

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

---

Fakulta elektrotechnická  
Katedra zadávající téma diplomové práce

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

Přístupový systém s využitím RFID technologie

Autor práce: **Jakub Hronek**  
Vedoucí práce: **Kamil Kosturik**

---

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2021/2022

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub HRONEK**  
Osobní číslo: **E19N0059P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a aplikovaná informatika**  
Téma práce: **Přístupový systém s využitím RFID technologie**  
Zadávací katedra: **Katedra elektroniky a informačních technologií**

### Zásady pro vypracování

Navrhněte přístupový systém s využitím RFID technologie, který bude umožňovat řídit přístup do zabezpečených prostor a dále bude umožňovat řídit výdej pohonných hmot. Systém musí umožňovat flexibilní správu uživatelů a jejich oprávnění.

1. Navrhněte koncepci systému, která bude splňovat výše uvedené požadavky.
2. Vyberte vhodný způsob komunikace mezi jednotlivými částmi systému.
3. Navrhněte vhodné elektromechanické zabezpečení jak přístupu do chráněných prostor, tak zabránění neoprávněného čerpání pohonných hmot.
4. Navržené řešení zrealizujte.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60**  
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**  
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**


Seznam doporučené literatury:

Hervé Chabanne, Pascal Urien, Jean-Ferdinand Susini: RFID and the Internet of Things, ISTE Ltd 2011, ISBN:9781848212985

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kamil Kosturik, Ph.D.**  
Katedra elektroniky a informačních technologií

Datum zadání diplomové práce: **8. října 2021**  
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2022**



  
L.S.  

---

**Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**  
děkan

---

**Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem, vývojem a realizací systému určeného k přístupu, výdeji pohonných hmot a autorizaci osob do podnikových prostor pomocí technologie RFID. V první části práce je nastíněna topologie a dále je doložena teorie související s částmi navrženého systému. Dále je pak v této publikaci představen návrh a realizace hardwarového řešení. V poslední řadě je také zmíněno kompletní softwarové vybavení.

## **Klíčová slova**

RFID, přístupový systém, ESP32, WIFI, Ethernet, mikrokontrolér

## **Abstract**

This master thesis deals with the design, development and realization of a system designed for the access, fuel dispensing and authorization of persons to business premises using the RFID technology. The first part of the thesis outlines the topology and provides a theory related to the individual parts of the intended system. Furthermore, this publication presents the design and realization of the hardware solution. Lastly, the complete software equipment is provided too.

## **Key Words**

RFID, Access System, ESP32, WIFI, Ethernet, Microcontroller

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

*Podpis:*

-----

V Plzni dne 25.5.2022

Jakub Hronek

### **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Kamilu Kosturikovi, Ph.D za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval Bc. Petru Nebáznivému za poskytnuté rady z oblasti databází a tvorby webových aplikací.

# Obsah

Úvod.....	- 12 -
1. Základní informace a koncipování.....	- 13 -
1.1 Blokové schéma a principiální návrh.....	- 13 -
1.2 Výběr způsobu komunikace.....	- 15 -
1.2.1 Bezdrátová.....	- 15 -
1.2.2 WIFI.....	- 16 -
1.2.3 LoRa.....	- 17 -
1.2.4 Sigfox.....	- 17 -
1.2.5 Drátová.....	- 18 -
1.2.6 Ethernet.....	- 18 -
1.2.7 RS485.....	- 19 -
1.3 Bližší seznámení s RFID (Radio Frequency Identification).....	- 20 -
1.3.1 Kmitočty RFID.....	- 21 -
1.4 Elektromagnetický zámek.....	- 22 -
1.5 Měření průtoku-Průtokoměr.....	- 25 -
1.5.1 Průtokoměr s oválnými ozubenými koly.....	- 25 -
1.5.2 Turbinový průtokoměr.....	- 26 -
2 Výběr komponent hardwaru a reálný návrh.....	- 27 -
2.1 Výběr mikrokontroléru.....	- 27 -
2.2 Praktické řešení Hardware.....	- 28 -
2.2.1 Návrh hardware RFID přístupového systému.....	- 30 -
2.2.2 Schéma zapojení mikrokontroléru hardwaru pro RFID přístup.....	- 30 -
2.2.3 Schéma zapojení RFID čtečky.....	- 32 -
2.2.4 Schéma zapojení Napájecího Zdroje RFID přístupu.....	- 33 -
2.2.6 Schéma zapojení modulu napájecího síťového zdroje pro hardware RFID přístupu - 39 -	
2.2.7 Návrh desky plošného spoje modulu síťového zdroje.....	- 39 -
2.2.8 Schéma zapojení Ethernet POE modulu.....	- 40 -
2.3 Hardware pro výdej pohonných hmot.....	- 42 -
2.3.1 Schéma zapojení mikrokontroléru hardwaru pro výdej pohonných hmot.....	- 42 -
2.3.2 Schéma zapojení napájecího zdroje hardwaru pro výdej pohonných hmot.....	- 43 -
2.3.3 Návrh desky plošných spojů výdej pohonných hmot.....	- 44 -



