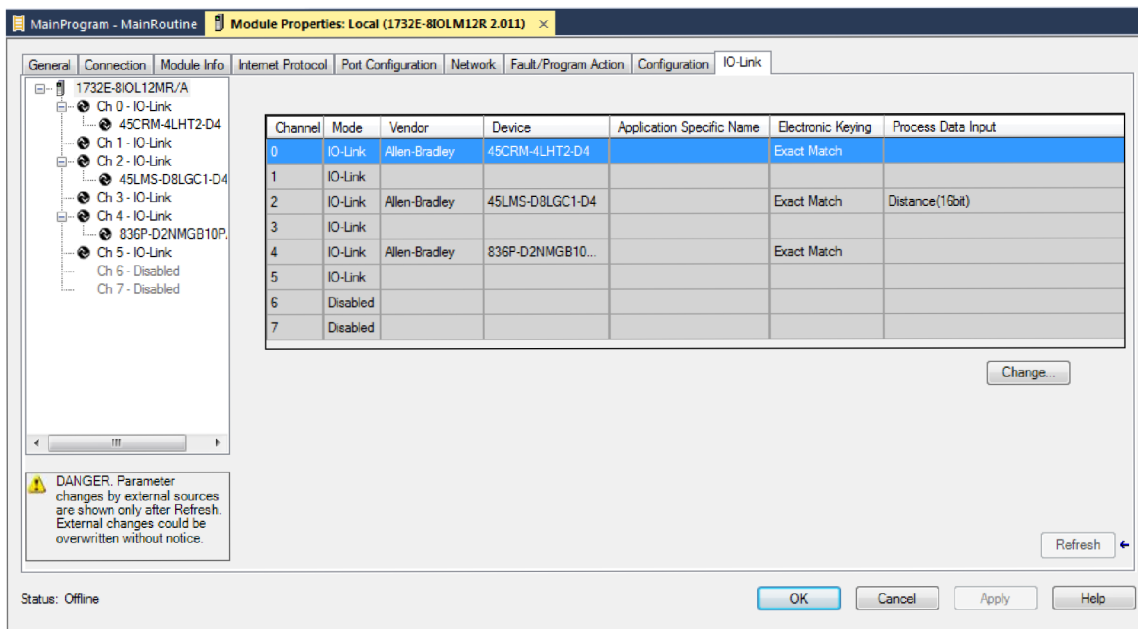
6.1 Konfigurace zařízení

Prvotní konfigurace hardwaru je řešena pomocí programu RSLinx. IP adresy distribuovaných komunikačních modulů jsou nastaveny manuálně na každém modulu zvlášť. Komunikační modul pro Ethernet/IP 1734-AENTR má IP adresu 192.168.2.91, jeho konfigurace obnášela nastavení počtu přídatných karet, do kterých jsou zapojeny IO-Link master moduly 1734-4IOL. V modulech 1734-4IOL se nastavilo kolik bude připojených IO-Link kompatibilních zařízení. IO-Link master modul 1732E-8IOLM12R má IP adresu 192.168.1.92.

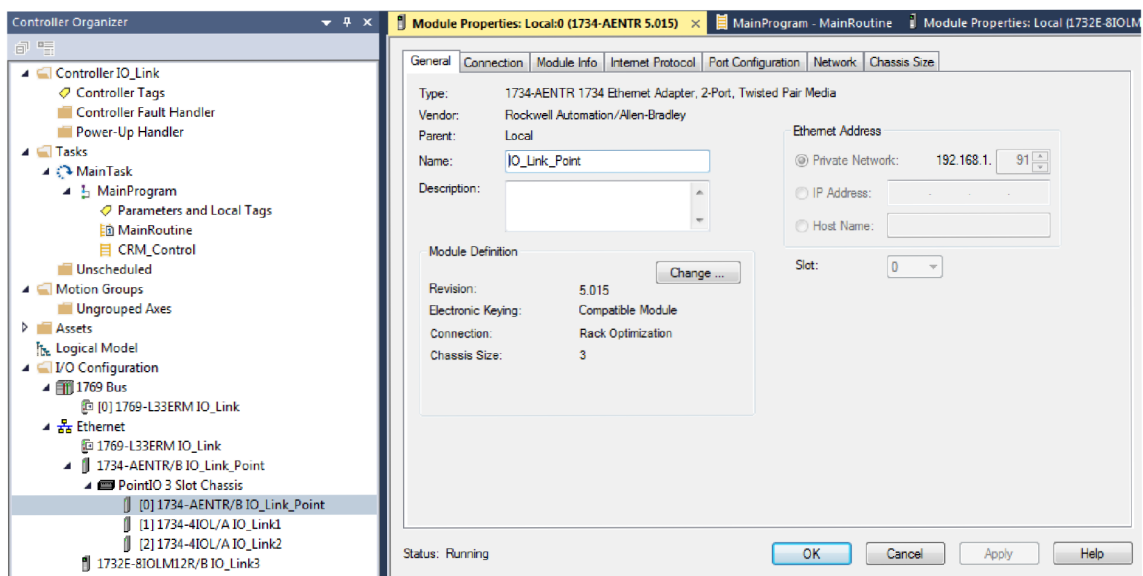
Konfigurace zařízení typu IO-Link Slave byla řešena přes Studio 5000.



