

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F2

Fakulta strojní
Ústav přístrojové a řídicí techniky

Využití RFID technologie v průmyslové automatizaci

Adéla Fialová

Vedoucí: Mgr. Ing. Jakub Jura, Ph.D

Obor: Automatizační a přístrojová technika

Studijní program: Teoretický základ strojního inženýrství

Únor 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Fialová** Jméno: **Adéla** Osobní číslo: **483226**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav přístrojové a řídicí techniky**
Studijní program: **Strojní inženýrství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití RFID technologie v průmyslové automatizaci

Název bakalářské práce anglicky:

RFID technology in industrial automation

Pokyny pro vypracování:

- 1) Teoreticky zpracovat fyzikální a elektrotechnické základy RFID technologie
- 2) Shrnout současná technická řešení pro RFID v průmyslu
- 3) Zprovoznit laboratorní úlohu využívající RFID set RF186CI
- 4) Vytvořit návod / dokumentaci na zapojení a práci s RF186CI

Seznam doporučené literatury:

- [1] SIMATIC Ident / RFID systems operating instructions. 04/2020 C79000-G8976-C512-03.
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/632/109781632/att_1029840/v1/BA_RF18xC-RF18xCI_76_en-US.pdf
[2] Oliver P. Günther, Wolfhard Kletti, Uwe Kubach, RFID in Manufacturing, Springer, Germany, 2008

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Mgr. Jakub Jura, Ph.D. U12110.3

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **27.10.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16.02.2024**

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Ing. Mgr. Jakub Jura, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Tomáš Vyhlídal, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu práce panu doktoru Jakobovi Jurovi za kvalitní vedení, cenné rady a příjemnou spolupráci při zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat svým nejbližším, kteří mě podporovali při mém studiu.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a všechny použité informační zdroje jsem uvedla v souladu s Metodickým pokynem o etických zásadách psaní akademických prací.

V Praze, 16. února 2024

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou radiofrekvenční identifikace a jejího využití v průmyslových aplikacích. V teoretické části práce je vysvětlen princip technologie z fyzikálního a elektrotechnického hlediska. Dále jsou shrnuty možnosti využití technologie v průmyslové praxi. Praktická část práce je věnována návodu zapojení a následnému zpracování modelové laboratorní úlohy, která demonstruje způsob aplikace technologie.

Klíčová slova: RFID, automatizace, PLC, SCADA, TIA portál, transpondér, čtečka

Vedoucí: Mgr. Ing. Jakub Jura, Ph.D
12110 - Department of Instrumentation and Control Engineering,
Technická 4,
Praha 6

Abstract

The bachelor thesis deals with the issue of radio frequency identification and its use in industrial applications. The theoretical part of the thesis explains the principle of the technology from the physical and electrical engineering point of view. Furthermore, the possibilities of using the technology in industrial practice are summarized. The practical part of the thesis is devoted to assembly instructions and subsequent processing of a model laboratory task that demonstrates the application of the technology.

Keywords: RFID, automatization, PLC, SCADA, TIA portal, transponder, reader

Title translation: RFID technology in industrial automation

Obsah

1 Úvod	1		
2 Fyzikální a elektrotechnické parametry RFID	2		
2.1 Základní fyzikální princip	2		
2.2 Hardware	4		
2.2.1 Tag	5		
2.2.2 Čtečka	12		
2.3 Přenos dat mezi transpondérem a čtečkou	15		
2.3.1 Průmyslové standardy	15		
2.3.2 Komunikace mezi tagem a čtečkou	17		
3 Současná technická řešení RFID v průmyslu	20		
3.1 Automobilový průmysl	20		
3.1.1 Imobilizér	21		
3.1.2 Řízení zásob a flexibilní výroba	21		
3.2 Výroba a logistika	22		
3.2.1 Dodávka surových hmot	23		
3.2.2 Výrobní proces	23		
3.2.3 Skladování	24		
3.3 Dopravní průmysl	24		
3.3.1 Automatická identifikace vozidel	24		
3.3.2 Výběr mýtného	25		
3.3.3 Kontrola přístupu	25		
4 Praktická část	26		
4.1 Návod na sestavení technologie	26		
4.1.1 Volba komponent	27		
4.1.2 Fyzické a softwarové propojení komponent	30		
4.2 Zprovoznění laboratorní úlohy	38		
4.2.1 PLC program	39		
4.2.2 SCADA	47		
4.2.3 Pracovní cyklus pracoviště	50		
5 Závěr	53		
A Literatura	54		



Obrázky

2.1 Elektromagnetické spektrum[1] ..	3	4.3 Základní schéma zapojení, upraveno z [11]	30
2.2 Základní schéma RFID technologie[2]	4	4.4 Funkční sestava.....	31
2.3 Způsoby klasifikace tagu [3]	5	4.5 Design komunikačního modulu, upraveno z [11]	32
2.4 Smart label tag [4]	10	4.6 Volba PLC.....	33
2.5 Key tag [5]	10	4.7 Zobrazení PLC ve stromě projektu	33
2.6 Organizace paměti tagu[6]	12	4.8 Specifikace Profinet propojení ..	34
2.7 Způsoby klasifikace čtečky[3] ...	13	4.9 Propojení PLC a IID Device ...	35
2.8 Přenosná čtečka [7]	15	4.10 Připojení čteček k IID Device .	36
2.9 Struktura EPC sítě [8]	16	4.11 Webové rozhraní zapojení.....	37
2.10 Přenosové mechanismy[6]	18	4.12 Přístup k datům uloženým v tagu	38
2.11 Přenos dat mezi čtečkou a tagem [9]	19	4.13 Datové typy týkající se objednávky	39
3.1 Zjednodušené schéma využití RFID v logistických procesech společnosti Volkswagen AG [10]...	23	4.14 Vlastnosti datového bloku IdentData1	39
4.1 Tag komponenta.....	28	4.15 Definice tagů v laboratorní úloze	40
4.2 Čtecí komponenta	29	4.16 Funkční blok Reset_Reader ...	42
		4.17 Funkční blok Read	43

4.18 Funkční blok Write	47
4.19 Propojení SCADA k s laboratorním PLC	48
4.20 Seznam vybraných proměnných v systému SCADA	48
4.21 Ovládací prostředí laboratorní úlohy	49
4.22 Zobrazení přítomnosti tagu v prostředí myDESIGNER	51
4.23 Schéma pracovního cyklu	52

Tabulky

4.1 Tabulka popisující ovládací prvky obrazovky	50
--	----



Kapitola 1

Úvod

Technologie radiofrekvenční identifikace (RFID) se stala všudypřítomným řešením v širokém spektru průmyslových odvětví a způsobila revoluci ve způsobu, jakým podniky řídí své operace. Umožňuje bezdrátový přenos dat mezi štítky a čtečkami prostřednictvím rádiových vln. Její důležitost spočívá v mnoha klíčových aspektech, jakými jsou zvýšení efektivity a automatizace procesů, real time tracking, přesná identifikace a sledování objektů, zlepšení zabezpečení, snížení nákladů a minimalizaci ztrát.

Na rozdíl od systémů čárových kódů, QR kódů a NFC nabízí technologie RFID výhody z hlediska efektivity, flexibility a možností ukládání dat. RFID snímání nevyžaduje vizuální kontakt mezi komponentami, což umožňuje bezproblémovou a efektivní výměnu dat na větší vzdálenosti a skrze některé druhy materiálů.

Primárním cílem této bakalářské práce je shrnout fyzikální a elektrotechnické parametry technologie RFID a poskytnout ucelený přehled praktického využití v různých průmyslových odvětvích. Cílem praktické části práce je vytvořit návod na zapojení a zprovoznění technologie a její následné demonstrativní využití ve vybrané modelové aplikaci simulující zásobovací stanici dodavatele materiálů a směsí. Logika modelové úlohy byla naprogramována v TIA Portálu a vizualizace, ovládání a monitoring celého procesu je řízen v programu myDESIGNER společnosti mySCADA.

Kapitola 2

Fyzikální a elektrotechnické parametry RFID

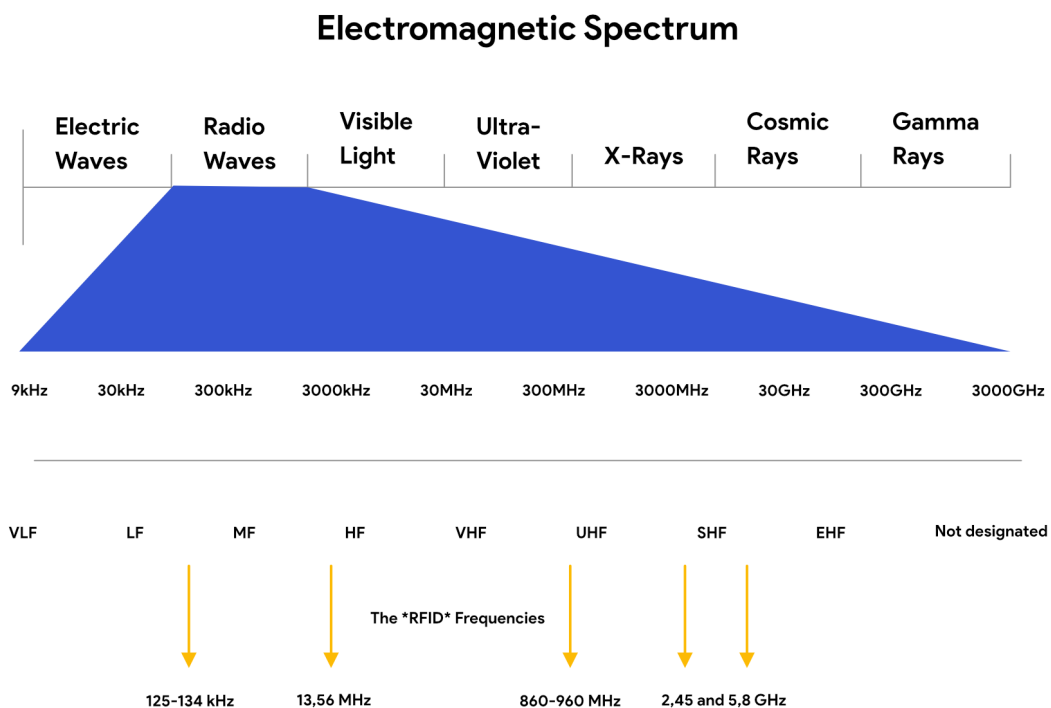
2.1 Základní fyzikální princip

Rádiové vlny jsou druhem elektromagnetického záření, které na spektru frekvencí záření leží v oblasti mezi infračerveným zářením a zářením mikrovlnným. Spektrum elektromagnetického záření sestává z více druhů záření rozdělených do kategorií na základě jejich frekvence. [1]

Elektromagnetické záření se v prostoru šíří příčným vlněním ve směru kolmém na vektory elektrického a magnetického pole, které jsou zároveň kolmé vůči sobě. Přenášená energie vzniká ve zdroji, kterým je měnící se magnetické pole, či kmitající elektrický náboj. Rádiové vlnění, narozdíl od mechanických vln, ke svému šíření nepotřebuje materiálové médium a během svého pohybu samovolně neztrácí energii. Při kontaktu či průchodu materiálem naopak energii ztrácí, odráží se či disipuje v jiné formy energie, například tepelnou. Z toho vyplývá, že pokud vlnění nenarazí na žádnou překážku (ku příkladu ve vakuu), pak se šíří nekonečně dlouho a může tak dosahovat obrovských vzdáleností, na které vlnění můžeme přenášet. Vlnění je charakteristické svou frekvencí, vlnovou délkou, amplitudou a rychlostí šíření, která v prostředí vakua přibližně odpovídá rychlosti světla. Za základní zákony, které popisují charakter elektromagnetické záření, považujeme Maxwellovy rovnice. Ty byly zformulovány v 19. století Jamesem Clerkem Maxwellem. [12]

Rádiové vlny jsou podmnožinou spektra elektromagnetického záření, které má rozpětí 100 KHz až 5,8 GHz. Vlnění je děleno do několika subpásem. Pro účely RFID jsou typicky využívána tři pásma – nízkofrekvenční, vysokofrekvenční a ultra vysokofrekvenční.[1]

Na obrázku 2.1 lze vidět schéma spektra elektromagnetického záření s názorně vyznačenými frekvenčními pásmy, do kterých spadá technologie RFID.



Obrázek 2.1: Elektromagnetické spektrum[1]

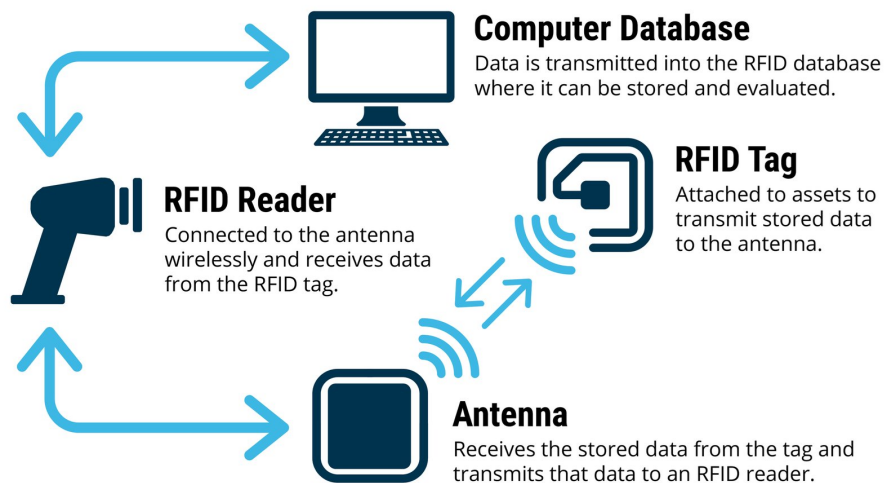
Při návrhu řešení technologie RFID je nutné brát v potaz veškeré aspekty negativně ovlivňující přenos signálu. Šíření signálu brání objekty a materiálová média, které vlnění stojí v cestě. Může docházet k mnohonásobným odrazům, difracím, refrakcím, či disipaci vlnění a přímo tak ovlivnit kvalitu přijímaného signálu. RF signál se v praxi přenáší na různorodé vzdálenosti, v rámci místností či objektů, na velké vzdálenosti probíhá přenos ve volném prostoru například v atmosférických vrstvách. [1]

Rádiové vlnění má široký záběr využití v různých inženýrských a vědeckých oblastech. Mezi vybrané aplikace patří radarové systémy, lokální a satelitní bezdrátová komunikace, telemetrie či radioastronomie.[13]

2.2 Hardware

Technologie RFID se skládá z několika základních fyzických komponent. První komponentou je tag, který slouží k identifikaci objektu, na nějž je umístěn. V paměti tagu se kromě jeho jedinečného ID nachází také další údaje, které do něj byly zapsány. Aby mohl tag být načten, je zapotřebí čtecí komponenty, neboli čtečky. Ta je zodpovědná za navázání komunikace s tagem prostřednictvím signálu, který je vyslán anténou, a následné zpracování dat, které tag čtečky poskytne. Nedílnou součástí technologie je i middleware, vrstva řídicího softwaru, která koordinuje komunikaci mezi hardwarovými komponentami a podnikovými systémy či aplikacemi. [6]

Na obrázku 2.2 lze vidět vyobrazené základní funkční schéma technologie.