2.3.4	Ethernet modulu pro výdej pohonných hmot.....	- 44 -
3	Softwarová část.....	- 46 -
3.1	HTTP.....	- 46 -
3.2	Databáze MySQL-MariaDB.....	- 47 -
3.3	Programovací prostředí pro programování platformy ESP32.....	- 47 -
3.4	Struktura programu Mikrokontroléru.....	- 49 -
3.5	Vývojový diagram a popis programu.....	- 50 -
3.5.1	Zpracování RFID tagu.....	- 51 -
3.6	Kontrolér serverová část.....	- 52 -
4	Zhodnocení závěr.....	- 53 -
5	Citace.....	- 55 -
6	Seznam Obrázků.....	- 58 -
7	Přílohy.....	- 60 -

## Seznam symbolů a zkratek

<b>Značka</b>	<b>Popisek</b>
<i>DPS</i>	Deska plošného spoje
<i>RFID</i>	Radio Frequency Identification
<i>EZS</i>	Elektronický zabezpečovací systém
<i>EPS</i>	Elektrická požární signalizace
<i>CCTV</i>	Closed circuit TV
<i>MIMO</i>	Multiple Inputs Multiple Outputs
<i>MAC</i>	Media access control
<i>EMAC</i>	Ethernet Media Access Controller
<i>RMII</i>	Reduce Media Independent
<i>WIFI</i>	Wireles fiedelity
<i>SMD</i>	Surface Mount Device
<i>THT</i>	Through-hole technology
<i>CAD</i>	Computer-aided design
<i>POE</i>	Power over Ethernet
<i>UART</i>	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
<i>JTAG</i>	Joint Test Action Group
<i>GPIO</i>	General-purpose input/output
<i>IOT</i>	Internet of Things
<i>I2C</i>	Inter-Integrated Circuit
<i>URL</i>	Uniform Resource Locator
<i>HTTP</i>	Hypertext Transfer Protocol
<i>HTTPS</i>	Hypertext Transfer Protocol Secured
<i>IEEE</i>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<i>JSON</i>	JavaScript Object Notation