Obr. 35 RSLinx - stromová struktura použitých zařízení



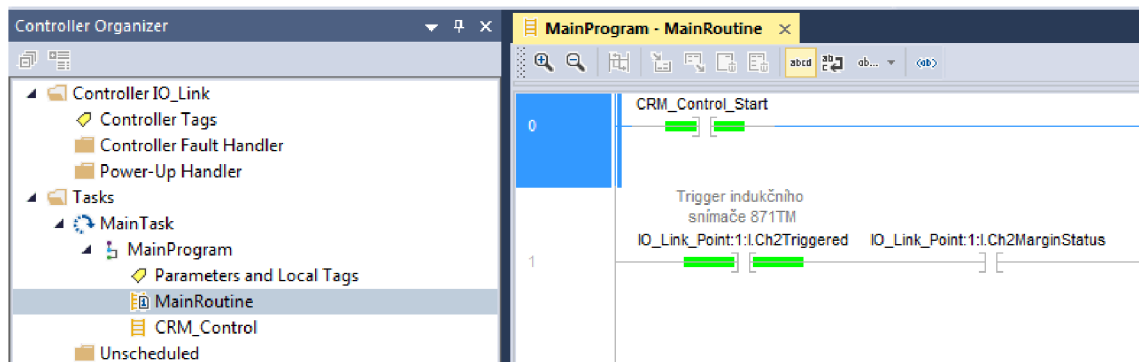
Obr. 36 Studio 5000 - stromová struktura konfigurace IO-Link modulů pro 1732E-8IOLM12R



Obr. 37 Studio 5000 - konfigurace komunikačního modulu pro Ethernet/IP 1734-AENTR

6.2 Program PLC

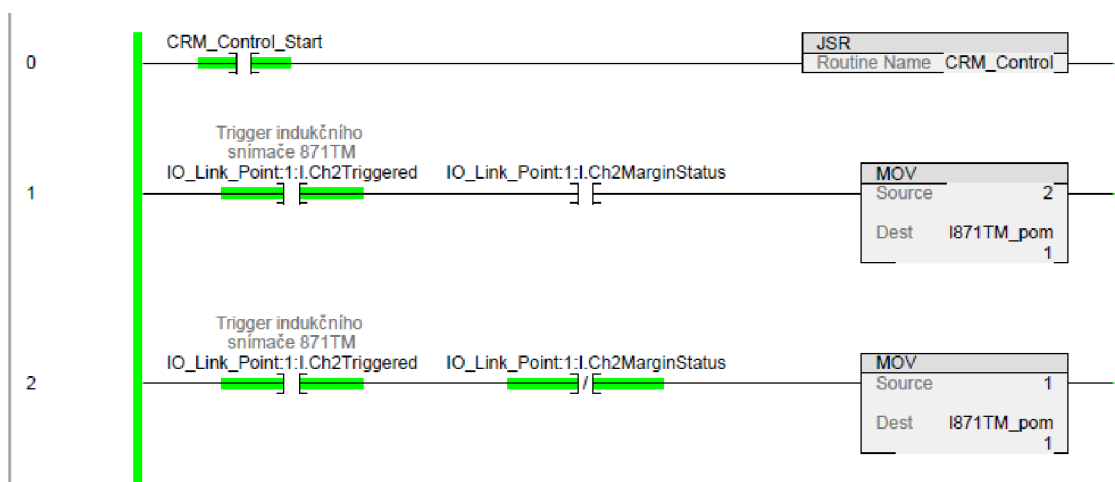
Program je spuštěn na PLC od firmy Allen-Braedley, 1769 - L33ERM/A LOGIX5333ERM s firmwarem v revizi 31.011. Jeho IP adresa je 192.168.1.250 a je s panelem spojeno přes Ethernet/IP přes switch Hirschmann RS2-FX/FX. Program je vytvořen v prostředí Studio 5000 Logix Designer od firmy Rockwell Automation Technologies, Inc. Program je napsán v grafickém jazyce PLC Ladder diagram a skládá se z hlavního programu MainProgram a podprogramu CRM_Control.