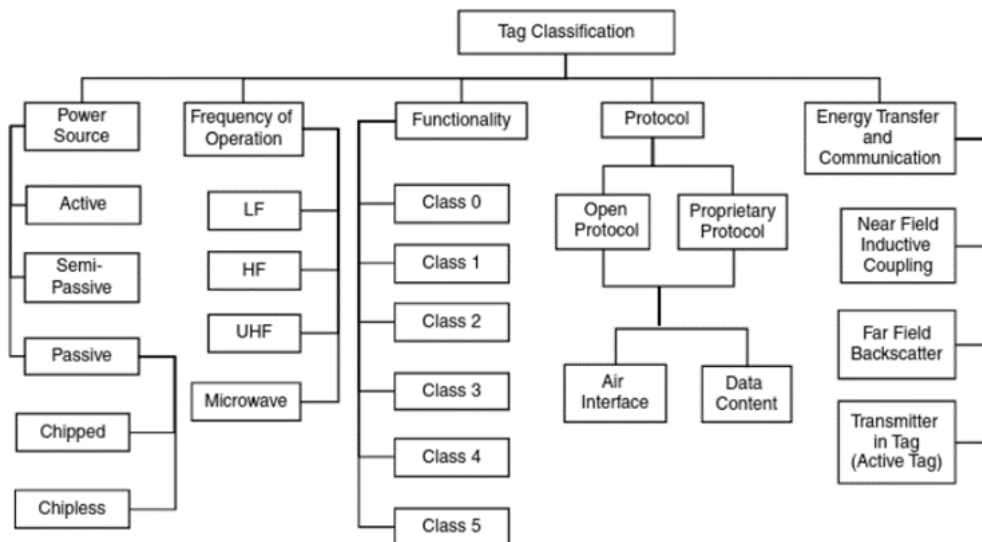


Obrázek 2.2: Základní schéma RFID technologie[2]

2.2.1 Tag

RFID tag, jindy též označován jako transpondér či štítek, je klíčová komponenta složená z malého integrovaného obvodu a k němu připojené antény. Tag má ve své paměti uložena potřebná data, která je možné bezdrátově přenést do čtecího zařízení. Integrovaný obvod tagu se skládá z mikroprocesoru a paměťové části, ve které jsou uložena data. V závislosti na typu štítku mohou být data určena pouze ke čtení, či je možné je jednou nebo vícekrát přepisovat. Jednoduchý mikroprocesor zpracovává a předává informace během komunikace se čtečkou a zajišťuje přístup a nakládání s pamětí. Je též zodpovědný za implementování vhodného algoritmu pro přenos informací, šifrování dat a jejich manipulaci. Tag může být rozšířen o dodatečné komponenty či periférie, jakými jsou například snímače teploty, senzory vlhkosti, pohybu, čidla. V takovém případě se mikroprocesor stará i o jejich řízení. Anténa tagu slouží ke zprostředkování komunikace se čtečkou, a to vysíláním a přijímáním radiofrekvenčních signálů. [6]

Transpondéry lze dělit na základě více kritérií, jako jsou uvedena na obrázku 2.3. Mezi nejzákladnější kritéria patří rozdělení dle funkcionality, operační frekvence, zdroje napájení a fyzického provedení tagu. Tato kritéria jsou podrobněji rozebrána v následujících podkapitolách, rozdělení na základě přenosového mechanismu je věnována samostatná sekce v další části práce.



Obrázek 2.3: Způsoby klasifikace tagu [3]

■ Zdroj napájení

V případě dělení tagů na základě zdroje napájení se rozlišují tři základní kategorie:

- **Pasivní tag**
- **Aktivní tag**
- **Semiaktivní tag**

Pasivní tagy nemají vlastní zdroj napájení. Energie, která tag aktivuje, se získává z elektromagnetického pole vytvořeného čtečkou. Toto pole způsobí, že se v anténě indukuje elektrický proud, který následně dodá energii integrovanému obvodu v tagu. Integrovaný obvod pak na základě vnitřní logiky udělá, co je po něm požadováno – poslání dat čtečce. Životnost pasivních tagů je relativně neomezená, jelikož není závislá na životnosti baterie. Kritéria životnosti jsou dána například životností produktu, či environmentálními podmínkami, kterým je tag vystaven, způsobující jeho opotřebení. Mezi další výhodu pasivních tagů patří jejich malé rozměry a nízké pořizovací náklady. [6, 14]

Nevýhoda pasivních tagů spočívá v relativně malé vzdálenosti, na kterou jsou schopny přijímat a vysílat signál. Maximální čtecí vzdálenost tagů je přibližně 6 metrů, ale může být i nepatrně vyšší v závislosti na provedení tagu, a to až 10 metrů. Na větších vzdálenostech komunikace s tímto druhem tagu zpravidla není možná. [15]

Anténa pasivních tagů plní důležitou roli. Kromě zprostředkování komunikace slouží k napájení integrovaného obvodu tagu, kdy přeměňuje energii příchozího signálu na indukovaný proud. Design tagu se odvíjí od toho, zda využívá magnetickou nebo elektrickou složku příchozího elektromagnetického záření. Tagy, které pracují ve frekvenčním pásmu malých frekvencí, jsou cívkového charakteru (indukční). Ve vyšších frekvencích se setkáme s lineární konstrukcí antény (radiační). [6]

Pasivní tagy jsou velmi jednoduchá a relativně levná zařízení nevyžadující prakticky žádnou pravidelnou údržbu. Jsou ideálním řešením v průmyslových aplikacích, kde je potřeba jednoduchým způsobem otagovat velký objem produktů. [6]

Aktivní tagy v sobě obsahují vlastní zdroj energie (baterii), který je nezávislý na vnějších podnětech. Aktivní tag funguje na principu pravidelného vysílání energie do okolí, které pak zachytí čtečka, tato vlastnost se označuje jako beacon rate. Signál může být vysílán v širokém rozpětí časových intervalů. Vysílací frekvence se může pohybovat v řádu milisekund či několika minut. Vysílací frekvence se volí podle konkrétního využití tagu, ovšem je třeba myslet na to, že čím je vyšší, tím nižší je životnost baterie. Životnost baterie přímo ovlivňuje životnost tagu. Baterie též stojí za vyšší pořizovací cenou a většími rozměry aktivního transpondéru. [6]

Aktivní transpondéry mohou díky vlastnímu zdroji napájení vysílat signál na větší vzdálenosti, a to až na stovky metrů. Signál může být vysílán i v náročnějších podmínkách a skrz určité druhy materiálů. Pokud jsou k taku přidruženy další komponenty, jako teplotní či chemické senzory, baterie stojí za dodávkou energie i jim. Anténa aktivního tagu plní méně důležitou funkci, než anténa pasivního tagu. Slouží pouze k přijímání a vysílání informace. Nacházejí svoje využití v aplikacích, kde je třeba pravidelně monitorovat aktuální polohu objektu, na kterém je tag umístěn, nebo potvrdit přítomnost tagu. [6]

Semiaktivní tagy kombinují charakteristiky aktivních a pasivních tagů. Používají se v aplikacích, kde není třeba, aby tag pravidelně vysílal signál dostupnému readeru. Princip funkčnosti spočívá v tom, že tag je v tzv. spícím režimu. Ve chvíli, kdy se tag dostane do elektromagnetického pole čtečky, se aktivuje baterie tagu. Ta pak vykoná všechny úkony, jako vysílání informací, či dodání energie sekundárním komponentám stejně, jako je to v případě aktivního transpondéru. [6]

■ Operační frekvence

Na základě výše uvedeného rozdělení frekvenčních pásem rádiových vln jsou i jednotlivé druhy tagu designované pro fungování v určitém frekvenčním pásmu. Volba technologie operující v daném pásmu je dána více faktory, mezi nejdůležitější patří například potřebný rozsah čtení tagu, environmentální podmínky, či jiné požadavky, které souvisí s konkrétním způsobem využití tagu. Ze seznamu všech pásem se pro RFID aplikace využívají tři pásma.

- **Low Frequency (LF)** - 30 kHz až 300 kHz
- **High Frequency (HF)** - 3 MHz až 30 MHz
- **Ultra High Frequency (UHF)** - 300 MHz až 3 GHz

V rámci daných frekvenčních pásem je definované užší pásmo frekvencí specificky zvolených pro RFID aplikace, které jsou definovány v rámci mezinárodních standardů ISO. Dané frekvence jsou zvoleny tak, aby bylo dosaženo optimálních parametrů technologie (čtecí rozsah, průchod materiálem, účinnost antény) a zároveň nedocházelo k interferenci s jinými technologiemi, které pracují na bázi rádiových vln. Jedná se například o technologie bezdrátové komunikace (Wi-Fi), broadcasting (AM a FM rádio), satelitní komunikace, navigační systémy, radarové systémy, a mnohé další. [13]

Low Frequency Nízkofrekvenčním pásmem uvažujeme frekvenční rozsah mezi 30 kHz až 300 kHz s vlnovou délkou dosahující až 2400 metrů. Dané rozpětí je pro účely RFID aplikací zúženo na 125 až 134 kHz. Čtecí vzdálenost LF tagů je poměrně malá, řádově se pohybuje v nízkých desítkách centimetrů, vyznačují se nízkou přenosovou rychlostí malého objemu dat. Zásadní charakteristikou je možnost vysílat signál skrze prostředí, jakými je kov či voda. Nevýhodou LF transpondérů je riziko kolize - není možné načítat více než jeden tag v daný okamžik.

Nízkofrekvenční technologie se v praxi využívá například k identifikaci a sledování hospodářských zvířat, identifikaci osob vstupujících do objektů, či v automobilovém průmyslu. [16, 17]

High Frequency Vysokofrekvenčním pásmem označujeme rozmezí 3 MHz až 30 MHz. V kontextu mezinárodního standardu je frekvenční pásmo konkretizováno na frekvenci 13,56 MHz. Oproti LF pásmu je vlnová délka HF pásma kratší, dosahuje délky přibližně 22 metrů. Čtecí vzdálenost HF tagů je několik centimetrů až jeden metr, průchod signálu skrze materiál je limitován na tenké kovové materiály a signál již nemůže procházet vodou. Přenos dat probíhá vyšší rychlostí a ve větších objemech v porovnání s LF. HF tagy mohou být vybaveny antikolizním mechanismem, tedy je možné načítat více tagů ve stejnou chvíli.

HF technologie nachází své uplatnění v logistice, řízení a sledování zboží v rámci skladů a dodavatelských řetězců, trackování majetku v rámci budovy, verifikaci osob (pasová kontrola, přístupové systémy), či v realizaci platebních transakcí pomocí bezkontaktních platebních karet. [16, 17]

Ultra High Frequency Rozpětí 300 MHz až 3 GHz značíme jako ultra vysokofrekvenční pásmo, pro RFID je vymezeno rozmezí 860 až 960 MHz, výjimkou jsou frekvence 433 MHz a 2,45 GHz. Velikost vlny se pohybuje v rozpětí několika jednotek až nižších desítek centimetrů. Rozpětí 860 – 960 MHz je kromě standardních regulací dále regulováno na úrovni jednotlivých států.

Pasivní UHF se využívá například pro inventární účely, v místech mýtných kontrol, prevenci proti krádeži, naproti tomu aktivní UHF najde své využití v petrochemickém průmyslu, sledování přepravovaného nákladu či vozidel a cenného majetku v rámci velkých zařízení. [16, 17]

■ Fyzické provedení tagu

Jedním z kritérií pro volbu tagu je jeho fyzická konstrukce. Ta přímo ovlivňuje spolehlivost, životnost a výkonnost technologie v konkrétní aplikaci. Různá provedení tagů se liší v mechanické odolnosti, velikosti či pořizovacích nákladech.

Diskové provedení Jedním z nejběžnějších konstrukčních provedení transpondéru je v podobě disku či mince. Jedná se o štítek kulatého tvaru o průměru pohybujícím se v rozmezí několika milimetrů až 10 cm. Použitým výrobním materiálem je zpravidla polymer ABS, štítek tak disponuje odolností vůči řadě mechanických vlivů. Středěná díra slouží k jednoduchému upevnění.

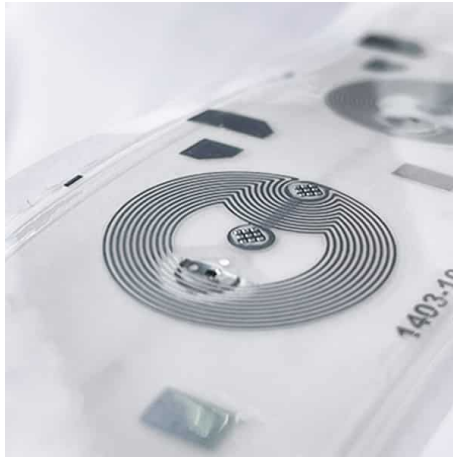
Skleněná trubička Transpondér, který se standardně používá jako implantát pod kůži chovné zvěře, je zhotoven z několika milimetrů dlouhé skleněné trubičky. Uvnitř trubičky se nachází komponenty tagu, které jsou uloženy v měkkém adhezivním materiálu, jakým je syntetická pryžice či silikon.

Plastové krytí Do prostředí s vysokými mechanickými nároky je vhodné zvolit transpondér v plastovém pouzdře. Plastové pouzdro je velmi odolné a chrání tag před mechanickými vibracemi a teplotními rozdíly.

Součástí klíčů Další variantou je transpondér zabudován uvnitř plastového pouzdra, které je součástí klíče. Mezi typické aplikace patří imobilizér automobilu či klíče ke dveřím pro vstup do objektů s omezeným přístupem.

Součástí čipových karet Laminací transpondéru mezi několika vrstvami PVC fólií lze dosáhnout provedení ve formě čipových bezkontaktních karet. Karty disponují dobrým čtecím rozsahem.

Smart label Smart label je velmi tenké provedení tagu, kdy je cívka nanášena sítotiskem či leptáním na tenkou plastovou fólii. Vznikne tak nálepka, kterou lze přilepením umístit na velké množství objektů a následně jednoduše sejmout či přelepit. [18]



Obrázek 2.4: Smart label tag [4]



Obrázek 2.5: Key tag [5]

■ Funkcionalita a organizace paměti

Organizace EPC Global uvádí klasifikaci štítků do následujících základních kategorií.

- Class 0 (read only):** tag je naprogramován výrobcem, nedá se měnit obsah jeho paměti
- Class 1 (write once, read many):** programovatelný uživatelem
- Class 2 (read write):** opakovaně programovatelné uživatelem
- Class 3 (read write):** tagu přísluší senzory
- Class 4 (read write):** schopnost komunikovat nezávisle na čtečce
- Class 5 (read write):** rozšiřuje předchozí třídu o schopnost komunikace s pasivními zařízeními [19]

Organizace paměti v tagu se odvíjí od toho, zda se jedná o aktivní tag či pasivní tag. Pasivní tagy disponují jednoduchou strukturou, jelikož jsou limitované výkonem a výpočetní schopností. Naproti tomu aktivní tagy nejsou skrze přítomnost baterie v tomto hledisku limitovány, tudíž jejich design paměti může být komplexnější a disponují rozšířenou možností zpracovávat data. Specifický design si pak navrhnou výrobci sami.

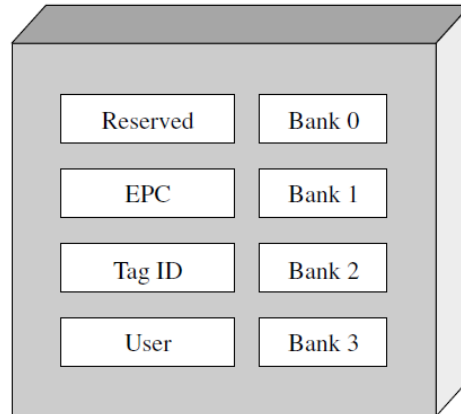
Základní struktura druhé generace tagů pracujících v UHF pásmu má následující podobu, ta odpovídá EPCglobal standardu.

Rezervovaná paměť Obsahuje dvě 32 bitová hesla. Aktivací kill password dojde k trvalému znehodnocení tagu, access password zpřístupňuje zápis informací do tagu tím, že mu udělí jeden ze čtyř dostupných stavů - odemčeno, trvale odemčeno, uzamčeno, trvale uzamčeno.

EPC paměť Paměť alokována pro EPC (elektronický kód výrobku). V tomto paměťovém bloku, který disponuje nejméně 96 bitů paměti, se zpravidla nachází kódy, sériová a servisní čísla. V továrním nastavení bývá paměť prázdná či je naplněna pseudonáhodným kódem.

Tag ID paměť Obsahuje unikátní ID tagu, které je přiřazeno výrobcem. ID tagu není možné editovat.