---

## Úvod

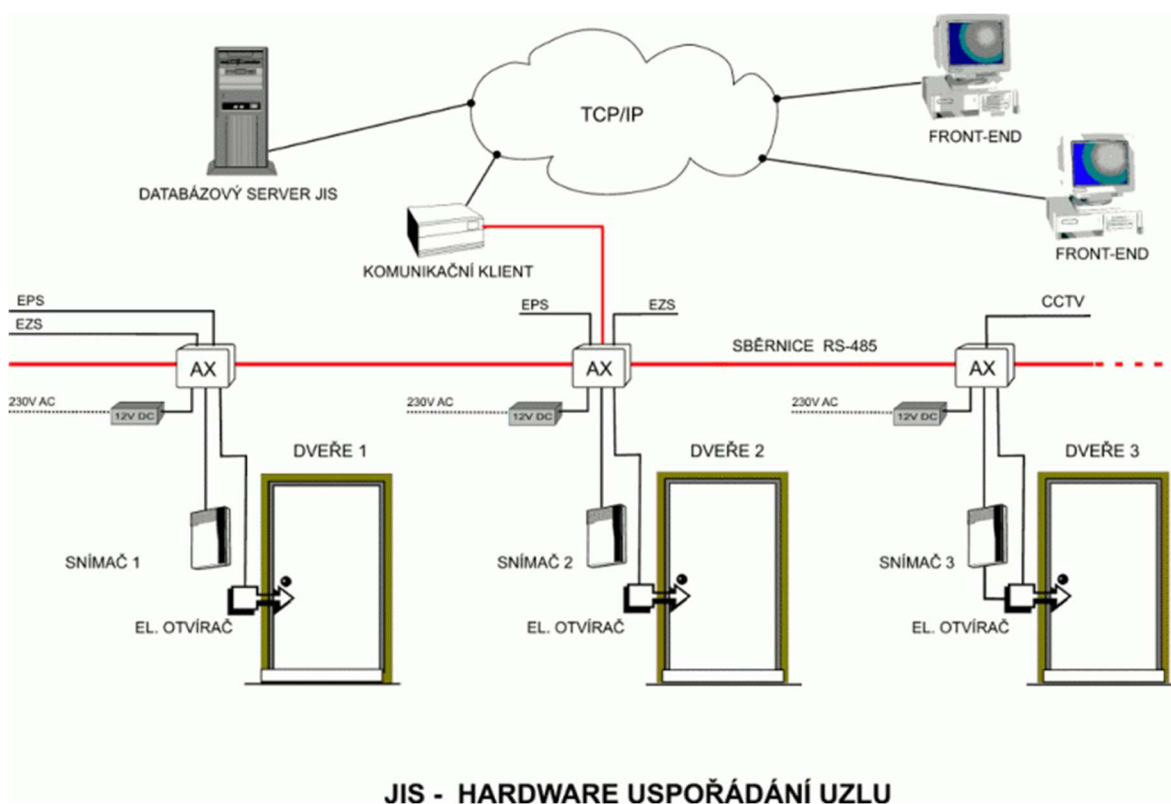
RFID systémy jsou velice rozšířené v nejrůznějších odvětvích, nejčastěji jsou používány v podobě osobních karet či tagů (transpondérů) pro přístup do podnikových či jinak chráněných prostor, případně pro jinou autorizaci osob. Jmenovitě lze uvést výdej pohonných hmot, kontrolu docházky nebo vydávání obědů. Ve spojení s různými databázemi a jinými službami pro uchovávání dat vzniká nástroj, díky kterému lze mít vše pod kontrolou a data dále zpracovávat. Tento způsob kontroly či autorizace je současně komfortní i pro uživatele.

Cílem této práce je navrhnout komplexní systém pracující s technologií RFID pro autorizaci osob při vstupu do podnikových prostor a také pro výdej pohonných hmot tak, aby byla data dostupná k dalšímu zpracování. První část práce je věnována základní představě o podobě systému, vysvětlení funkce RFID a výběru drátové či bezdrátové technologie pro propojení zařízení s databází. Další části pak obsahují samotný návrh DPS výběru komponent a také samotnou realizaci tohoto hardwaru, který je dále doplněn o příslušný software.

Motivací pro volbu tohoto tématu je i samotná integrace vytvořeného zkoumaného systému do konkrétního podniku, kde je v současné době velké množství informací evidováno pouze v sešitech, což je nejen nekomfortní, ale také nepřehledné. V případě evidence výdeje pohonných je také nutný přepis do Excelových tabulek, aby byly spočítány průměrné spotřeby a následně vypracována ekonomická rozvaha na dopravu. Aplikování zmíněného systému do chodu této firmy by přineslo mnohé benefity. V neposlední řadě bude možné predikovat docházející palivo v rezervoáru, ze kterého jsou pohonné hmoty čerpány, a včas vytvořit objednávku.