Obr. 38 Struktura Tasks - MainProgram

6.2.1 MainProgram

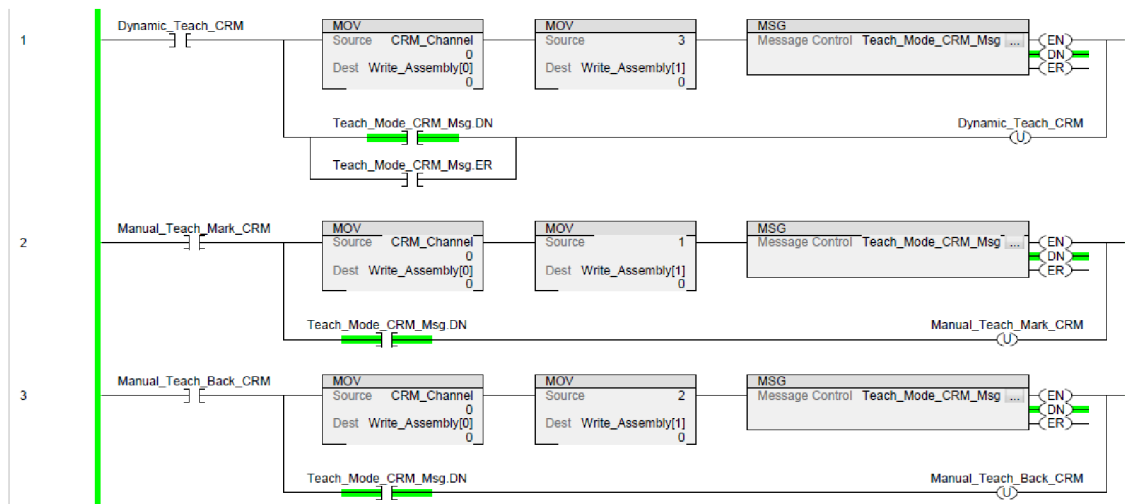
Hlavní program obsahuje několik pomocných funkcí pracujících se signály z indukčních snímačů 871TM a 871FM. Dané indukční snímače mají výstupy Trigger a Margin. V případě zaznamenání překážky v oblasti detekční vzdálenosti mezi 80-100 % je sepnut bit Trigger, pokud je překážka ve vzdálenosti pod 80 % je sepnut i bit Margin. Funkce v hlavním programu upravují pomocné proměnné pro vizualizaci hodnotami od 0 do 2 podle toho, v jakém místě detekční oblasti se překážka nachází.