User paměť Rozšířená paměť pro ukládání informací uživatelem. Může být libovolně velká [20]



Obrázek 2.6: Organizace paměti tagu[6]

Tato paměťová struktura přibližně odpovídá základní struktuře pasivního tagu. V případě aktivních tagů se skrz přítomnou baterii otevírá mnoho možností, jak realizovat strukturu paměti tagu. [6]

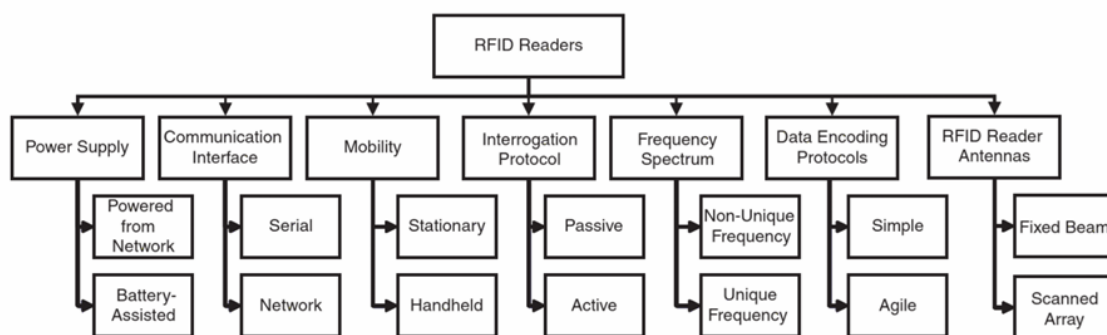
■ 2.2.2 Čtečka

Čtečka (reader, dotazovač) je druhá základní komponenta RFID technologie. Primární funkcí čtečky je vysílání a příjem signálu za účelem získání informací obsažených v tagu, výměny dat, identifikace a trasování polohy/přítomnosti objektu s tagem. Získané informace pak předává přidruženým softwarovým systémům vyšší úrovně.

Čtečka je tvořena anténou, vysokofrekvenčním rozhraním a řídicí sekci. Vysokofrekvenční rozhraní je komponentou tagu, která je zodpovědná za vysílání signálu tagu, modulaci, protikolizní řešení a šifrování/dekódování dat. Takto předzpracovaná data následně vyhodnocuje řídicí sekce. Hlavními komponentami řídicí sekce jsou mikroprocesor a paměťový blok. Plní operace jako digitální zpracování signálu, zpracovává data, komunikuje s aplikací a řeší její požadavky. Anténa slouží ke komunikaci s tagem. Je klíčové, aby při návrhu RFID technologie byla zvolena vhodná anténa, která v daných podmínkách bezpečně zajistí komunikaci. [3]

Jednou z nejdůležitějších charakteristik čtečky maximální počet tagů, které lze v jeden okamžik načíst, tento parametr se označuje jako tag density. Pasivní RFID čtečky mohou v daný okamžik číst v rozmezí 50 až 100 tagů, pro aktivní zařízení se hodnota pohybuje v rozmezí 50 až 900 tagů. Jedním ze způsobů, jak předejít zahlcení čteček přílišným množstvím tagů, je zajistit jejich dostatečné množství a správně rozvrhnout jejich umístění a snímanou oblast. [6]

Klasifikace čtecích zařízení se řídí dle několika kritérií, struktura na obrázku 2.7 popisuje možné dělení.



Obrázek 2.7: Způsoby klasifikace čtečky[3]

■ Zdroj napájení

Ze sítě Čtečka je napájena prostřednictvím kabeláže ze zdroje elektrické energie, označuje se jako fixní. Takový typ čtečky se zpravidla fyzicky nepřenáší a přiděluje se na stacionární objekty, jako jsou stěny, dveře, vjezdy. Jsou vhodné pro aplikace, kde je kladen požadavek na nepřetržité či velmi časté snímání tagů.

Baterie Čtečka napájena baterií je mobilní a většinou se jedná o ergonomická zařízení přizpůsobená k ručnímu použití. Tento druh čtečky umožňuje volný pohyb při načítání tagů. [3]

■ Komunikační rozhraní

Sériové Sériová komunikace s aplikací či počítačem probíhá po sběrnici, například RS-232, IC2 nebo USB. Komunikace je limitována počtem dostupných portů. Přenos bitů sběrnicí je pomalejší oproti síťovému propojení.

Síťové Síťová komunikace je realizována pomocí drátového nebo bezdrátového připojení k síti pomocí standardních protokolů, např. Ethernet, TCP/IP, LAN nebo WLAN. Přenos dat je rychlejší. [3]

■ Vyslýchací protokol

Aktivní Komunikace mezi tagem a čtečkou probíhá aktivně, čtečka kromě odposlouchávání i tag tzv. vyslýchá, tedy samovolně zahajuje komunikaci, vyzývá k odpovědi a vysílá informace. Jedná se o obousměrný způsob komunikace mezi komponentami. Aby tato komunikace byla možná, musí být tag vybaven komponenty schopné informace dekodovat a zpravidla také vlastním zdrojem energie.

Pasivní Čtečka pouze odposlouchává informace přicházející ze strany tagu. Komunikace nastává ve chvíli, kdy se tag nachází ve čtecím poli čtečky, která tag zaregistruje. Tento způsob komunikace je typický pro pasivní RFID systém. [3]

■ Fyzické provedení čtecích zařízení

OEM čtečka Slouží k integraci do vlastních systémů. Dodává se jako deska a může disponovat plechovým krytím, které poskytuje ochranu před rušením a nežádoucími mechanickými vlivy. Používá se například v BDE terminálech, robotice nebo pokladních systémech.

Průmyslové čtečky Jednoduchá implementace do existujících systémů pomocí sběrnice. Jsou speciálně navrženy pro aplikace v náročných podmínkách, disponují krytím proti prachu, vlhkosti, vibracím, teplotním rozdílům.

Přenosné čtečky Slouží jako univerzální ruční terminál. Používají se například pro identifikaci zvířat, jako kontrolní zařízení nebo platební terminály. [18]



Obrázek 2.8: Přenosná čtečka [7]

2.3 Přenos dat mezi transpondérem a čtečkou

2.3.1 Průmyslové standardy

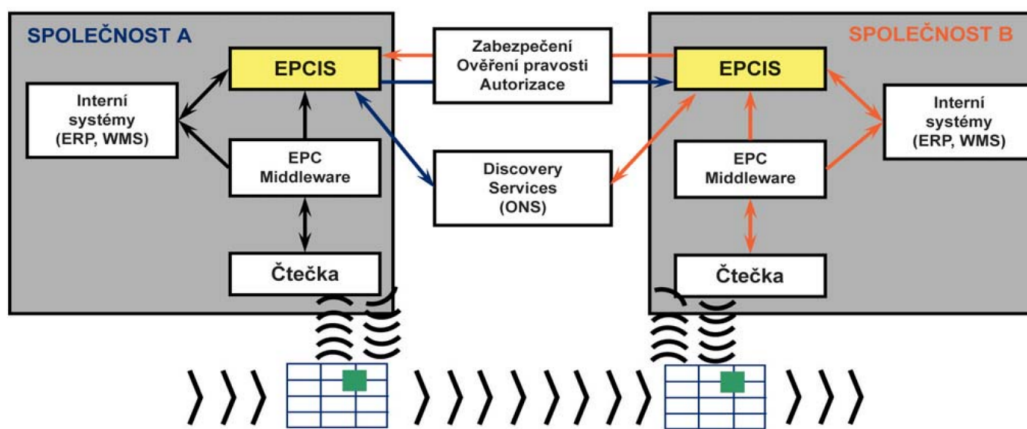
Technologie RFID podléhá četným regulacím ze strany normalizačních institucí, ať už na mezinárodní, tu zajišťuje Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO), či národní úrovni (ANSI, DIN). Cílem regulace je vytvoření společného rámce a zaručení interoperability, bezpečnosti a kvality. Standardy vydané společností ISO se z hlediska RFID přímo týkají vzdušného prostoru, kterým je signál vysílán, formátu vysílaných dat a dalších menších oblastí. [18, 21]

EPCglobal, je organizace definující řadu protokolů a standardů pro RFID technologie. Úzce spolupracuje s dalšími normalizačními institucemi, jmenovitě s organizací ISO. EPCglobal též poskytuje akreditace a certifikace pro dodavatele RFID technologií, čímž zajišťuje globální standard pro datový obsah EPC (elektronický kód produktu). Jedná se o jedinečný identifikátor přidělován jednotlivým tagům. Slouží k jednoznačné, rychlé a přesné identifikaci objektu. [22]

Struktura EPC sestává ze čtyř částí - hlavičky, EPC manažera, objekt manažera a sériového čísla. Hlavička specifikuje typ dat zakódovaných v EPC. Mezi nejčastější typy údajů se řadí globální číslo obchodní položky (GTIN), sériový kód přepravního kontejneru (SSCC) či globální identifikátor vratného majetku (GRAI). EPC manažer obsahuje číslo, které identifikuje subjekt

(firmu). Objekt manažer blíže specifikuje druh zboží. Klasifikace je prováděna na základě vlastností zboží či účelu. Produkty stejného druhu jsou od sebe odlišené pomocí sériového čísla. [22]

V okamžiku načtení tagu předá čtečka načtené informace do sítě EPCglobal Network. Jedná se o soubor technologií, který umožňuje uživatelům dynamické sdílení logistických informací. Jejich znalost výrazně usnadňuje logistické operace, zefektivňuje komunikaci mezi obchodními partnery a pomáhá udržovat přehled, kontrolu a transparentnost. V rámci této sítě si mohou uživatelé ověřit informace o načteném prvku, například jeho přesnou aktuální polohu. [22]



Obrázek 2.9: Struktura EPC sítě [8]

Základní struktura EPC sítě je vyobrazena ve schématu 2.9, které modeluje komunikaci mezi dvěma společnostmi.

EPC Middleware Softwarová vrstva, která je zodpovědná za filtraci a směrování údajů mezi jednotlivými komponentami sítě či do interních informačních systémů dané společnosti.

EPC Information Services (EPCIS) Databáze načtených kódů a souvisejících údajů, které přísluší konkrétnímu uživateli. Uživatel má možnost rozhodnout o tom, zda k datům bude mít přístup některý z dalších autorizovaných obchodních partnerů. Mezi hlavní údaje v databázi patří načtený kód, čas a datum načtení, polohové údaje a identifikační údaje příslušné čtečky.

Vyhledávací služby (ONS) Obchodní partner má možnost v síti vyhledávat. Po zadání EPC kódu do vyhledávače získá přístup k seznamu databází, ve kterých je daný kód evidován.

Interní systémy (ERP, WMS) Enterprise Resource Planning a Warehouse Management System jsou základní interní systémy společnosti, které společně zajišťují sjednocení obchodních procesů a jejich optimalizaci a správu. [22]

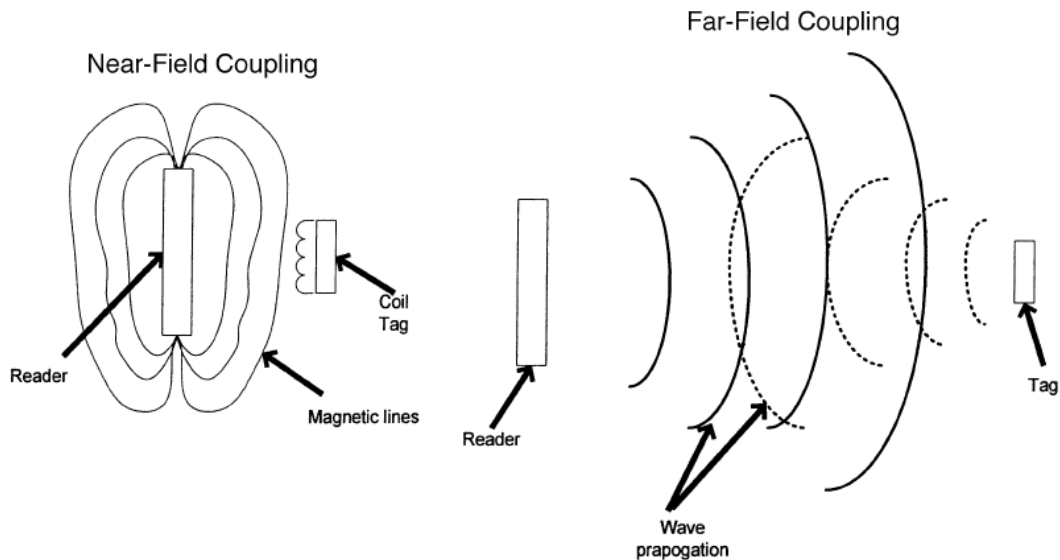
2.3.2 Komunikace mezi tagem a čtečkou

Mechanismy přenosu energie

Pro umožnění přenosu dat mezi tagem a čtečkou musí dojít k fyzikálnímu propojení komponent, aby docházelo k výměně energie. Ve chvíli, kdy čtečka vysílá signál a tag je v jejím dosahu, oscilační obvod tagu začne vlivem střídavého magnetického pole rezonovat. Mechanismy přenosu energie (coupling mechanisms) se různí v závislosti na pracovní frekvenci, vzdálenosti mezi komponentami a základním operačním principu (aktivní, pasivní či semiaktivní tag). [18]

Rozlišujeme dva základní druhy přenosových mechanismů:

- **Indukční (Inductive coupling/Near-field):** S indukčním párováním se setkáme zejména u pasivních tagů, jelikož pracují na krátké vzdálenosti. Na krátkou vzdálenost, násobně menší než vlnová délka vysílaného signálu, se elektromagnetické pole chová jako střídavé pole. Frekvence vysílaného signálu přibližně odpovídá navržené rezonanční frekvenci obvodu, a dochází k rezonančnímu zesílení. Kondenzátor tagu se nabíjí elektrickou energií, uložená energie se střídavě vyměňuje z kapacitní na induktivní. Pomocí usměrňovače dojde k využití této energie pro funkce mikročipu tagu, a následně probíhá komunikace mezi tagem a čtečkou.
- **Kapacitní (Modulated backscatter coupling/Far-field):** Kapacitní párování funguje na principu odrazení energie vyslané čtečkou. Energie se odráží od antény tagu, kde malá část signálu se odrazí, a zbytek nosného signálu rezonuje s anténou. Anténa disponuje odrazovými charakteristikami, které lze regulovat pomocí změny zatížení antény. Do odraženého signálu je během procesu modulace zakódována informace z tagu. Následně takto modulovaný signál putuje zpět ke čtecímu zařízení. [6, 18]



Obrázek 2.10: Přenosové mechanismy[6]

■ Mechanismy přenosu dat

Přenos dat mezi čtečkou a tagem je spojen s následující posloupností procesů.

- **Kódování** Zpracování dat pomocí vybraného algoritmu. Provádí se za účelem kompatibility, optimalizace a bezpečnosti. Mezi běžně využívané algoritmy řadíme NRZ direct, Manchester encoding, Miller encoding, Unipolar RZ encoding.
- **Modulace:** Transformace nosné vlny za účelem přenosu informace ze strany tagu. Jedná se o změnu charakteristických parametrů, jakými jsou amplituda, frekvence, fáze, výkon. Mezi běžné modulační techniky patří ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (Frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying). [6]

Základní způsob přenosu dat se odvíjí od toho, zda tag disponuje jednoduchou 1 bitovou pamětí, či komplexní n-bitovou pamětí.

V případě jednobitového transpondéru dochází k výměně jednoduché informace, která nabývá dvou stavů ano/ne, respektive logická 1 a 0. Tyto stavy lze interpretovat jako tag je přítomen/nepřítomen. Transpondéry tohoto druhu se využívají v systémech sledování zboží, například v obchodech, kde

fungují jako protikrádežní mechanismus. Nákupem zboží dojde k deaktivaci transpondéru. [18]

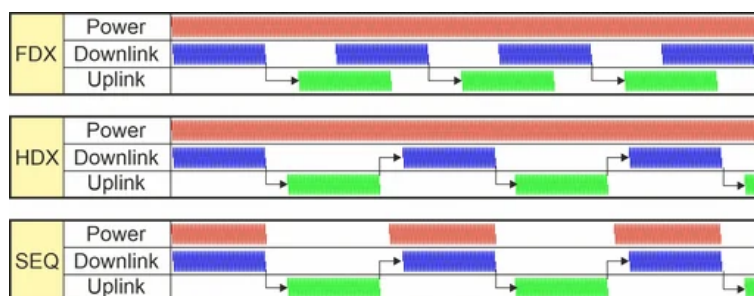
Realizace přenosu většího množství dat se provádí více způsoby.

Plně duplexní provoz (FDX) Zahrnuje možnost obousměrné výměny dat současně. Je nutné zajistit nepřetržitou dodávku energie tagu.

Poloduplexní provoz (HDX) Přenos dat probíhá oběma směry, ale nikoli současně. Tag vyžaduje kontinuální dodávku energie.

Sekvenční provoz (SEQ) Charakterizuje se pulzním přenosem energie, při kterém se datový přenos z transpondéru do čtečky odehrává mezi jednotlivými pulzy. [18]

Na schématu 2.11 lze vidět, jak vypadá časový průběh přenosu energie (power) a informací. V případě přenosu dat ze čtečky do transpondéru se jedná o downlink, uplink značí přenos informací z tagu do čtečky.