# 1. Základní informace a koncipování

Koncepce tohoto systému by se dala přirovnat k systému JIS (viz Obr. 1) od společnosti ekoTIP ID s.r.o., který je provozován například také na Západočeské univerzitě. U zmíněného systému je jako přenosový kanál mezi jednotlivými čtecími zařízeními použita sběrnice RS485, což je velice solidní a odolná sběrnice, která je jednoduchá na obsluhu. Data z této sběrnice jsou přiváděny do komunikačního klienta, který dále po síti komunikuje pomocí TCP/IP protokolu. Jako přenosový kanál zde slouží Ethernet. Dochází zde ke komunikaci s databází a také s Frontend aplikací na PC. Díky propojení čteček přes jednotky AX lze také tento systém rozšířit o EZS a EPS nebo také o CCTV kamery [1]. Díky využití RS485 je toto řešení poměrně levné.

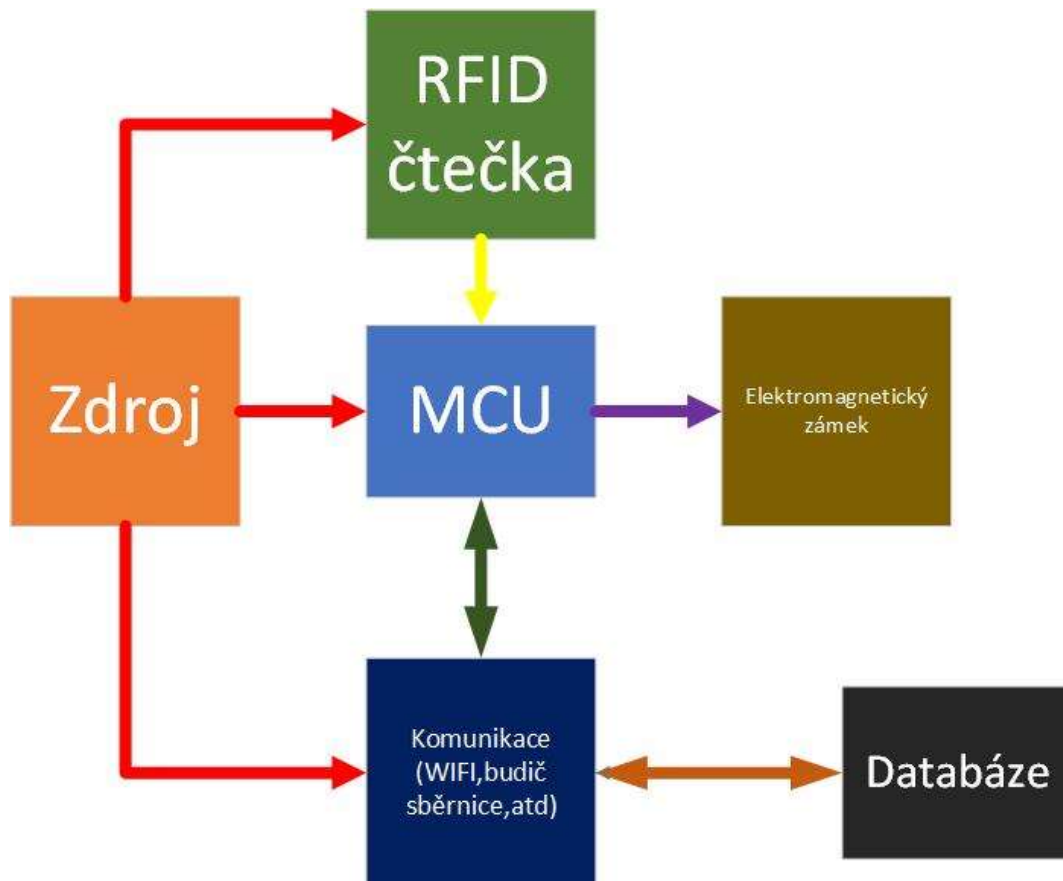


Obr. 1: uspořádání systému JIS. [1]