Obr. 39 Úryvek Ladder diagramu pro MainProgram

6.2.2 CRM_Control

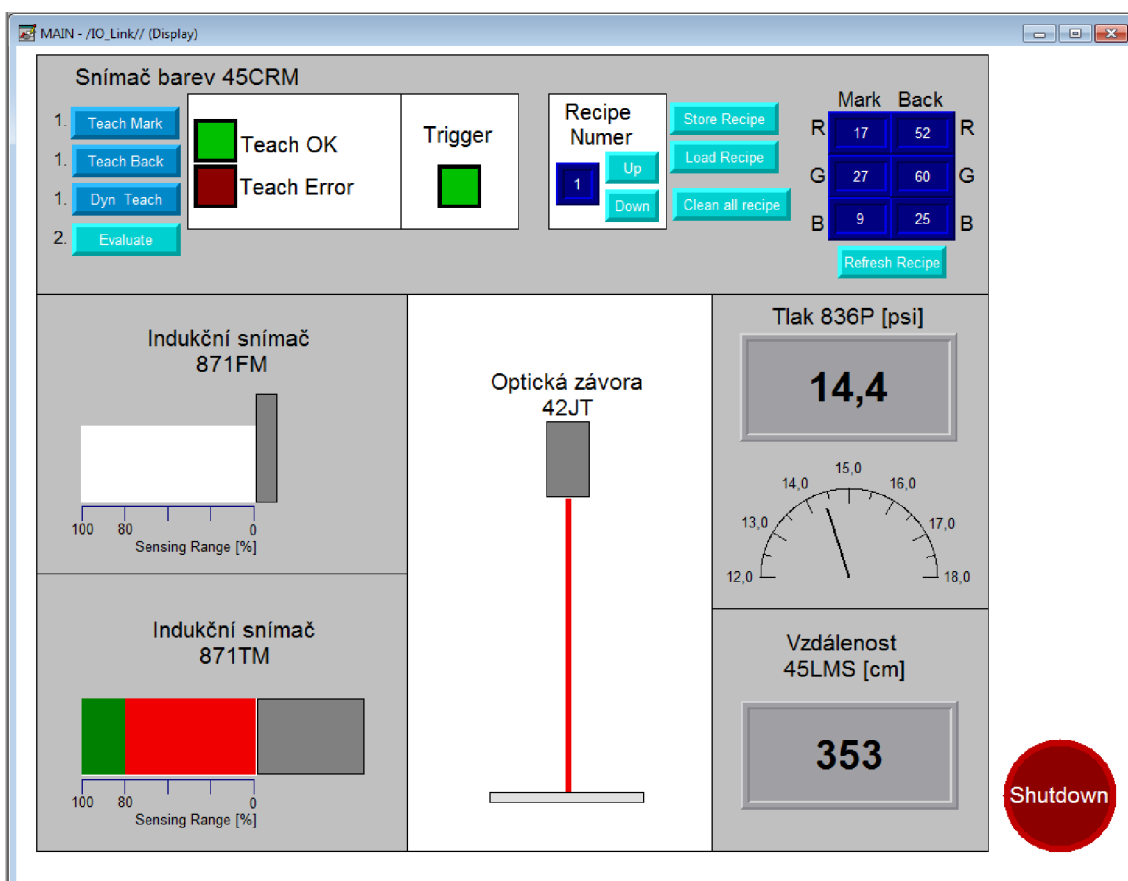
V podprogramu CRM Control jsou zpracovávány příkazy pro optický snímač barev 45CRM, jsou zde řešeny funkce pro zvolení snímacího režimu (Dynamic_teach_CRM, Manual_Teach_Mark_CRM, Manual_Teach_Back_CRM), soubor funkcí pro uložení zaznamenaných RGB hodnot značky a pozadí do pole v paměti PLC pro pozdější použití (Read_Mark_Colors_CRM, CRM_Recipe_store) a funkce pro opětovné načtení uložených hodnot do snímače (Write_Mark_Colors_CRM). Dále obsahuje i funkci pro smazání všech uložených hodnot (Clear_Profiles_Colors).



Obr. 40 Úryvek Ladder diagramu pro CRM_Control

6.3 Vizualizace

Vizualizace k projektu byla realizována v programu Factory Talk View Studio. Obrazovka se skládá ze dvou hlavních částí. Horní, která slouží pro ovládání optického snímače 45CRM, a spodní, která slouží pro zobrazení hodnot z ostatních snímačů. V pravém spodním rohu se nachází tlačítko na vypnutí vizualizace.



Obr. Vizualizace laboratorní úlohy

6.3.1 Optický snímač 45CRM

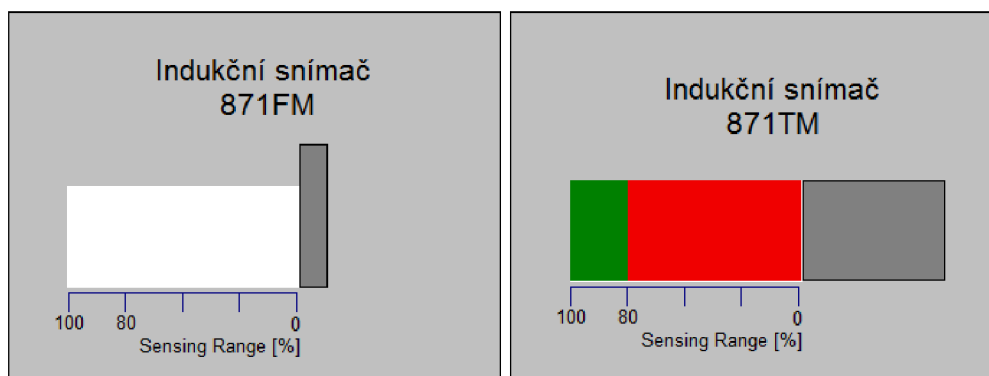
Tato sekce je složena ze dvou skupin tlačítek a indikátorů. V levé části jsou umístěny tlačítka sloužící pro přepínání snímacích režimů a kontrolek zobrazujících stav učení a bit Trigger, který je v sepnutém stavu v případě, že snímač vyhodnotí shodu s naučenou hodnotu značky nebo pozadí. V pravé části jsou umístěny tlačítka pro ukládání naučených hodnot do 5 předpřipravených polí v paměti PLC a jejich opětovnému načtení do snímače. V téhle části je také tlačítko a display pro zobrazení aktuálních hodnot RGB značky a pozadí uložených ve snímači.