Obrázek 2.11: Přenos dat mezi čtečkou a tagem [9]

Kapitola 3

Současná technická řešení RFID v průmyslu

Technologie RFID se stala univerzálním řešením mnoha problémů napříč širokým spektrem odvětví. Její důležitost spočívá v řadě klíčových aspektů, jakými jsou například zvýšení efektivity řady procesů a jejich automatizace, real time tracking, přesné sledování a identifikace položek, zlepšení bezpečnosti a přístupu, identifikace osob, snížení nákladů a ztrát, a mnoho dalších.

Jedním z cílů rešeršní práce bylo provést výzkum v oblasti praktických aplikací technologie RFID v průmyslovém odvětví. Zaměřila jsem se na ta nejzákladnější konkrétní užití, které jsou specifická pro danou průmyslovou oblast. Využití RFID technologie bývá v rámci dané oblasti mnohem širšího záběru, který je do jisté míry velmi podobný či stejný i pro další oblasti, konkrétně se jedná například o využití pro účely z hlediska logistiky, kontroly kvality a managementu v rámci skladů, výrobních a distribučních linek. Daná řešení v rámci jednotlivých odvětví pak fungují na základě podobných principů.

3.1 Automobilový průmysl

Automobilový průmysl prošel v posledních pár dekadách významnou restrukturalizací a modernizací. Adoptované strategie, jakými jsou kupříkladu výroba a dodávka na zakázku, zero-error a just-in-time výroba, vedly k potřebě sofistikovanějšího a efektivnějšího nakládání s daty. Řadí se tím tak do odvětví s největšími nároky na objem dat a jejich provázanost. [23]

Automobilový průmysl je jedním z nejvýraznějších odvětví průmyslu, kde se technologie RFID využívá, a to již přes 30 let. Mezi klíčové specifické oblasti, ve kterých se s RFID setkáme, patří například identifikace a autentizace automobilů a jejich dílů či bezpečnostní systémy. [6]

3.1.1 Imobilizér

Jedna z nejdůležitějších integrací RFID v automobilovém průmyslu tkví v bezpečnostním zařízení zvaném imobilizér. Imobilizér je elektronická součástka, která zabraňuje možné krádeži vozidla. Po otočení klíčem, který se vkládá do spínací skříňky, proběhne komunikace mezi transpondérem a přijímačem. V roli transpondéru je zde klíč, signál pak vyhodnocuje řídicí jednotka auta. Pasivní transpondér vyšle unikátní kód, který se musí shodovat s kódem v řídicí jednotce vozu. Ve chvíli, kdy se shodují, dojde k deaktivaci imobilizéru a auto je možné nastartovat. V opačném případě je imobilizér zodpovědný za technické znemožnění krádeže vozidla znehybněním za chodu pohybujících se součástí auta, zamezení průtoku paliva či dodávky elektrického proudu. Moderní systémy mohou dále například vyslat bezpečnostní upozornění majiteli vozidla či spustit další ochranné mechanismy, například uzamčení dveří. [24]

Konkrétní bezpečnostní řešení zahrnující imobilizér může být odlišně pro jednotlivé společnosti, jednou z častých variant je uchovávání proměnlivého kódu v čipu klíče. Ten se mění při každém nastartování auta. [24]

3.1.2 Řízení zásob a flexibilní výroba

RFID technologie do značné míry zjednodušují a zefektivňují montážní a výrobní procesy. Jejich implementace zvyšuje přehlednost a přesnost kontroly a řízení zásob. Jedním z cílů automobilového průmyslu je udržovat objem zásob na nízké úrovni, ale zároveň předcházet jejímu nedostatku. RFID tak poskytuje způsoby, jak přesně a efektivně tohoto docílit. Čím dál více se využívá strategie just-in-time z hlediska plánování dodávky automobilových součástí, technologie RFID je tak ideálním řešením, které je dostatečně spolehlivé a poskytuje přesné informace. [6] Integrace RFID tagů do jednotlivých komponent a montážních jednotek zvyšuje míru automatizace montážních operací v rámci jedné výrobní linky. Tagy v sobě obsahují informace, které jsou zpracovávány kontinuálně během celého montážního procesu. Dosahujeme tak plně flexibilního výrobního systému, a zároveň mohou být informace

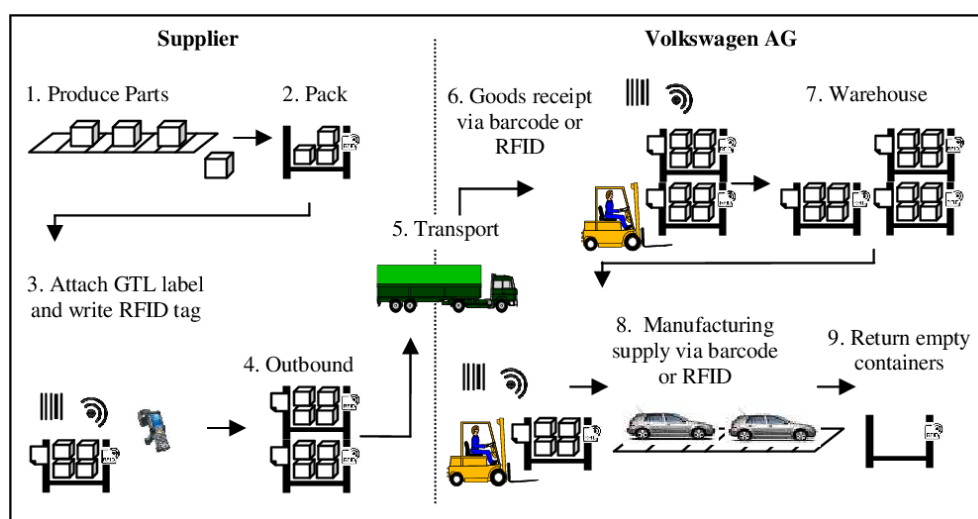
z tagů dále předávány do dalších systémů montážních linek, zahrnujících například inventář či sklad. [6]

Příkladem z praxe, jak RFID zjednodušuje komunikaci a logistické operace, je spolupráce mezi společnostmi TNT Logistics a společností Ford. Implementované řešení umožňuje částečně automatizovaný synchronizovaný montážní proces, kdy potřebné součásti jsou dodávány kontinuálně na základě požadavků. [6]

■ 3.2 Výroba a logistika

Uplatnění RFID ve výrobě a logistice zabírá široké pole působnosti. Základní výčet implementace v čítném počtu oblastí:

- Sledování probíhající práce
- Zajištění kvality
- Identifikace a sledování zboží
- Inventura
- Plánování výroby
- Doplnění zásob
- Zajištění bezpečnosti



Obrázek 3.1: Zjednodušené schéma využití RFID v logistických procesech společnosti Volkswagen AG [10]

Logistické principy najdou své využití napříč pestrým spektrem oborů, dalece přesahujícím průmyslová využití. Z hlediska průmyslu jsem se zaměřila na uplatnění RFID v rámci výroby, skladování a distribučních systémů. [6, 25]

Technologie RFID hraje významnou roli ve zpracovatelském průmyslu. Výrobní proces lze kategorizovat do tří úrovní.

■ 3.2.1 Dodávka surových hmot

Při příjmu dovezeného zboží je nutné jej identifikovat a zaevidovat, aby následně mohlo být rozděleno do příslušné části zařízení. Při příjezdu zásobovacích vozů dochází ke čtení tagů umístěných na paletách, které vezou. Veškeré načtené informace se následně ukládají a zpracovávají v rámci WMS (Warehouse Management System) či ERP (Enterprise Resource Planning System). [6, 25]

■ 3.2.2 Výrobní proces

Své uplatnění RFID systémy nacházejí při kontrole předepsaných výrobních postupů pro daný otágotovaný produkt, tag produktu v sobě může obsahovat

detailní informace o výrobní historii a původu produktu, jako například použité suroviny, technologické postupy, datum výroby. Svou roli hrají i během optimalizace údržby strojů a vybavení továrny. [6, 25]

3.2.3 Skladování

Organizace a přehled o stavu úložného prostoru skladu. Po ověření dovážky se jednotlivé položky obsahující tagy rychle načtou do interní databáze, je tak učiněno během pohybu palet při vykládce. Oproti standardní proceduře manuálního skenování jednotlivých čárových kódů trvá proces načtení tagů několik málo vteřin. RFID technologie předchází nutnosti jednotlivé zboží označit novým čárovým kódem, data se jednoduše mohou zapsat do tagu. Pohyb zboží v rámci zařízení je značně usnadněn a zefektivněn, pracovníci mají přehled a kontrolu nad tím, kde se dané zboží nachází, vyskladnění a výdej je efektivní a s minimální chybovostí. [6, 25]

Exemplárním příkladem standardní aplikace RFID ve výrobě je přední výrobce pevných disků pro počítače společnost Seagate Technology. Na každém disku se nachází RFID štítek, na kterém jsou uloženy informace ohledně všech předešlých procesech, kterých je více než 20. Disk je pak distribuován na určené místo a zpětně se dá veškerá historie ze štítku dohledat, čímž je předcházeno chybám a produkce zmetků je téměř na nule. [6, 25]

3.3 Dopravní průmysl

RFID systémy najdou četné využití v přepravě osob a zboží. Jedná se zejména o systémy výběru mýtného, kontrolu registrace aut, identifikaci aut, traffic management či systémy umožňující přístup a správu vozového parku.

3.3.1 Automatická identifikace vozidel

Identifikace vozidel zpravidla funguje na základě optického rozpoznání státní poznávací značky (SPZ), označováno jako Automatic Number Plate Recognition (ANPR). Ne vždy se dané řešení jeví jako spolehlivé. Pokud je například značka znečištěná či mechanicky odstraněná, identifikace vozidla se značně

komplikuje. Technologie RFID umožňuje proces rozpoznávání zjednodušit a zautomatizovat. Auta vybavená tagem se stávají aktivním subjektem, který je možné snadno identifikovat a nalézt jeho polohu. Pokud se například jedná o kradené vozidlo, bylo by možné jeho přítomnost detekovat, když se bude nacházet v přítomnosti silniční čtečky. Implementace tagu tak přináší i bezpečnostní benefity. Automatická identifikace je též důležitá pro získání aktuálních informací ohledně železniční a autobusové dopravy. Dokážeme tak zpracovávat data o přesné poloze dopravních prostředků a na základě těchto údajů dále korigovat provoz. [6, 26]

■ 3.3.2 Výběr mýtného

Jedná se o jedno z nejběžnějších využití RFID. Výběr mýtného již nemusí probíhat zastaralým způsobem manuální platby, který značně brzdil dopravu. Způsob výběru elektronického mýtného spočívá v umístění tagu do rohu předního skla na straně řidiče vozidla či za mrtvý úhel zpětného zrcátka. Tag se na sklo nalepí pomocí adhezivní pásky a při odlepení dojde k jeho zničení. Na mýtné bráně se pak na úrovni nalepených štítků nachází čtečky, které při průjezdu autem tag načtou a elektronicky vyšlou požadavek na stržení platby. V okamžiku načtení tagu zpravidla dochází i k načtení státní registrační značky, která se vizuálně zpracuje a sesbíraná data se porovnají s informacemi v databázi. Čtečky jsou instalovány takovým způsobem, aby nedocházelo ke čtení tagů vozidel nacházejících se v přilehlých jízdnicích pruzích. [6, 27]

Běžná je i instalace čtecích zařízení na příhradové konstrukce, tedy auta nemusí projíždět mýtnými branami. Čtecí rychlost dosahuje až 750 tagů za sekundu, tudíž pohyb vozidel není pro technologii překážkou. Systém elektronického mýtného umožňuje plynulejší chod dopravy, žádné či minimální zácpy zejména v oblasti mýtné brány, snížení nákladů a poskytuje přehled a kontrolu nad objemem silniční dopravy. [6, 27]

■ 3.3.3 Kontrola přístupu

S kontrolou přístupu pomocí RFID se můžeme setkat při vjezdu do zabezpečených soukromých pozemků či na parkovištích. Po příjezdu k bráně čtečka nasnímá tag, řidič tak nemusí manuálně přikládat přístupové karty či platit. [6]



Kapitola 4

Praktická část

Praktická část bakalářské práce se zabývá vlastním zapojením RFID technologie do funkční podoby a následnou názornou implementací na jednoduché laboratorní úloze. Vybraná laboratorní úloha má za cíl simulovat automatizované pracoviště pro nakládku a plnění sypkých materiálů. Součástí řešení je návrh a realizace řídicího systému, který bude schopen spravovat procesy s nakládkou spojené.

Praktická část je rozdělena do několika logických kroků, které zahrnují návod na zapojení a zprovoznění technologie v rámci podmínek univerzitní laboratoře, definici procesů implementace na úloze, vytvoření softwarového modelu v TIA Portal, propojení s RFID čtečkami, programování jednotlivých pracovních kroků v PLC, vytvoření uživatelského rozhraní v mySCADA a simulaci celého pracoviště.



4.1 Návod na sestavení technologie

Výstupem první části je schéma zapojení, technická specifikace jednotlivých komponent a návod na pospojování dílců do funkční a použitelné základní podoby.

■ 4.1.1 Volba komponent

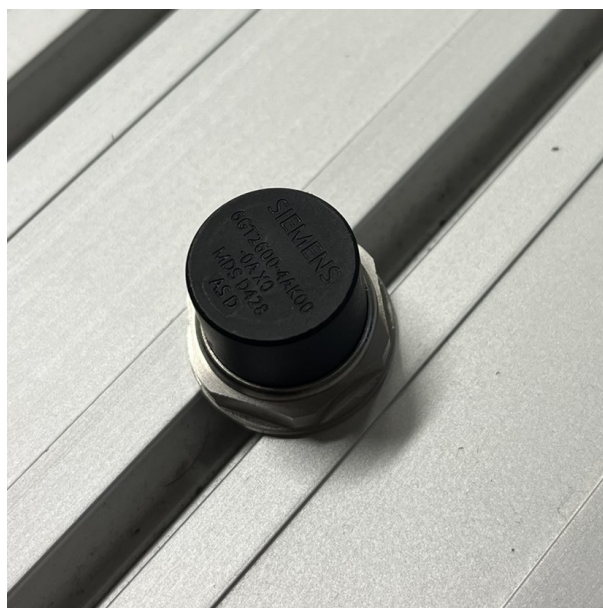
Propojená úloha se skládá z několika nezbytných fyzických komponent. Pro zamýšlené použití postačovalo standardní řešení pasivní RFID technologie, které se uplatní v základní logistické úloze. Volba komponent ze následně odvíjela od vzájemné kompatibility. Veškeré produkty jsou od výrobce Siemens a volba příslušných komponent se řídila katalogovým doporučením stanoveným výrobcem.

■ Tag

K aplikaci byl zvolen transpondér 6GT2600-4AK00-0AX0 od společnosti Siemens, zobrazeno na 4.1. Jedná se o běžný typ pasivního tagu z cenově dostupné řady a plně postačující pro danou implementaci.

Výčet základních technických parametrů z produktové stránky výrobce:

- Pasivní tag - nedisponuje zdrojem energie ve formě baterie
- Model MDS D428
- Kompatibilní s čtečkami řady RF200/RF300/MOBY D
- Výška 20 mm, průměr 24 mm
- Organizace paměti – UID (8 bytes), uživatelská paměť (2000 bytes), systémová paměť (40 bytes)
- Maximální čtecí rozsah 150 mm
- Pracovní frekvence 13,56 MHz
- Zakončení závitem o velikosti M8. Způsob montáže našroubováním zajišťuje bezpečné a odnímatelné připevnění, které je zejména vhodné v průmyslových aplikacích. [28]



Obrázek 4.1: Tag komponenta

■ Čtečka

Čtecí zařízení Siemens 6GT2821-4AC10, zobrazeno na 4.2, bylo zvolené z řad kompatibilních s použitým tagem, které stanovil výrobce.

Výčet základních technických parametrů:

- SIMATIC RF240R
- Šířka: 50 mm, výška: 30 mm, hloubka: 50 mm
- Maximální čtecí rozsah: 65 mm
- Pracovní frekvence: 13,56 MHz
- Nedisponuje schopností načítat více tagů zároveň [29]



Obrázek 4.2: Čtecí komponenta

■ Komunikační modul

Zvolen komunikační modul 6GT2002-0JE50, níže je uveden výčet základních technických parametrů.