## 1.1 Blokové schéma a principiální návrh

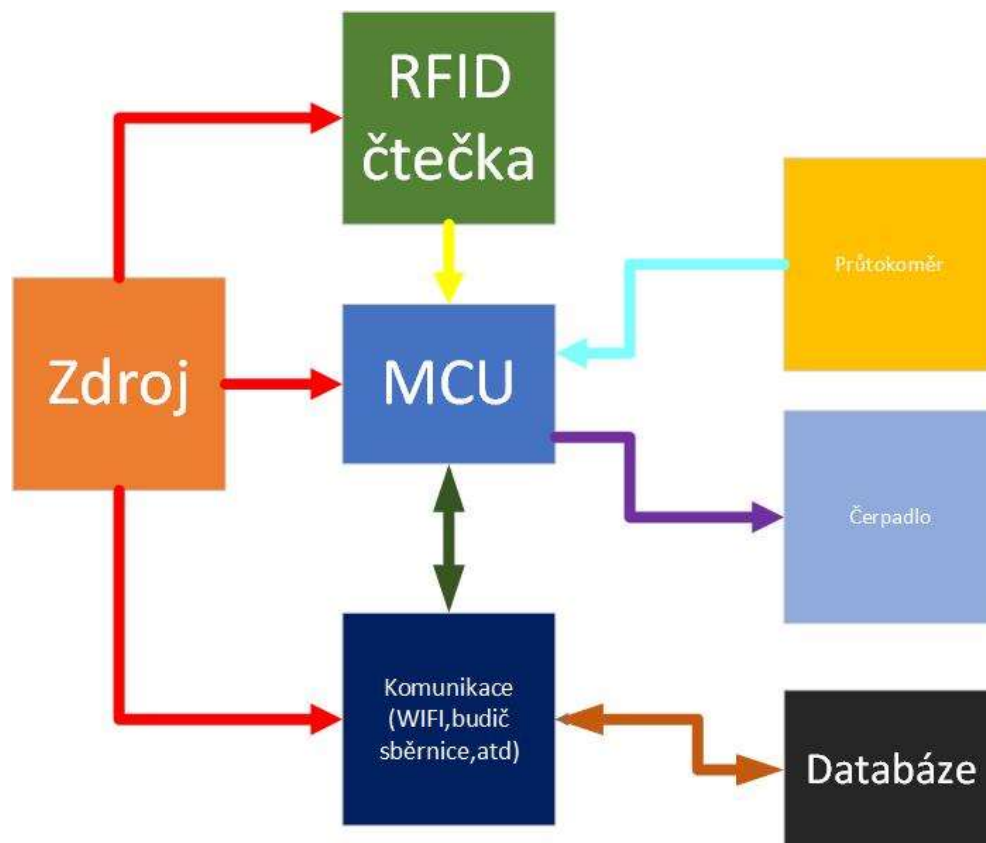
Nejdříve je potřeba se zamyslet nad topologií systému, a to u obou zařízení, jak pro přístup do podnikových prostor (viz Obr. 2), tak pro výdej pohonných hmot. V případě obou zařízení představuje srdce celého hardwaru mikrokontrolér, který komunikuje s integrovaným obvodem RFID čtečky zajišťujícím načtení karty či tagu. Dále je nutné

zabezpečit nějaký typ přenosového kanálu mezi zařízením a databází, aby informace s ID číslem karty dorazily do databáze a byly v ní zpracovány. Po obdržení odpovědi z databáze v mikrokontroléru by v případě, že má karta s dotyčným ID přístup do příslušných prostor, měl mikrokontrolér daný prostor pomocí elektromagnetického zámku zpřístupnit. To platí u zařízení které zabezpečuje přístup do prostor. Součástí tohoto zařízení je také zdroj, který celé zařízení napájí.



Obr. 2: Blokové schéma přístupový systém.