Tab. 9 Funkce tlačítek vizualizace pro snímač 45CRM

Tlačítko	Bit v programu	Funkce
Teach Mark	Manual_Teach_Mark_CRM	Nastaví snímač do režimu reakce na značku a uloží její barevnou RGB hodnotu
Teach Back	Manual_Teach_Back_CRM	Nastaví snímač do režimu reakce na pozadí a uloží jeho barevnou RGB hodnotu
Dyn Teach	Dynamic_Teach_CRM	Přepne snímač do režimu dynamického učení, kdy detekuje značky
Evaluate	Evaluate_CRM	Potvrdí provedené změny v režimu učení
Up/Down	Recipe_Number	Nastavuje číslo pole s hodnotami značky a pozadí pro jejich uložení nebo načtení
Store Recipe	Read_Mark_Colors_CRM	Uloží hodnoty značky a pozadí ze snímače do pole v paměti
Load Recipe	Write_Mark_Colors_CRM	Uloží hodnoty značky a pozadí z pole v paměti do snímače
Clean all recipe	Clear_Profiles_Colors	Smaže všechny uložené hodnoty značek a pozadí
Refresh Recipe	Refresh_Mark_Colors_CRM	Zobrazí aktuální RGB hodnoty značky a pozadí uložené ve snímači

6.3.2 Indukčnostní snímače 871TM a 871FM

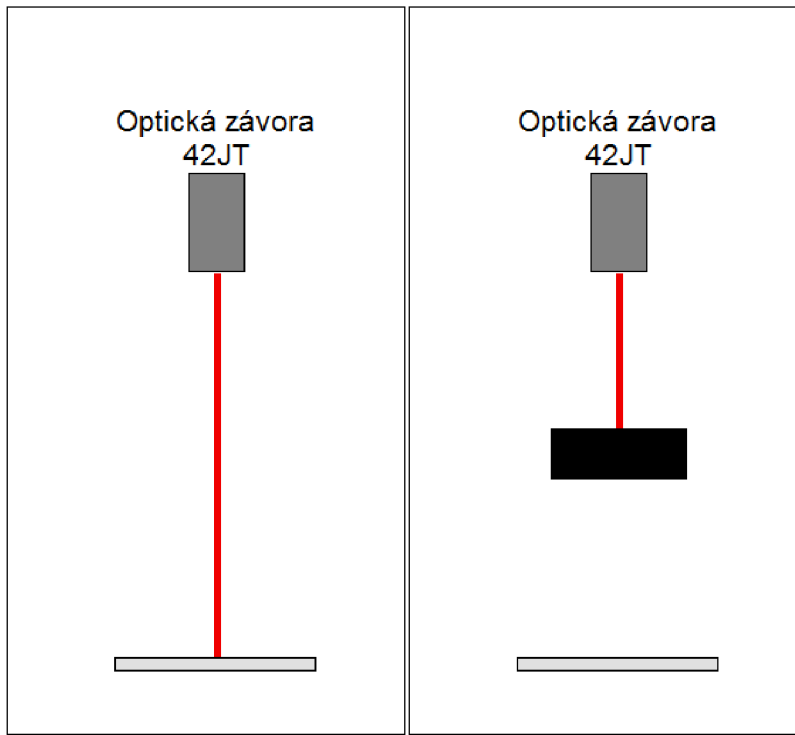
Pomocí barevných ploch zobrazuje, jestli se detekovaný předmět nachází v rozmezí od 80-100 % - zelená barva, nebo v oblasti pod 80 % detekční vzdálenosti snímače - červená společně se zelenou plochou.



Obr. 41 Vizualizace pro indukčnostní snímače – detail

6.3.3 Optická závora 45JT

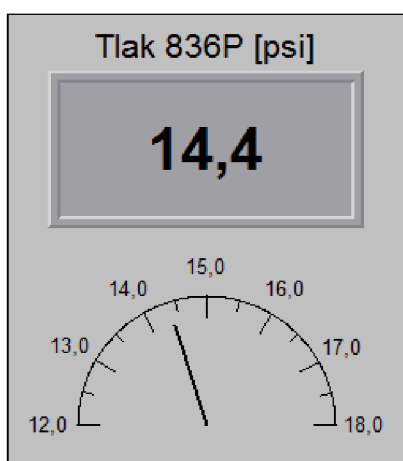
Ve vizualizaci je znázorněn paprsek mezi odrazkou a snímačem, v případě přerušení paprsku se zde zobrazí překážka.