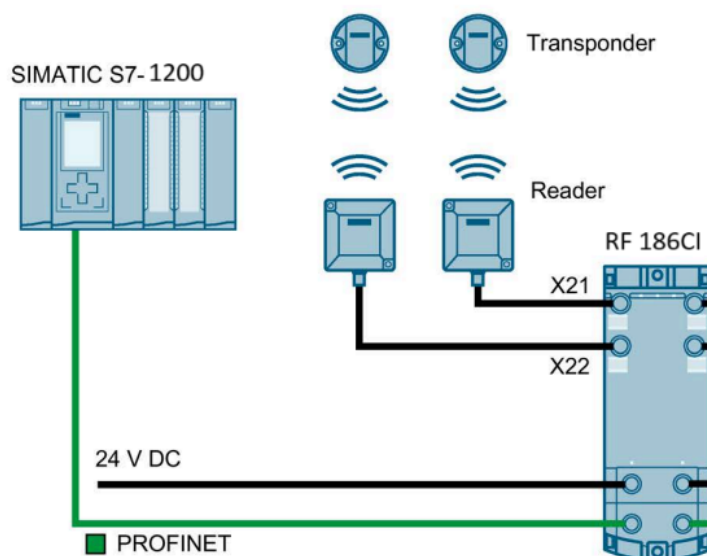
- Řada RF 186CI
- Možnost připojení až dvou čtecích zařízení
- Napájecí napětí: 24V
- Šířka: 60 mm, výška: 45 mm, hloubka: 165 mm
- Způsob montáže: dvě díry pro šrouby typu M4

■ PLC

Pro řízení úlohy bylo zvoleno PLC od značky Siemens řady SIMATIC S7-1200 dostupné v laboratoři. Celá logická část úlohy, konfigurace komponent a následné propojení s vizualizačním softwarem probíhala v softwarovém rozhraní TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal). V laboratorním zařízení byla dostupná verze TIA Portal V18.

■ 4.1.2 Fyzické a softwarové propojení komponent

Po zvolení kompatibilních komponent vhodných pro vybranou praktickou aplikaci je možné začít s propojením. PLC jednotka je v laboratoři již zapojená a funkční. Zapojení komponent je převzato ze vzoru v Simatic Ident manuálu, které lze vidět na schématu 4.3. Reálné zapojení, které schématu odpovídá, lze vidět na obrázku 4.4.



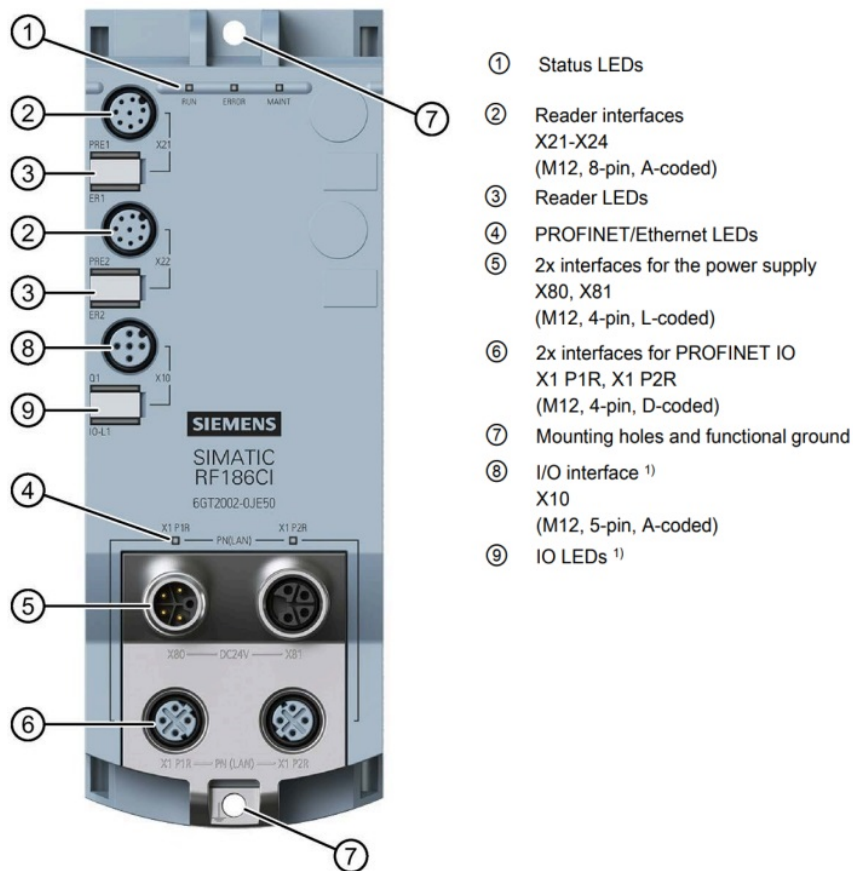
Obrázek 4.3: Základní schéma zapojení, upraveno z [11]



Obrázek 4.4: Funkční sestava

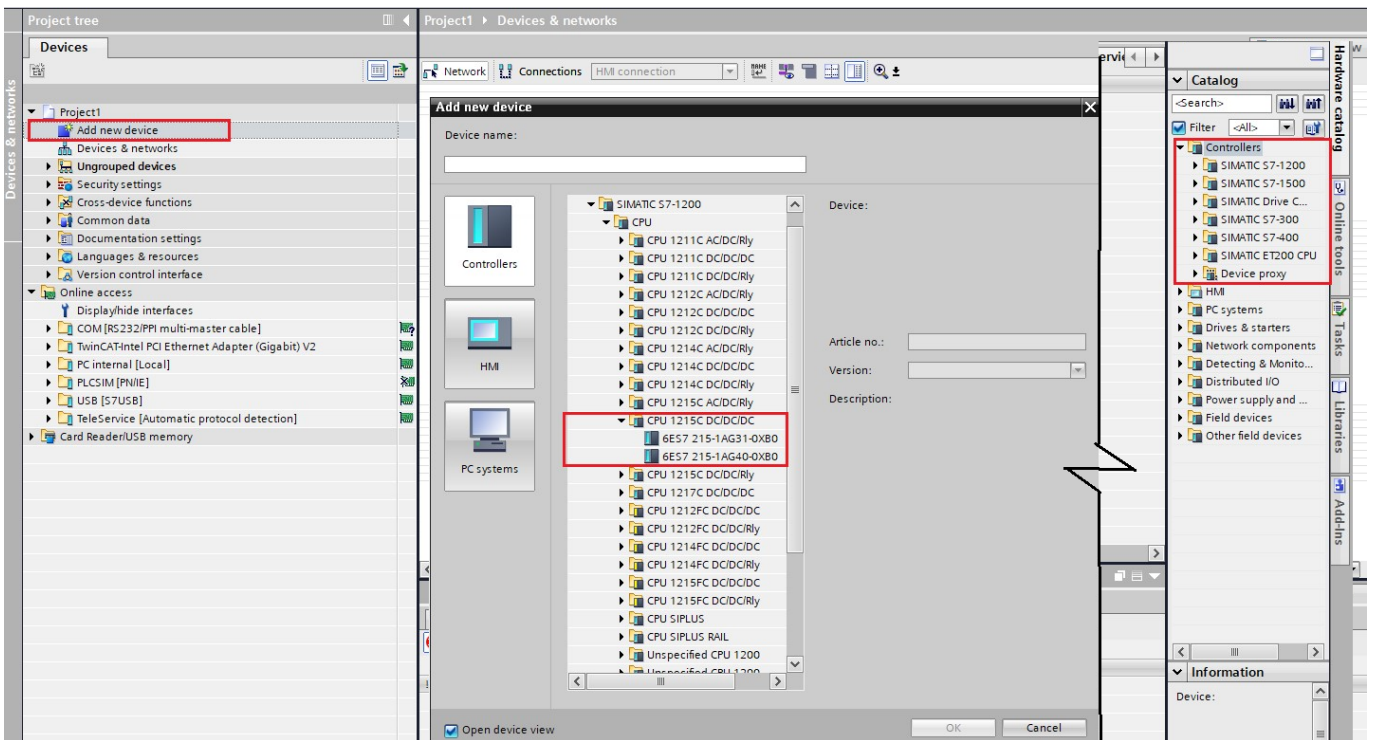
Na obrázku 4.5 lze vidět podrobné schéma komunikační jednotky s jednotlivými porty pro zapojení periférií.

Do prázdného Profinet portu se připojí sběrnice, která je na druhém konci zapojena do komunikačního modulu do zdičky s číselným označením 6, jako je popsáno ve schématu základního zapojení s využitím jednoho modulu. Dále je nutné modul připojit ke zdroji napájení. Kabeláž vyvedená ze zdroje se zapojí do levé zdičky číslo 5. Posledním krokem je zapojení RFID čtečky. Komunikační modul nabízí možnost zapojení až dvou čteček, a to do zdiček s číselným značením 2.

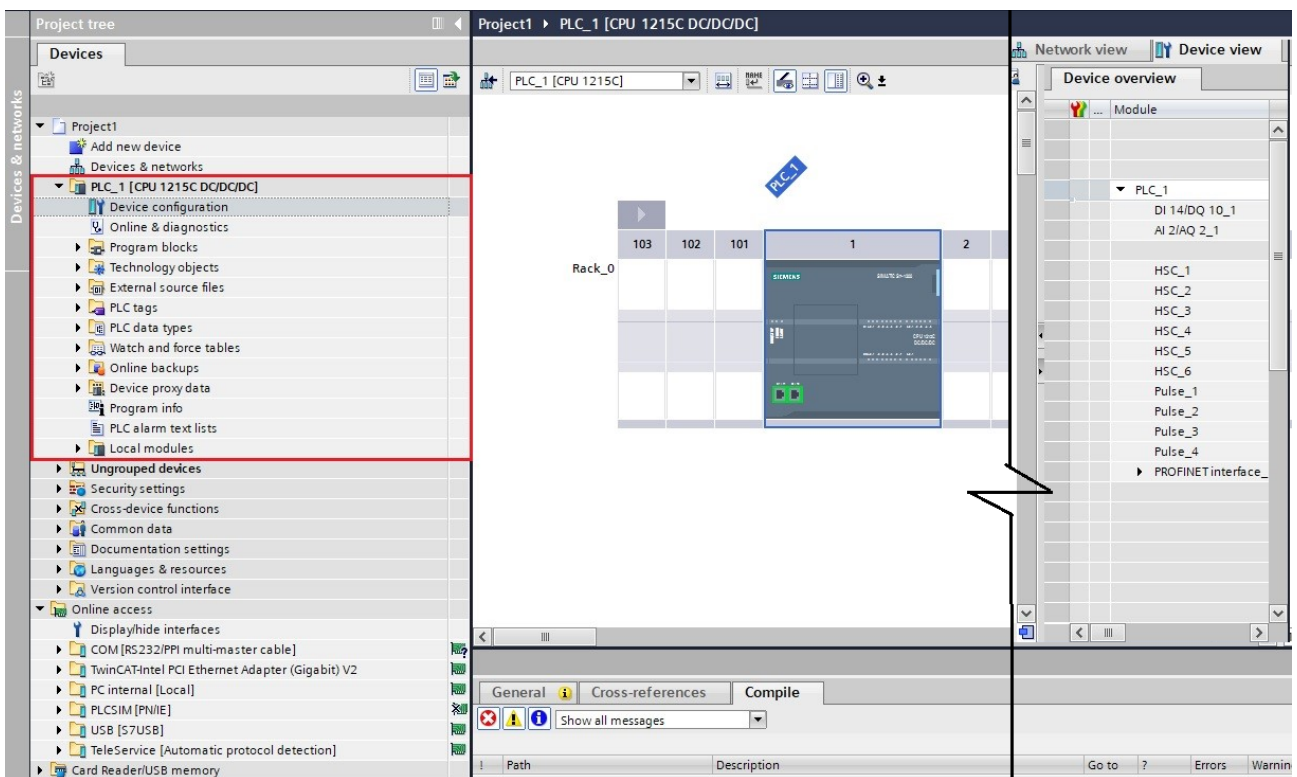


Obrázek 4.5: Design komunikačního modulu, upraveno z [11]

Tímto je dokončeno fyzické pospojování komponent, dalším krokem je konfigurace zařízení v TIA Portálu. V TIA Portálu se založí nový projekt. Ve stromě projektu lze vidět několik karet. Nejprve se vytvoří propojení TIA s PLC zařízením. Kliknutím do karty **Add new device** se zobrazí seznam zařízení, která lze přidat. Pro volbu PLC se klikne na kartu **Controllers** a ve stromě s dostupnými zařízeními lze vybrat PLC té řady, se kterou se fyzicky pracuje. Alternativně se dá PLC komponenta do projektu vložit i přes katalog produktů, který se nachází v panelu na pravé straně obrazovky. Na PLC SIMATIC S7-1200, který se nachází v naší laboratoři, lze najít značku CPU 1215C DC/DC/DC specifikující typ procesoru a napájecí/vstupní/výstupní napětí. Na základě těchto informací se zvolí správný typ PLC, jako je zaznačeno v obrázku 4.6. Po potvrzení operace se ve stromě projektu objeví nové PLC zařízení, jak lze vidět na snímku 4.7.