U systému pro výdej pohonných hmot (viz Obr. 3) je blokové schéma téměř totožné, ovšem namísto elektromagnetického zámku je zde spínáno čerpadlo, a navíc se zde nachází průtokoměr, díky kterému je možné měřit množství natankovaného paliva. Tato hodnota je po ukončení tankování odeslána do databáze.



Obr. 3: Blokové schéma výdej pohonný hmot.

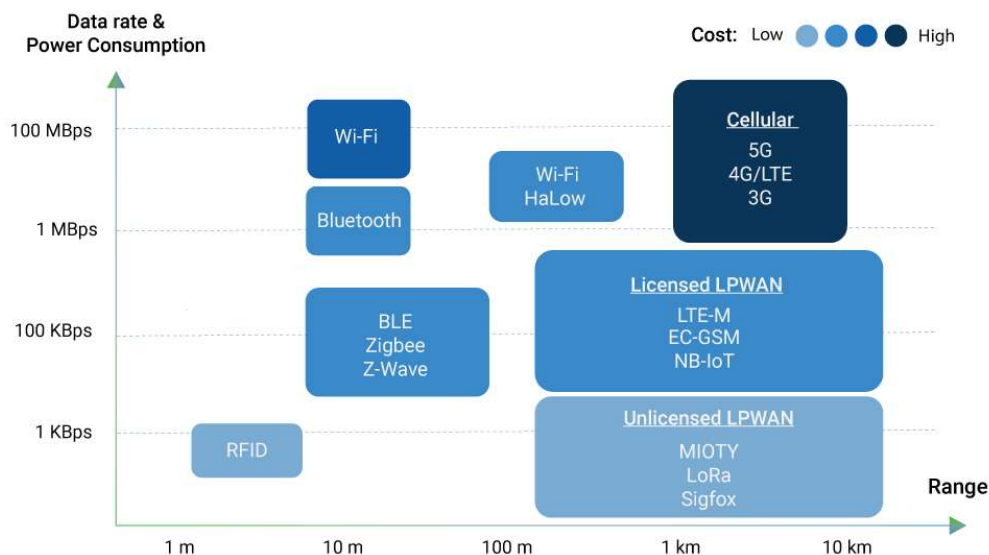
## 1.2 Výběr způsobu komunikace

V této kapitole jsou popsány různé druhy drátové a bezdrátové komunikace, které byly zvažovány k implementaci. Komunikace je pro toto zařízení životně důležitá. Pokud by se nemohlo zařízení z nějakého důvodu spojit s databází a ověřit uživatele, jednalo by se o veliký problém a dotyčný by v takovém případě musel použít klíč, což je vyústění, kterému se chceme vyvarovat. Budeme-li zvažovat nějaký druh komunikace po metalickém vedení, nebo naopak bezdrátovou alternativu, zjistíme, že obě možnosti mají své výhody i svá úskalí, která budou v této kapitole zvážena.

### 1.2.1 Bezdrátová

Zásadní výhodou bezdrátové komunikace je absence vodičů pro komunikaci, jelikož jediné, co je potřeba, je zajistit napájení zařízení. Díky této vlastnosti je implementace do již postaveného objektu o něco jednodušší. Nevýhodou však může být možné rušení či zarušení některých frekvenčních pásem anebo nedostatečná síla signálu. Možností je celá řada, kdy

uživatelské rozdíly jsou hlavně komunikační rychlost a komunikační vzdálenost. U Low Power zařízení je ještě hleděno na spotřebu energie (viz Obr. 4).