Obr. 42 Vizualizace detekce překážky snímačem 42JT – detail

6.3.4 Tlakový snímač 836P

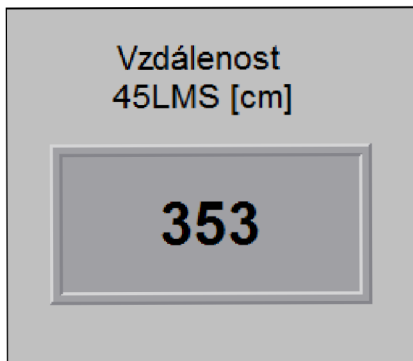
Segment vizualizace pro snímač tlaku 836P se skládá z části s digitálním displejem a ručičkovým ukazatelem. Tlak je zobrazován v librách na čtvereční palec [psi], snímač hodnotu poskytuje v podobě bez desetinné čárky, úprava probíhá až ve vizualizaci.



Obr. 43 Vizualizace měření tlaku – detail

6.3.5 Laserový snímač vzdálenosti 45LMS

Měřená vzdálenost je zobrazována na digitálním displeji v centimetrech [cm], tedy v podobě, v jaké ji snímač poskytuje.



Obr. 44 Vizualizace měření vzdálenosti – detail

7 VZOROVÉ ZADÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY

Zadání

Na modelovém panelu naprogramujete a otestujete vlastnosti jednotlivých snímačů podporující komunikační standard IO-Link.

Úkoly

1. U indukčnostního snímače 871TM určete pro několik měřených vzdáleností reakce na různé kovové materiály. V případě snímače 871FM ověřte reakce na stejné materiály už jen pro jednu měřenou vzdálenost.
2. Pomocí ručního měřicího přístroje (např. svinovací metr) a stínítka otestujte měření vzdálenosti laserovým snímačem 45LMS.
3. Ověřte funkčnost snímače tlaku 836P pomocí ručního balónku.
4. Nastavte snímač 45CRM na konkrétní barvu v různých režimech a ověřte jeho reakce na ostatní barvy.
5. Ověřte reakci optické závory 42JT na překážku vloženou do dráhy mezi paprsek a odrazku.

8 VYPRACOVÁNÍ LABORATORNÍ ÚLOHY

V téhle části práce jsou vypsány výsledky získané při testování jednotlivých snímačů.

8.1 Indukčnostní snímače 871TM a 871FM

U Indukčnostního snímače 871TM byly testovány reakce na materiály jako hliník, mosaz a ocel. Testování probíhalo pro tři vzdálenosti 2 cm, 2,5 cm a 3 cm a kontrolovalo se sepnutí bitů Trigger a Margin v závislosti na použitém materiálu a vzdálenosti. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 10 společně se vzdálenostmi, od kterých byl snímač schopen zaregistrovat daný materiál.

Tab. 10 Tabulka výsledků testování snímače 871TM

Materiál	Vzdálenost kovového materiálu [cm]			Reaguje od [cm]
	2	2,5	3	
Hliník	T+M	T	nic	2,7
Mosaz	T+M	T	nic	2,9
Ocel	T	nic	nic	2,4

Legenda: T – Trigger, M - Margin

Testování indukčnostního snímače 871FM spočívalo v umístění kovového materiálu do vzdálenosti 2,5 mm od těla snímače a zjištění, který z materiálů použitých v předchozí části zaregistruje. V dané vzdálenosti snímač zaregistroval pouze ocel. Hliník a mosaz začal snímač detekovat až od vzdálenosti 2,3 mm.

8.2 Laserový snímač vzdálenosti

Testování laserového snímače vzdálenosti probíhalo porovnáním naměřených vzdáleností stínítka získaných pomocí snímače a jednoduchého svinovacího metru. Výsledky jsou uvedeny v Tab. 11. Měřeny byly vzdálenosti 5, 10, 15, 20, 30 cm a výsledky ukazují stejné hodnoty pro metr i snímač. Nejkratší vzdálenost měřitelná snímačem byla pro stínítka vzdálené 4 cm od snímače, i když v dokumentaci snímače je jako nejkratší vzdálenost uvedeno 20 cm.