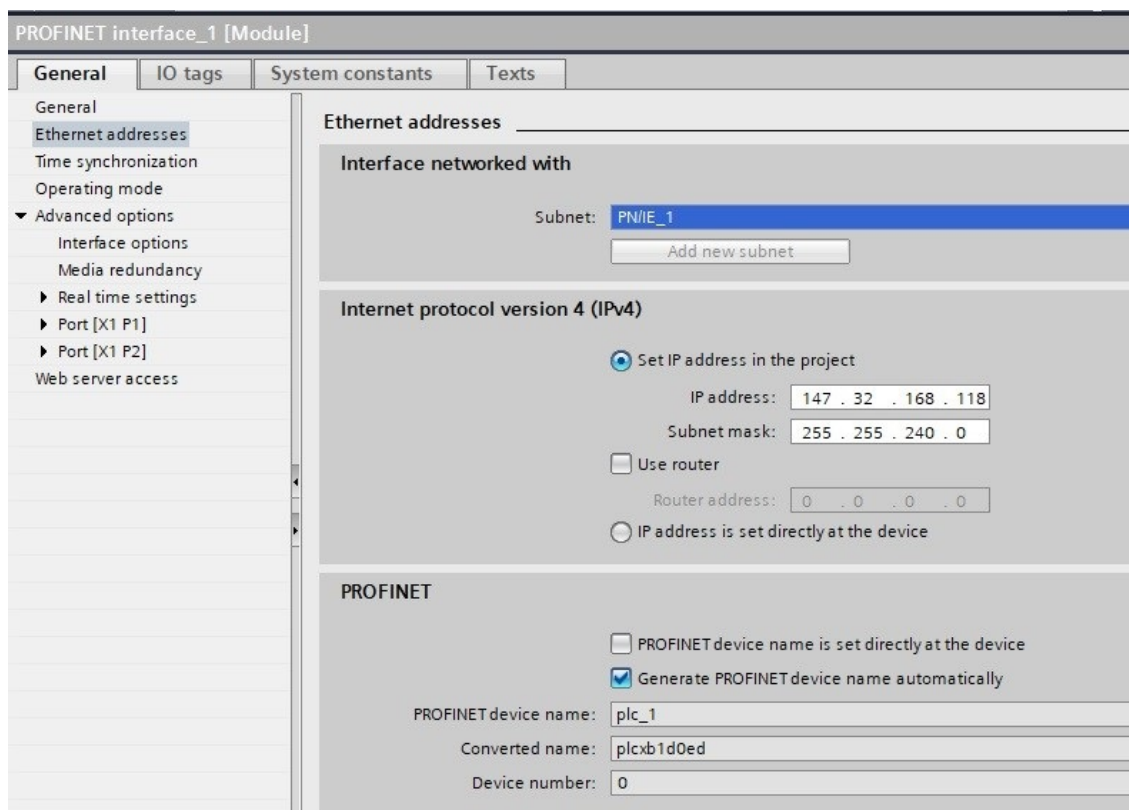


Obrázek 4.6: Volba PLC



Obrázek 4.7: Zobrazení PLC ve stromě projektu

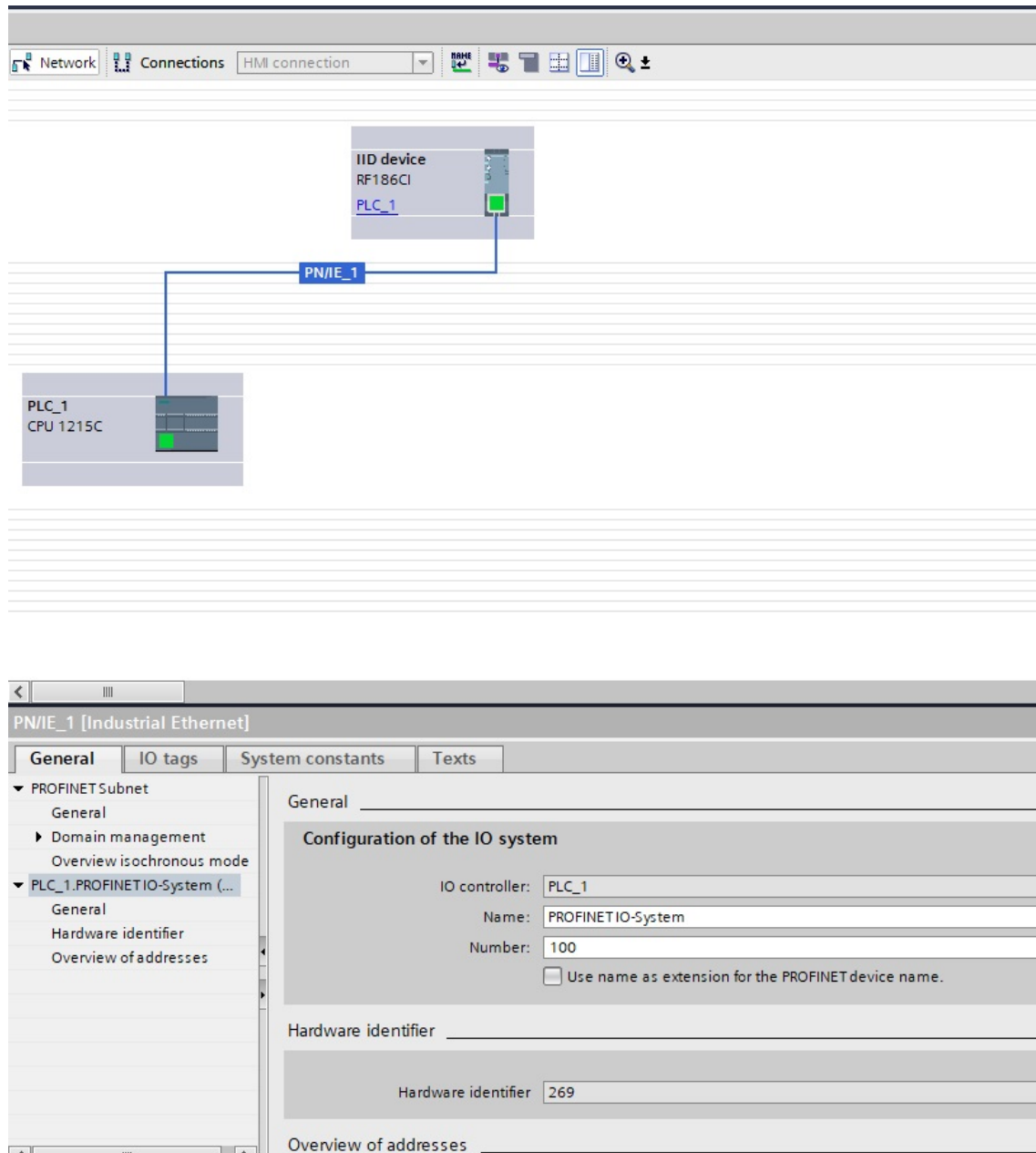
V levém dolním rohu grafického zobrazení zvoleného PLC lze vidět dva porty pro připojení Profinet sběrnice. Profinet je průmyslová komunikační sběrnice, která zprostředkovává komunikaci v rámci průmyslových zařízení. Po kliknutí na port se v dolní části obrazovky objeví karta s nastavením Profinet komunikace. Kliknutím na tlačítko **Add new subnet** se komunikaci přiřadí podsít **PN/IE_1** a následně se zvolí IP adresa a maska sítě. V rámci laboratorní úlohy byla zvolena IP adresa zvoleného PLC zařízení a příslušná maska sítě, což je zaznačeno na obrázku 4.8.



Obrázek 4.8: Specifikace Profinet propojení

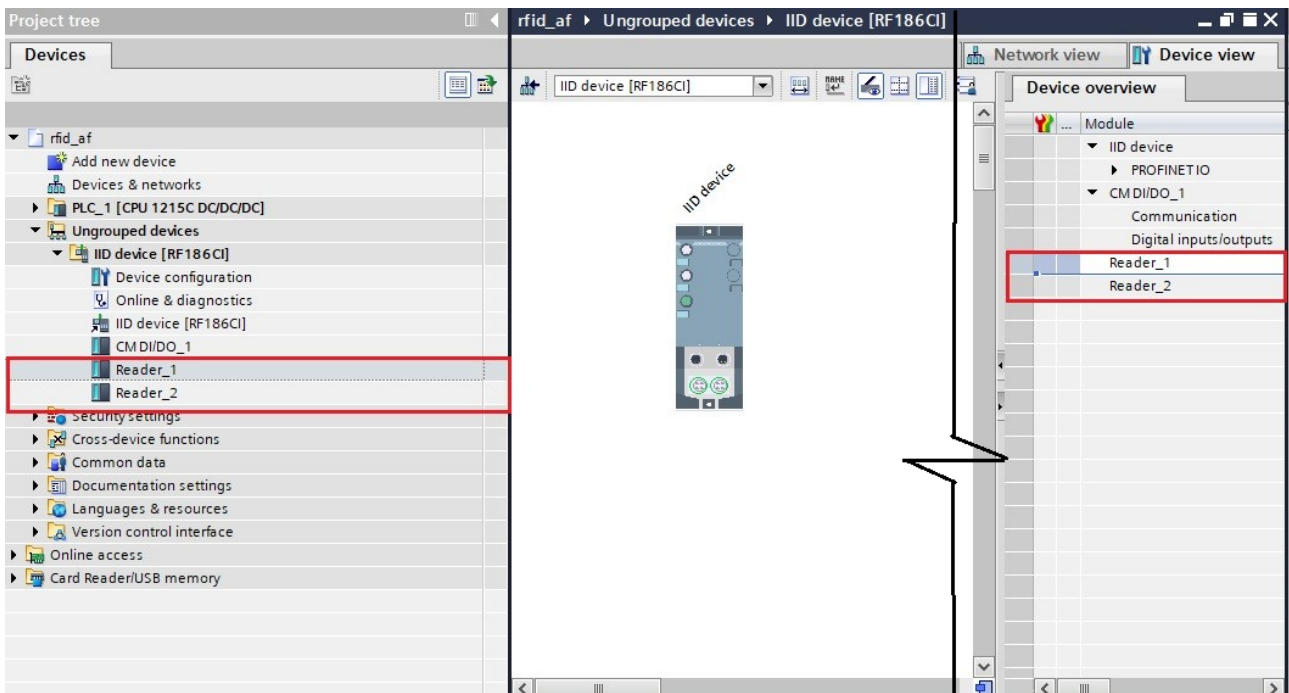
V kartě stromu lze po kliknutí na **Online & diagnostics** zkontrolovat, zda je komunikace s PLC nastavena správně. V kartě **Devices & networks** lze nahlédnout do schématu, jak jsou veškeré komponenty propojeny. Aktuálně se zde nachází pouze vložené PLC a prázdná větev profinet komunikace, ke které zatím není nic připojeno. Dalším krokem je přidání komunikační jednotky SIMATIC RF186CI. V katalogu se zadá RF186CI a vybere příslušný modul. Ten se přetáhne na libovolné místo v rámci okna. Přetáhnutím větve profinet komunikace k portu modulu se vytvoří propojení, které lze vidět vizuálně.

Větev nyní nese požadované značení PN/IE_1. Na zařízení IID Device se po kliknutí na **Not assigned** objeví seznam IO kontrolérů a vybere se PLC_1. PROFINET interface_1, tedy jediná nabízená varianta, jako na snímku 4.9.



Obrázek 4.9: Propojení PLC a IID Device

Ve stromě projektu se v kartě Ungrouped devices objevilo IID Device [RF186CI]. Nyní se z katalogu do karty Device overview přetáhne jedna nebo dvě čtečky v závislosti na zvoleném fyzickém propojení. Čtečky se pak objeví i v kartě IID Device ve stromové struktuře, jako je zobrazeno na snímku 4.10.



Obrázek 4.10: Připojení čteček k IID Device

Nyní je vše připraveno pro zahájení práce s tagy. Pro kontrolu komunikace mezi tagem a čtečkou existuje webové rozhraní, které lze nalézt po kliknutí na IID Device. V dolní části obrazovky se zobrazí panel s obecnými informacemi k zařízení, kde se nachází karta **Web Based Management**. Po rozkliknutí tlačítka se zobrazí Siemens SIMATIC RF186CI rozhraní.

Na úvodní stránce se nachází základní informace ohledně modulu. Jelikož byly k modulu připojeny obě čtečky, zobrazují se i ve schématu zapojení. Ve WBM lze dále nalézt panel pro nastavení modulu, čteček a připojení, panel pro diagnostiku chybových stavů a jiné, pro účely úlohy je vše již nastaveno do funkční podoby a důležitá je karta pro editaci tagů **Edit transponder**, jako na obrázku 4.11.

SIEMENS

01/24/2023 14:07:29

Start page

Settings

Diagnostics

Edit transponder

User management

Certificates

System

Help

Start page

Device-specific information

Device type: SIMATIC_RF186CI Article number: 6GT2 002-0JE50
 Hardware: 1 Serial number: S C-R7A1N68K2023
 Firmware: V2.1 FW version: V02.01.00.00_02.08.01
 Configuration ID: 63CFA86A
[Update FW](#)

Project identifier

Description:
 Location:
 Contact:
 Identifier:
[Change SNMP MIB-II System](#)

Address information

IP address: 147.32.164.51 Gateway: 0.0.0.0
 Subnet mask: 255.255.240.0 DHCP:
 PN device name: iidxdevice2989 MAC address: ec:1c:5d:bf:6c:b1
[Set IP address](#)

Device clock

ISO 8601 (UTC) 2023-01-24T13:07:29+00 [Synchronize with PC](#)
 Local time 01/24/2023 14:07:29

Interface 1 RF240R **Interface 2 RF240R**

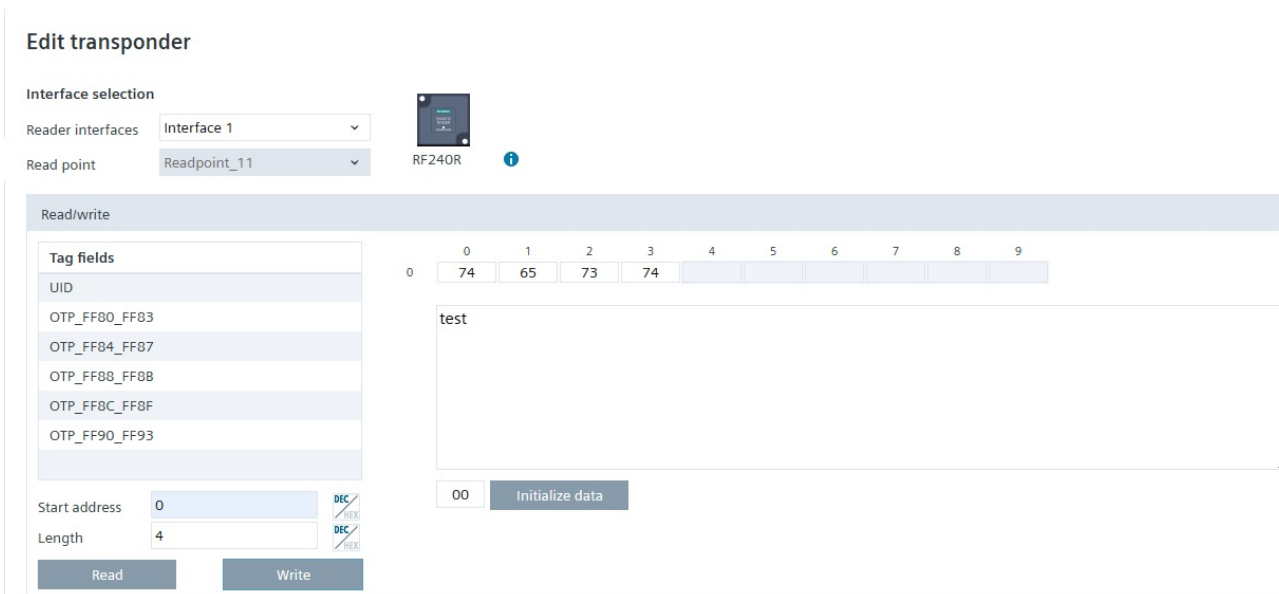
115.2 kBd 115.2 kBd

Flashing
Communication module

In Out
 0
 1
 2
 3
 4
 5
 6
 7

Obrázek 4.11: Webové rozhraní zapojení

Nejprve se zvolí, s jakou čtečkou bude tag interagovat a k příslušné čtečce se přiloží tag. Předpokladem použití WBM je funkční základní kostra PLC programu, která zahrnuje funkci resetu čteček. Teprve v ten okamžik je možné načítat a zapisovat do tagu. Hlavní část obrazovky, jak lze vidět na snímku 4.12, zabírá přístup k paměti tagu. V panelu **Tag fields** lze vidět několik vybraných polí celkové paměti. Pole **UID** je oblast, ve které se nachází nepřepisovatelný identifikátor tagu implementovaný výrobcem. Dále lze vidět několik polí s prefixem **OTP**, jedná se o systémovou paměť tagu. Po kliknutí na vybrané pole se zobrazí poloha prvního bytu, délka zápisu a obsah všech bytů. Údaje zapsané v bytech se v rámci obdélníků graficky znázorňujících vybraný kus paměti zobrazí v hexadecimální soustavě, v tabulce pod nimi lze vidět přepis do ASCII formátu. Pro zápis do paměti tagu se vybere první byt a délku zápisu, klikne se na tlačítko **Read**, do paměti se zapíše příslušný požadovaný obsah a po stisknutí **Write** se data propíší.



Obrázek 4.12: Přístup k datům uloženým v tagu

4.2 Zprovoznění laboratorní úlohy

Vytvořená modelová laboratorní úloha představuje nakládací stanici na sypké materiály. Skládá se ze dvou pracovišť, přičemž každé z pracovišť je osazeno RFID čtečkou. První pracoviště plní funkci vstupní brány, u které dochází k načtení ID objednávky uložené na RFID transpondéru reprezentující nákladní vozidlo. Načtené ID je poté porovnáváno s databází a jsou načteny informace o objednatelce. Po přijetí objednávky operátorem na ovládacím panelu je vyhodnoceno místo nakládky materiálu a signalizováno pomocí světelné signalizace. Toto pracoviště je také konečným bodem pro nákladní vozidla opouštějící celou stanici. Dochází zde k načtení hodnoty skutečného množství materiálu z transpondéru a tím k dokončení dané objednávky. Druhé pracoviště simuluje plnění požadovaným materiálem a zapisuje do paměti transpondéru simulovanou hodnotu skutečného množství naloženého materiálu. Na výběr je z pěti druhů materiálu. Na celé stanici je možné odbavovat pouze jednu objednávku současně.

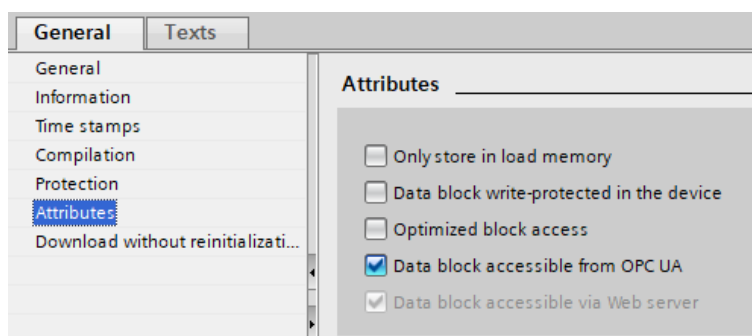
4.2.1 PLC program

Na dříve popsanou konfiguraci PLC projektu v prostředí TIA Portal navazuje tvorba samotného programu. Celé řešení používá jazyk SCL – Strukturovaný text. Nejprve je potřeba definovat potřebné datové bloky a další podpůrné programové struktury. Databáze použitá v tomto případě je implementována v podobě pole v datovém bloku přímo v PLC. Prvně byla uvažována varianta propojení PostgreSQL databáze a SCADA systému, který je propojený s PLC. Toto řešení se však nepodařilo zprovoznit a to ani s podporou dodavatele SCADA systému. Zvolený SCADA systém mySCADA není připraven pro podobnou aplikaci, proto se přistoupilo na variantu implementace databáze v rámci datového bloku v PLC. Vytvořený datový blok **Datatabase** obsahuje mimo indexovací proměnné také pole uživatelského datového typu. Uživatelský datový typ **Order_Data** obsahuje strukturu informací o objednávce. Náhled na definici tohoto datového typu je na obrázku 4.13.