Tab. 11 Porovnání hodnot ze snímače 45LMS

Metoda	Vzdálenost [cm]				
45LMS	5	10	15	20	30
Metr	5	10	15	20	30

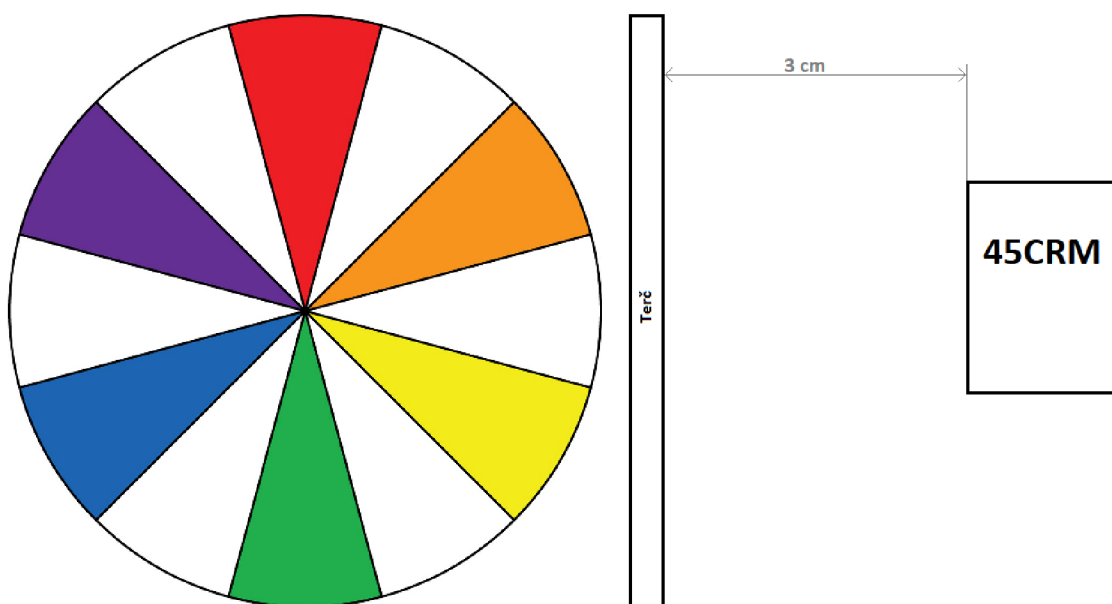
Minimální vzdálenost měřená pomocí 45LMS je 4 cm

8.3 Snímač tlaku 836P

Testování snímače probíhalo pomocí ručního balonku spojeného se snímačem hadičkou. Tlak měřený bez připojeného balonku byl 14,4 psi. Po stlačení ručního balonku bylo možné vyvinout tlak až 17,8 psi. Při vypuštění vzduchu a následném připojení balonku ke snímači se podařilo vytvořit podtlak - tlak 12,7psi.

8.4 Snímač barev 45CRM

Snímač byl testován na barevném terči o průměru 9 cm s vyobrazeními primárními barvami (žlutá, modrá, červená), sekundárními barvami (zelená, fialová, oranžová) a bílým pozadím.



Obr. 45 Vzhled testovacího terče pro snímač 45CRM a jeho pozice vůči snímači

8.4.1 Terč ve vzdálenosti 3 cm od snímače

V režimu, kdy je rozdíl mezi pozadím a značkou vyhodnocován snímačem automaticky (Dynamic Teach), detekuje snímač všechny barvy kromě žluté.

V režimu, kdy je snímač nastaven na detekci pozadí (Teach Background), detekuje všechny barvy kromě žluté.

V režimu, kdy je snímač nastaven na detekci značky (Teach Mark), jsou detekované barvy podle Tab. 8. Výsledky v tabulce mohou souviset s tím, že testovací terč byl vytištěn na běžné tiskárně, což mohlo způsobit odchylky v získaných datech.

Tab. Výsledky detekce barev snímačem 45CRM pro terč ve vzdálenosti 3 cm

Detekovaná	Žlutá	Zelená	Modrá	Fialová	Červená	Oranžová	Bílá	Barva světla
Naučená								
Žlutá	x	x		x	x	x		Modrá
Zelená		x	x	x				Červená
Modrá		x	x	x				Červená
Fialová		x	x	x	x	x		Zelená
Červená		x	x	x	x	x		Zelená
Oranžová		x	x	x	x	x		Zelená
Bílá		x	x	x	x	x		Zelená

8.4.2 Terč ve vzdálenosti 1 cm od snímače

Při dané vzdálenosti se nepodařilo zaznamenat značku ani pozadí v žádném z režimů.

8.5 Optická závora 42JT

Testování optické závory 42JT probíhalo pomocí vložení nereflexního předmětu mezi snímač a odrazku. Po vložení předmětu do dráhy laserového paprsku se sepne bit Trigger.

9 ZÁVĚR

V první části práce jsem popsal základní vlastnosti průmyslové sítě IO-Link, rozdíly mezi zařízeními Mater a Slave společně se základním popisem jednotlivých logických vrstev obsažených v každém ze zařízení. Je zde popsán způsob komunikace mezi zařízeními Mater a Slave.

Ve druhé části práce se věnuji teoretickému návrhu demonstračního panelu a popisu snímačů a master zařízení od firmy Allen-Bradley dostupných v laboratoři. O každém ze zařízení je přidán stručný popis jeho využití a vlastností. Následuje porovnání parametrů některých snímačů mezi sebou.

Ve třetí části práce je popsána realizace demonstračního panelu s popisem uchycení snímačů a ostatních zařízení na panelu společně s nákresem a popisem kabelových rozvodů. Výsledný panel odpovídá, až na pár detailů, teoretickému návrhu z předcházející části práce.

Programové řešení je realizováno v softwaru od firmy Rockwell Studio 5000 a napsáno v jazyce Ladder diagram. Vizualizace je vytvořena v softwaru Factory Talk View Studio od téže firmy. Rozložení jednotlivých prvků vizualizace je inspirováno skutečným rozložením demonstračního panelu.

Na závěr práce je uvedeno zadání vzorové laboratorní úlohy a zaznamenané výsledky z testování jednotlivých snímačů.

Během řešení práce mě zaujali možnosti optického snímače barev 45CRM, který umožňuje manuální, respektive softwarové zadání hodnot RGB pro značku i pozadí a dal by se tak využít například ke kontrole definované barevnosti výrobků.

Literatura

- [1] *IO-Link Community: IO-Link Interface and System Specification V 1.1.3.*, online: https://io-link.com/share/Downloads/Spec-Interface/IOL-Interface-Spec_10002_dV113_Sep18.pdf, staženo: 14.1.2019
- [2] *ArmorBlock I/O 8 Channel IO-Link Master Module*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1732e-um007_-en-e.pdf, staženo: 14.10.2019
- [3] *1734 POINT I/O and 1738 ArmorPOINT I/O Dual Port EtherNet/IP Adapters*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1734-um017_-en-e.pdf, staženo: 14.10.2019
- [4] *POINT I/O 4 Channel IO-Link Master Module*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1734-um020_-en-e.pdf, staženo: 14.10.2018
- [5] *Long-range Inductive Sensors with IO-Link Interface*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/871tm-um002_-en-p.pdf, staženo 3.11.2018
- [6] *871FM Inductive Sensors with IO-Link Interface*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/14.10.2018m/871fm-um001_-en-p.pdf, staženo: 14.10.2018
- [7] *45LMS Laser Measurement Sensor with IO-Link Interface*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/45lms-um001_-en-p.pdf, staženo: 3.11.2018
- [8] *Color Registration Mark Sensor with IO-Link Interface*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/45crm-um001_-en-p.pdf, staženo: 14.10.2018
- [9] *VisiSight Photoelectric Sensors with IO-Link Interface*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/42jt-um001_-en-p.pdf, staženo: 3.11.2018
- [10] *Solid-state Pressure Switches with IO-Link*, online: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/836p-um001_-en-p.pdf, staženo: 14.10.2018
- [11] *IO-Link Community: IO-Link Interface and System Specification V 1.1.3.*, online: http://www.io-link.com/share/Downloads/Spec-Interface/IOL-Interface-Spec_10002_V112_Jul13.pdf, staženo: 6.9.2018

Seznam zkratek

PSI	-	Libra síly na čtverečný palec
PHY	-	Fyzická vrstva
AL	-	Aplikační vrstva
DLL	-	Datová linková vrstva
PLC	-	Programovatelný logický automat
SM	-	Řízení systému, System Management
PD	-	Procesní data
OD	-	Data na vyžádání
UART	-	Universal asynchronous receiver-transmitter
SIO	-	Standartní IO režim
IO,I/O	-	Vstup/Výstup

Seznam příloh na CD

Příloha 1. Zdrojové texty

Příloha 2. Fotodokumentace

Příloha 3. Vizualizace