Order_data							
Name	Data type	Default value	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	
Order_ID	String[4]	'0000'	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Material_type	UInt	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Material_amount	UInt	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Material_amount_loaded	UInt	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Status	String[15]	"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Obrázek 4.13: Datové typy týkající se objednávky

Dalším důležitým datovým blokem je **IdentData1**. Ten obsahuje řadu proměnných typu `string` a `array of byte`, popřípadě `array of char`, které nemohou být definovány v tabulce tagů. Pro tento datový blok je deaktivována volba **Optimized block access** ve vlastnostech tohoto datového bloku, jako je vidět na obrázku 4.14. Tento krok je nutný kvůli propojení se SCADA systémem. Zrušení této volby zruší dynamickou alokaci adres v rámci datového bloku, a tím je možné na statickou adresu navázat proměnnou ve SCADA systému.



Obrázek 4.14: Vlastnosti datového bloku IdentData1

Všechny ostatní proměnné jsou definované jako tagy v příslušných tabulkách. Řada proměnných je poté použita pro propojení se SCADA systémem. Při provázání proměnné se SCADA je propojení vytvořeno na základě adresy proměnné. Je tedy potřeba dbát na to, aby nedošlo ke konfliktu adres nebo k jejich prohození. Proměnná ve SCADA systému by se poté odkazovala na adresu v PLC, která však již může obsahovat jiné informace. Náhled na definované tagy je na obrázku 4.15.

PLC tags								
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
	order_doesnt_exist	fromSCADA	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	station2_state	station2	Int	%MW200	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	order_ID	station1	Word	%MW18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	hopper1	station2	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	hopper2	station2	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	hopper3	station2	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	hopper4	station2	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	hopper5	station2	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	station2_tag_proximity	toSCADA	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	station2_reader_error	toSCADA	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	station2_reader_done	station2	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_mat_amount_addr	station2	DWord	%MD220	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_mat_amount_len	station2	Word	%MW230	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	button_reset_reader2	fromSCADA	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	station2_reader_ready	station2	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	char_start	station2	DInt	%MD234	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	char_count	station2	UInt	%MW238	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	cancel_order	fromSCADA	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	force_read_reader1	fromSCADA	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	force_read_reader2	fromSCADA	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	material_type_loading	toSCADA	UInt	%MW30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	material_amount_loading	toSCADA	UInt	%MW32	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	loaded_amount	toSCADA	UInt	%MW34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_loaded_mat_amount_addr	station1	Word	%MW20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	tag_loaded_mat_amount_len	station1	Word	%MW22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	material_amount_loading_real	toSCADA	UInt	%MW36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	reader2_ready	station2	Bool	%M78.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	Leave_read_execute	station1	Bool	%M150.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ir1	Default tag table	Int	%MW600	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	jr1	Default tag table	Int	%MW604	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	kr1	Default tag table	Int	%MW608	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Obrázek 4.15: Definice tagů v laboratorní úloze

Nyní jsou připravené datové struktury a je možné začít s tvorbou samotného kódu. Programová jednotka **Startup** se obdává pouze při přechodu PLC ze stavu **STOP** do stavu **RUN**. Je tedy vhodná pro inicializaci určitých parametrů, které je potřeba nastavit jen jednou. Tato programová jednotka nastavuje výchozí stavy stavových automatů jednotlivých pracovišť a také výchozí koeficienty do funkce pro generování pseudonáhodného čísla. Pohled do této procedury je k vidění v úryvku kódu 4.1.


```

"station1_state" := 10;
"station2_state" := 5;

"ir1" := 111;
"jr1" := 222;
"kr1" := 333;

```

Úryvek kódu 4.1: Výchozí stavy stavových automatů pracovišť

Již zmíněná funkce pro generování pseudonáhodného čísla slouží v celkovém pohledu pouze pro vygenerování čísla od nuly do jedné pro simulaci proměnlivého množství naloženého materiálu. Funkce je převzatá z webových stránek podpory Siemens. [30] Z pohledu implementace je definována jako funkce a její výstup je právě generované číslo.

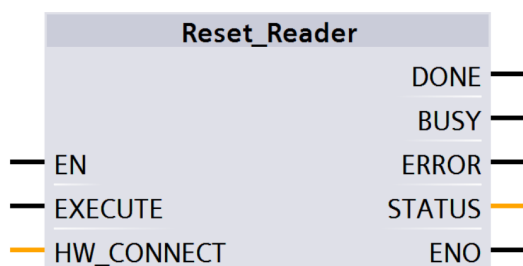
■ Programování spojené s RFID

Prvky z rodiny SIMATIC IDENT používají svoji knihovnu v TIA Portal. Tato knihovna obsahuje předpřipravené funkční bloky pro co nejsnazší implementaci těchto prvků do řešení. Existují dva přístupy k programování těchto prvků užitím zmíněné knihovny. Prvním a pokročilejším způsobem je použití tzv. Ident Profile. Jedná se o komplexní funkční blok obsahující všechny funkce pro ovládání Ident prvků v jednom. Při řešení této práce byl použit druhý přístup v podobě jednotlivých funkčních bloků. Pro každou funkci je k dispozici zvláštní funkční blok s přístupnými vstupy a výstupy. Implementace jednodušších operací je tedy názornější a snadnější na zavedení. Jednotlivé použité funkční bloky jsou popsány v následujících podkapitolách v místech, kde jsou použity. Podrobnější informace jsou dostupné v dokumentaci k IDENT knihovně. [31]

■ První pracoviště

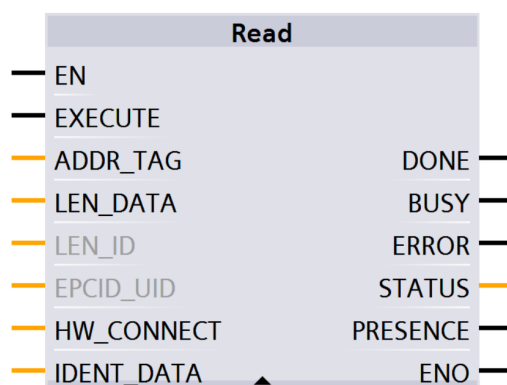
Stav tohoto pracoviště začíná ve stavu, kde je potřeba resetovat čtečku. Pro tento úkon je použit funkční blok z knihovny IDENT `Reset_reader`. Grafické znázornění tohoto funkčního bloku je na obrázku 4.16. Input `HW_CONNECT` vyžaduje jako vstup dříve vytvořený technologický objekt, v tomto případě odkazující na první čtečku. Tento parametr funkčního bloku sváže softwarovou část s částí hardwarovou. Dalším použitým vstupem je `EXECUTE`. Pokud je na tento vstup přiveden signál s náběžnou hranou, dojde k odbavení funkčního bloku. Zde je signál reprezentovaný stiskem příslušného tlačítka na HMI. Na straně výstupů je použit signál `DONE`, signalizující hodnotou `TRUE`, že došlo k

provedení funkce bloku v pořádku a signál **ERROR**, signalizující naopak chybu během běhu. Ostatní vstupy a výstupy nejsou použity.



Obrázek 4.16: Funkční blok Reset_Reader

Pokud proběhne reset čtečky v pořádku dojde k posunutí stavového automatu dál do stavu, kdy čtečka čeká na přítomnost transpondéru v poli. Přítomnost transpondéru je implicitní funkce řešená na bázi firmwaru. V tomto místě je použit druhý IDENT funkční blok – Read. Z názvu již vyplývá jeho funkce – čtení z uživatelsky využitelné paměti transpondéru. Grafické znázornění je na obrázku 4.17. Vstupy a výstupy mají stejný význam jako u funkčního bloku pro reset. Na **HW_CONNECT** je navázán opět technologický objekt čtečky jedna a na **EXECUTE** je to náběžná hrana přítomnosti transpondéru v poli čtečky jedna nebo stisk tlačítka na HMI. Přítomnost transpondéru v poli čtečky je získávána z výstupu tohoto funkčního bloku **PRESENCE**. Výstup z tohoto bloku je tedy zároveň generátorem signálu pro odbavení jeho funkce – sledování přítomnosti je pasivní funkce funkčního bloku. Dále je potřeba definovat adresu v uživatelské paměti transpondéru **ADDR_TAG** a délku dat **LEN_DATA**, které se mají načíst. V tomto případě je adresa 100 a délka dat 4 – tedy 4 byty. Posledním vstupně-výstupním parametrem je **IDENT_DATA**. Jedná se o propojení s datovým blokem, respektive s polem bytů do kterého se má posléze uložit načtená data z transpondéru. V tomto případě k tomu slouží pole **ID** o délce 4 v datovém bloku **IdentData1**.



Obrázek 4.17: Funkční blok Read

V dalším kroku jsou data z pole spojeny do stringu pomocí funkce `Chars_TO_Strg`. Získané ID v podobě stringu je poté porovnáno s ID, které je zrovna odbavováno a pokud je navíc stav hodnoty `LEAVING`, je vyhodnoceno, že se jedná o objednávku opouštějící celkové stanoviště. V tom případě dojde k nastavení stavového automatu do stavu, kdy dojde pomocí funkčního bloku `READ` popsaného výše k načtení skutečného množství naloženého materiálu. Čteno je z adresy 104 a délka dat ke čtení je 2. Změněn je také parametr pro uložení načtených dat na pole dvou bytů s názvem `loaded_mat_amount_exiting` v datovém bloku `IdentData1`. Kvůli interpretaci této hodnoty je následně použita funkce `Deserialize`, která převede načtené pole s dvěma byty na proměnnou typu `integer` – celočíselné číslo. Následně dojde k uložení této hodnoty do databáze s stejně s aktualizací stavu objednávky. Náhled na tuto část kódu je v úryvku kódu 4.2.

```

IF "station1_read_done" THEN
  #POS := 0;
  RESET_TIMER("TON_reader1_done");
  #Tag_RetVal := Deserialize(SRC_ARRAY := "
    IdentData1".loaded_mat_amount_exiting,
    DEST_VARIABLE => "loaded_amount", POS := #POS)
  ;
  "Database".Order_database["Database".
    Database_index_loading].Material_amount_loaded
    := "loaded_amount";
  "Database".Order_database["Database".
    Database_index_loading].Status := 'COMPLETED';
  "IdentData1".order_status := 'COMPLETED';
  "material_amount" := 0;
  "material_type" := 0;
  "Leave_read_execute" := FALSE;
  "station1_state" := 20;
END_IF;

```

Úryvek kódu 4.2: Část kódu týkající čtení tagu

Pokud se nejedná o objednávku, která opouští celkové stanoviště úlohy, ale o objednávku novou, je po načtení a převedení ID do podoby stringu nastaven stav řešící prohledání databáze. Pokud objednávka není v databázi, je vyhlášena chyba a režim pracoviště 1 se vrátí do stavu Idle, kdy čeká na nový transpondér. V případě, že je v databázi uložena objednávka pod tímto ID, dojde k načtení informací o objednavce – tedy typ a množství objednaného materiálu. Tyto informace jsou posléze zobrazeny na HMI. V této chvíli se čeká na odpověď od operátora pomocí HMI panelu. Pokud dojde k odmítnutí objednávky, vrací se pracoviště zpět do stavu Idle. Po přijetí objednávky proběhne kontrola, zda jsou hodnoty zadány správně. Stav objednávky je nastaven na **ACCEPTED** a proběhne inicializace druhého pracoviště. Náhled na část kódu týkající se těchto funkcí je v části kódu 4.3.

```

IF "order_exists" THEN
  IF "IdentData1".order_status = 'COMPLETED' OR "
  IdentData1".order_status = '' OR "IdentData1".
  order_status = 'ENTERED' THEN

  IF "material_type" <= 0 OR "material_type" > 5
  THEN
    "IdentData1".log_info := 'Invalid material
    type';

    RETURN;
  END_IF;

  IF "material_amount" <= 0 THEN
    "IdentData1".log_info := 'Invalid material
    amount';

    RETURN;
  ELSE
    "IdentData1".log_info := '';
  END_IF;

  "IdentData1".ID_current_order := "IdentData1".
  station1_ID;
  "IdentData1".order_status := 'ACCEPTED';
  "Database".Order_database["Database".
  Database_index_loading].Status := 'ACCEPTED
  ';
  "loaded_amount" := 0;
  "station1_state" := 20;
  "station2_state" := 20;
ELSE
  "IdentData1".log_info := 'Another order in
  progress';
END_IF;
END_IF;

```

Úryvek kódu 4.3: Část kódu týkající se kontroly existující objednávky

■ Druhé pracoviště

Druhé pracoviště obstarává plnění nákladních vozů (reprezentováno transpondérem). Na začátku je potřeba čtečku resetovat příslušným tlačítkem na panelu HMI. V programu je pro to použit stejný funkční blok jako v případě pracoviště jedna, tedy `Reset_Reader`. Do parametru `HW_CONNECT` je dosazen technologický objekt druhé čtečky. Po resetu přechází druhé pracoviště do Idle režimu a čeká na softwarový pokyn od prvního pracoviště. Po tomto pokynu dojde k vyhodnocení objednaného materiálu a sepnutí příslušného

světelného signálu signalizující konkrétní násypku. Poté druhé pracoviště čeká na přítomnost transpondéru v poli druhé čtečky. V okamžiku, kdy transpondér vstoupí do pole druhé čtečky, dojde k načtení ID o délce 4 bytů uloženého na adrese 100. Opět se převedou načtená data uložená v array of byte na string užitím funkce `Chars_TO_Strg`. Následuje porovnání, zda dorazil na druhou čtečku správný transpondér a pokud ano, aktivuje se časovač simulující dobu nakládání a stav objednávky je nastaven na `LOADING`. Po uplynutí doby simulovaného nakládání se užitím pseudonáhodného čísla vytvoří simulovaná hodnota skutečného množství naloženého materiálu. Následně je tato proměnná typu integer převedena pomocí funkce `Serialize` na pole bytů. Tento krok je nutný za účelem přípravy dat pro zapsání do uživatelské paměti transpondéru, do které je nutné zapisovat v bitovém formátu. Náhled této části kódu je v úryvku kódu 4.4.

```

30: //Prepare data to write
    #test := "Rand"();

    "material_amount_loading_real" := "
        material_amount_loading" + 200 * #test; //
        Umele odliseni hodnot
    #POS := 0;
    #Tag_Return := Serialize(SRC_VARIABLE := "
        material_amount_loading_real", DEST_ARRAY
        => "IdentData1".loaded_mat_amount, POS
        := #POS);
    "station2_reader_done" := FALSE;
    "station2_state" := 40;

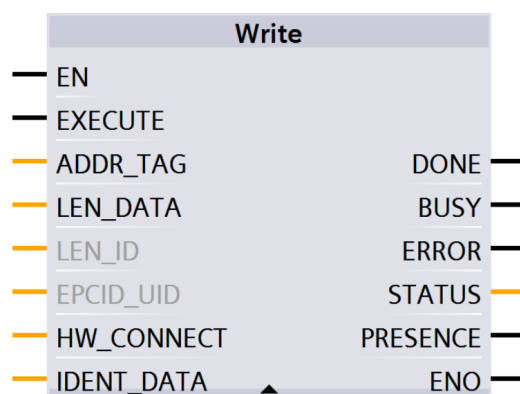
40: //Write mat amount
    "tag_mat_amount_addr" := 104;
    "tag_mat_amount_len" := 2;

    "reader2_write"(EXECUTE:="TON_writing".Q,
        ADDR_TAG:="
            tag_mat_amount_addr",
        LEN_DATA:="tag_mat_amount_len",
        DONE=>"station2_reader_done",
        ERROR=>"station2_reader_error",
        PRESENCE=>"
            station2_tag_proximity",
        HW_CONNECT:="Reader_2",
        IDENT_DATA:="IdentData1".
            loaded_mat_amount);

```

Úryvek kódu 4.4: Část kódu týkající se práce s daty ukládanými do tagu

Připravená hodnota je posléze užitím funkce `Write` z knihovny `IDENT` funkčních bloků zapsána do paměti transpondéru. Grafické znázornění zmíněného bloku je na obrázku 4.18. Funkce jednotlivých parametrů je shodná s funkčním blokem pro čtení. Rozdílem je, že do parametru `IDENT_DATA` se připojuje připravené pole bytů nesoucí serializovanou hodnotu. Data jsou zapisována na adresu 104 a délka zapisovaných dat jsou 2 byty. Po dokončení této procedury je práce druhého pracoviště hotova. Stav objednávky je v tuto chvíli `LOADED`. Jakmile transpondér opustí pole druhé čtečky, dojde k nastavení stavu objednávky na `LEAVING` a následně k resetu programu druhé čtečky do výchozího čekacího režimu. Transpondér je nyní očekáván zpět na prvním pracovišti k dokončení objednávky.



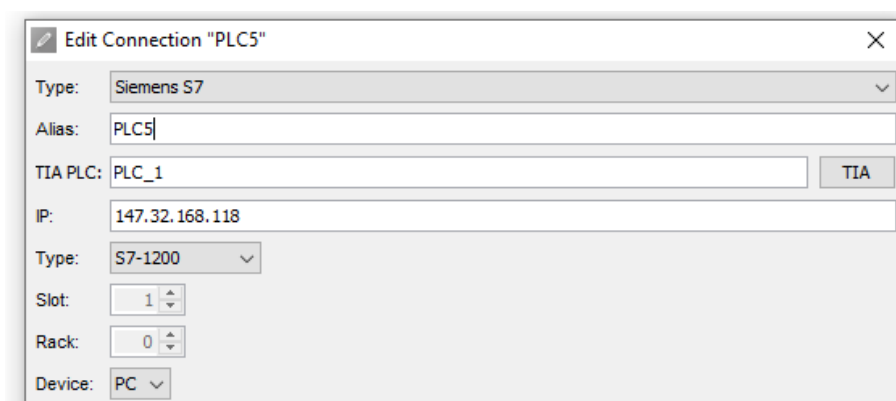
Obrázek 4.18: Funkční blok Write

4.2.2 SCADA

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) systémy hrají klíčovou roli v moderním průmyslu. Tyto systémy stojí v hierarchii o stupeň výše než PLC řídicí systémy. Slouží primárně k řízení a dozorování větších celků distribuovaných řídicích systémů a to i na velké vzdálenosti. Dále se často používají ke sběru, analýze a vizualizaci dat v řadě procesech.

Při řešení této práce byl použit SCADA systém `mySCADA` za účelem vytvoření HMI obrazovky. HMI obrazovka je poté dostupná na SCADA serveru, který se nachází na stejné síti jako PLC. Prvním krokem při tvorbě zmíněného uživatelského ovládání je vytvoření spojení s PLC. V rámci softwaru `myDESIGNER`, což je vývojové prostředí pro `mySCADA` systém, je možné vytvořit přímo propojení s PLC pomocí `S7` protokolu. Je potřeba znát IP adresu PLC a jeho produktovou řadu – v tomto případě pracujeme s `SIMATIC S7-1200`. Alternativně by bylo možné využít připojení pomocí `UPC UA` serveru, což je otevřenější a modernější řešení, které se používá stále častěji v praxi.

Pohled na vytvořené komunikační propojení SCADA systému s PLC je k vidění na obrázku 4.19.



Obrázek 4.19: Propojení SCADA k s laboratorním PLC

Nyní, když je vytvořené spojení mezi SCADA systémem a PLC, je potřeba začít vytvářet proměnné ve SCADA systému a odkazovat je na správné proměnné, respektive adresy v PLC. Je možné se odkazovat jak na proměnné definované jako tagy, tak i na data v datových blocích. Dále je též potřeba si pohlídat správnou volbu datového typu vytvořené proměnné. Pokud je zvolen jiný datový typ, než je použit v PLC, budou pravděpodobně přenášená data špatně interpretována. Náhled na vybrané definované proměnné v tabulce tagů prostředí myDESIGNER je na obrázku 4.20.

Alias	Tag@Conn	Unit	Read Scale	Write Scale	Type	Usage	Tags
script							3
PLC5							35
DB5							2
DB6							5
DB6.STRING0	DB6.STRING0@PLC5		Not Set	Not Set	String	1	...
DB6.STRING6	DB6.STRING6@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
DB6.STRING12	DB6.STRING12@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
DB6.STRING18	DB6.STRING18@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
DB6.STRING70	DB6.STRING70@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
DB16							3
M2							2
M3							1
M100							1
MX2							4
MX3							3
Q0							5
QX0							1
di00	IX0.0@PLC5		Not Set	Not Set	Value	0	...
int	MINT50@PLC5		Not Set	Not Set	Value	0	...
MINT30	MUJINT30@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
MINT32	MUJINT32@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
MINT34	MUJINT34@PLC5		Not Set	Not Set	Value	1	...
MINT110	MUJINT110@PLC5		Not Set	Not Set	Value	0	...
MINT112	MUJINT112@PLC5		Not Set	Not Set	Value	0	...

Obrázek 4.20: Seznam vybraných proměnných v systému SCADA

Samotná tvorba obrazovky HMI je poměrně snadná a provádí se v grafickém prostředí. Z dostupných prvků se vybírají vhodné pro danou aplikaci a přesouvají se do části okna, reprezentující obrazovku. Jednotlivé prvky mají parametry dle jejich funkce. Například na tlačítka lze navázat binární proměnné, které se po stisknutí změny dle konfigurace. Pomocí složení kombinace prvků se poskládá celá HMI obrazovka s jednotlivými dříve definovanými proměnnými. Podrobnější informace o práci v projektech myDESIGNER je možné získat v dokumentaci k tomuto softwaru. [32]

Výsledkem je ovládací obrazovka pro laboratorní úlohu, která je k vidění na obrázku 4.21. Popis jednotlivých prvků je uveden v tabulce 4.1.



Obrázek 4.21: Ovládací prostředí laboratorní úlohy

Číslo	Text	Číslo	Text
1	Zrušení přijaté objednávky před naložením	11	Manuální načtení ID na čtečce 1
2	Přítomnost transpondéru na čtečce 1	12	Manuální načtení ID na čtečce 2
3	Chyba čtečky 1	13	Odmítnutí objednávky
4	Informační a chybový řádek	14	Přijetí objednávky
5	Přítomnost transpondéru na čtečce 2	15	Světelná signalizace typu materiálu
6	Chyba čtečky 2	16	Stav objednávky
7	Reset čtečky 1	17	ID objednávky
8	Reset čtečky 2	18	Typ materiálu v numerickém formátu
9	ID transpondéru na čtečce 1	19	Objednané množství materiálu
10	ID transpondéru na čtečce 2	20	Skutečná hodnota naloženého materiálu

Tabulka 4.1: Tabulka popisující ovládací prvky obrazovky

■ 4.2.3 Pracovní cyklus pracoviště

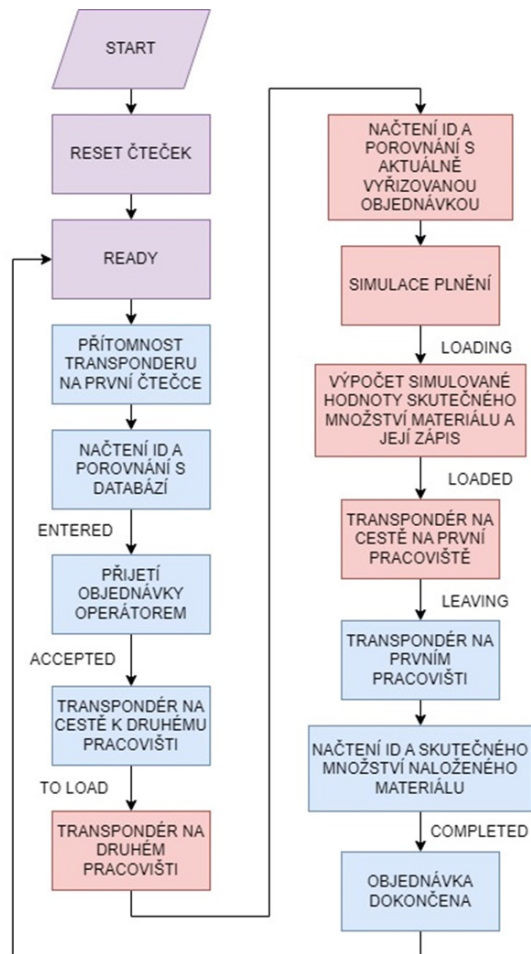
Po vytvoření a propojení jednotlivých dílčích prvků popsaných výše je k dispozici funkční modelová laboratorní úloha reprezentující nakládací pracoviště sypaných materiálů. Úloha je ovládána ze SCADA prostředí. Ovládací obrazovka s popisem je k vidění na obrázku 4.21. Postup úlohou je tedy následující.

Při prvním spuštění je potřeba provést reset obou čteček pomocí příslušných tlačítek na HMI. Pracovní cyklus začíná přiložením transpondéru k čtečce reprezentující vstupní pracoviště. Pokud bylo na transpondér uloženo ID objednávky, dojde k porovnání tohoto ID s databází. V případě shody se vypíše informace o objednávce v pravé části obrazovky. Objednávku je poté možné přijmout nebo odmítnout pomocí příslušných tlačítek na obrazovce HMI. V případě přijetí se rozsvítí světelná signalizace v závislosti na objednaném materiálu a druhé pracoviště je připraveno na příjezd transpondéru. Stav objednávky se nastaví na **ACCEPTED** a čeká se na transpondér, než dojde k opuštění pole čtečky jedna. Tento stav je zachycen HMI obrazovkou na obrázku 4.22 Když situace nastane, dojde ke změně stavu na **TO LOAD**. Tento stav signalizuje, že je nákladní vůz, reprezentován RFID transpondérem, na cestě na druhé pracoviště. Stav se zobrazují jednak na obrazovce HMI a stejně tak probíhá aktualizace stavu v databázi.



Obrázek 4.22: Zobrazení přítomnosti tagu v prostředí myDESIGNER

Ve chvíli, kde je transpondér detekován v poli druhé čtečky, tedy plnicího pracoviště, dojde k načtení ID objednávky a k zahájení simulovaného plnění. Stav je nastaven na **LOADING**. Po dokončení simulovaného plnění je stav nastaven na **LOADED** a pomocí pseudonáhodného čísla je vytvořena simulovaná hodnota skutečného množství naloženého materiálu. Tato hodnota je poté zapsána do paměti transpondéru. Ve chvíli, kdy transpondér opustí pole druhé čtečky, je stav nastaven na **LEAVING**. Nyní se čeká na transpondér na prvním pracovišti (čtečce). Jakmile je transpondér přítomný na první čtečce, dojde k načtení hodnoty skutečného naloženého množství materiálu a zapsání této hodnoty do databáze. Hodnota je také zobrazena na ovládací obrazovce HMI. Stav je nakonec nastaven na **COMPLETED** a tím je celý cyklus pracoviště dokončen. Je tedy možné přijmout nový vůz (transpondér) na prvním pracovišti. Celý pracovní cyklus je znázorněn graficky na schématu 4.23.



Obrázek 4.23: Schéma pracovního cyklu



Kapitola 5

Závěr

Cílem této práce bylo provést komplexní rešerši v oblasti RFID technologií s hlubší analýzou fyzikálních a elektrotechnických aspektů technologie a jejího praktického využití v průmyslovém prostředí. V rámci rešerše byly zkoumány principy fungování systémů RFID, včetně procesu komunikace mezi štítky a čtečkami. Teoretická část práce poskytla pevný základ pro následný návrh a aplikaci RFID systému v praktické části.

Praktická část práce se věnovala implementaci RFID technologie ve vybrané modelové aplikaci simulující zásobovací stanici dodavatele materiálů a směsí. Za tímto účelem byl nejprve vytvořen návod na zapojení a zprovoznění technologie v prostředí laboratoře. Následná část byla věnována programování a zprovoznění modelové laboratorní úlohy. Úloha úspěšně demonstruje funkcionalitu a výhody RFID technologie ve sledování a správě aktiv v průmyslovém prostředí.

Příloha A

Literatura

- [1] “Rfid basics - the rf in rfid,” c2024. [Online]. Available: <https://rfid4u.com/rf-in-rfid/>
- [2] “Rfid: The technology making industries smarter,” c2022. [Online]. Available: <https://www.ttelectronics.com/blog/rfid-technology/>
- [3] N. C. Karmakar, *Handbook of Smart Antennas for RFID Systems*. John Wiley & Sons, Incorporated, 2010.
- [4] “Rfid smart label,” c2024. [Online]. Available: <https://www.cphi-online.com/rfid-smart-label-prod1281765.html>
- [5] “13.56mhz rfid ic key tag,” c2024. [Online]. Available: <https://www.okuelectronics.com/store/sensors-modules/13-56mhz-rfid-ic-key-tag/>
- [6] J. Banks, D. Hanny, and L. G. Thompson, *RFID applied*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- [7] “Tsl 1128 bluetooth uhf rfid reader,” c2024. [Online]. Available: <https://www.barcodes.com.au/tsl-1128-bluetooth-uhf-rfid-reader/>
- [8] “Rfid a globální standard epc,” c2024. [Online]. Available: <https://www.gs1cz.org/wp-content/uploads/2022/08/publikace-epc-rfid.pdf>
- [9] “Rfid – radio frequency identification: Technologie rfid v kostce,” 2022. [Online]. Available: <https://www.conrad.cz/cs/clanky/kancelar-a-multimedia/rfid-technologie.html>
- [10] M. Schmidt, L. Thoroe, and M. Schumann, “Co-existence of rfid and barcode in automotive logistics,” in *Americas Conference on Information Systems*, 2010. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:17050749>

- [11] “Simatic ident manual,” c2024. [Online]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/632/109781632/att_1029840/v1/BA_RF18xC-RF18xCI_76_en-US.pdf
- [12] P. Bhattacharjee, “Fundamental to electromagnetic waves,” pp. 454–462, 02 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/368175583_Fundamental_to_Electromagnetic_Waves
- [13] D. M. Dobkin, *The RF in RFID*. Elsevier Science & Technology, 2007.
- [14] C. Kaczor, “What are rfid tags? how do rfid tags work?” 2023. [Online]. Available: <https://www.camcode.com/blog/what-are-rfid-tags/>
- [15] “What is the read range for a typical rfid tag,” c2024. [Online]. Available: <https://www.rfidjournal.com/faq/what-is-the-read-range-for-a-typical-rfid-tag>
- [16] “A guide to rfid types and how they are used,” c2024. [Online]. Available: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-resources/a-guide-to-rfid-types-and-how-they-are-used/>
- [17] “How to select a correct tag – frequency,” c2024. [Online]. Available: <https://rfid4u.com/rfid-frequency/>
- [18] K. Finkenzerler, *RFID Handbook*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Incorporated, 2010.
- [19] M. Baudin, “Rfid applications in manufacturing,” 2005. [Online]. Available: https://www.academia.edu/898440/RFID_applications_in_manufacturing
- [20] “Types of memory in rfid tags,” c2023. [Online]. Available: <https://rfid.it/en/content/12-types-of-memory-in-rfid-tags>
- [21] O. P. Günther and W. Kletti, *RFID in Manufacturing*. Springer Berlin / Heidelberg, 2008.
- [22] “Epc tag data standard,” 2019. [Online]. Available: https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/GS1_EPC_TDS_i1_12.pdf
- [23] P. Schmitt, F. Thiesse, and E. Fleisch, “Adoption and diffusion of rfid technology in the automotive industry,” *University of St.Gallen*, 01 2007.
- [24] D. Hawley, “What is a theft device immobilizer,” 2023. [Online]. Available: <https://www.jdpower.com/cars/shopping-guides/what-is-a-theft-device-immobilizer>
- [25] J. McKellar, “How does rfid in manufacturing work,” 2021. [Online]. Available: <https://blog.nortechcontrol.com/rfid-in-manufacturing>
- [26] A. Hafiz, “Automatic vehicle identification: What is it & how does it work,” 2020. [Online]. Available: <https://blog.nortechcontrol.com/automatic-vehicle-identification>



Příloha B

Seznam použitých zkratk

EPC	Electronic Product Code
HF	High Frequency
ISO	International Organization for Standardization
LF	Low Frequency
PLC	Programmable Logic Controller
RFID	Radio Frequency Identification
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
UHF	Ultra High Frequency