Obr. 4 :Srovnání různých bezdrátových technologií. [2]

## 1.2.2 WIFI

WIFI je v dnešní době asi nejrozšířenější bezdrátovou komunikací vůbec. Díky rozmachu IOT a různým smart home zařízením může WIFI obsahovat prakticky jakýkoliv předmět, na který si vzpomeneme, například i zubní kartáček. WIFI se dále také označuje podle standardu IEEE 802.11. Dnes jsou nejčastěji pro tento standart vymezena pásma 2.4Ghz a 5Ghz, přičemž zmíněná dvě pásma jsou dále rozdělena ještě na řadu subpásem, aby se zamezilo vzájemnému rušení sousedících sítí. Standart IEEE 802.11 vznikl již v roce 1990, od této doby doznal řadu změn a byl doplněn o mnoho dodatků. Tyto dodatky jsou zpravidla označovány písmeny. Například IEEE 802.11n, také označována jako WIFI 4, upravuje fyzickou vrstvu a podčást linkové vrstvy MAC za účelem zvýšení rychlosti přes 100 Mbit/s, přičemž maximum může být až 600 Mbit/s. Zvýšení rychlosti je také docíleno pomocí tzv. Multiple Input Multiple output technologie, pro kterou se vžila zkratka MIMO. Původní přenosová rychlost byla pouze 2Mbit/s, dnes dosahuje již rychlosti 3466.8 Mbit/s, a to u standartu, který je označován jako IEEE 802.11ac nebo také jako WIFI 5. Tím nejnovějším standardem je 802.11ad, který je někdy také označován jako WIFI 6. Operuje na kmitočtu

---

60GHz a maximální přenosová rychlost je 6.7Gb/s. Tato vysoká rychlost je však vykoupena malou vzdáleností. Vzdálenost, na kterou je WIFI schopna operovat (přenášet data), je ve vnitřních prostorech maximálně sedmdesát metrů, ve venkovních prostorech něco málo přes sto metrů. Vzdálenost je však závislá na vícero faktorech, jako jsou například použitá anténa a materiál zdiva. Pro zvětšení vzdálenosti lze však použít komerční řešení v podobě repeateru. Výhodou, která je velkou motivací pro implementaci WIFI do RFID přístupového systému, je často již existující infrastruktura, kterou je nutné doplnit kupříkladu jen o pár komponent, které jsou komerčně dostupné.

### 1.2.3 LoRa

Lora je zkratka pro Long Range, z čehož vyplývá její podstata, protože na rozdíl od WIFI poskytuje možnost přenášet data na vzdálenost v řádech kilometrů. LoRu řadíme mezi technologie LPWAN (Low Power Wide Area Network). Tento standard je typický pro zařízení s malou spotřebou energie (tzv. Low Power), která vysílají malý objem dat na velkou vzdálenost. LoRa je provozována v pásmech, která nepodléhají licenci, takzvaná ISM pásma (industrial, scientific and medical), díky čemuž je tato služba bezplatná. Povolené kmitočty se liší dle jednotlivých světových regionů. V Evropě je to 867-869Mhz, přičemž maximální povolený vysílací a přijímací výkon je 14dBm a maximální přenosová rychlost je 50 Kbit/s. Tyto hodnoty lze také brát jako určitá pravidla, díky kterým je používání komfortní a bezproblémové i pro ostatní uživatele. Tato technologie je vhodná zejména pro odlehlé oblasti, kde není jiné pokrytí. Topologie sítě LoRaWAN je většinou hvězda, což znamená, že provoz vyžaduje určitý gateway, který je v topologii umístěn do středu. Daný gateway si buď můžeme vytvořit sami, nebo můžeme použít nějaký od určitého operátora v oblasti.[3]

### 1.2.4 Sigfox

Tato technologie je závislá na operátorovi, tedy přímo na společnosti Sigfox, která provozuje základnovou stanici, proto je tedy účtovaný poplatek za každé zařízení na rok, který činí s předplatným Discovery pro běžného uživatele k dnešnímu datu, tedy k 26.4.2022, 335Kč. Na území České republiky pokrytí touto sítí tvoří 94%. Co se týká komunikačních vzdáleností, u Sigfoxu jsou zhruba stejné jako u technologie Lora, to znamená v řádu kilometrů. Stejně tak může být tento systém opět klasifikován jako LPWAN.



---

Z toho důvodu lze tato zařízení napájet baterií. Sigfox také stejně jako LoRa pracuje v sub-gigahertzovém pásmu.

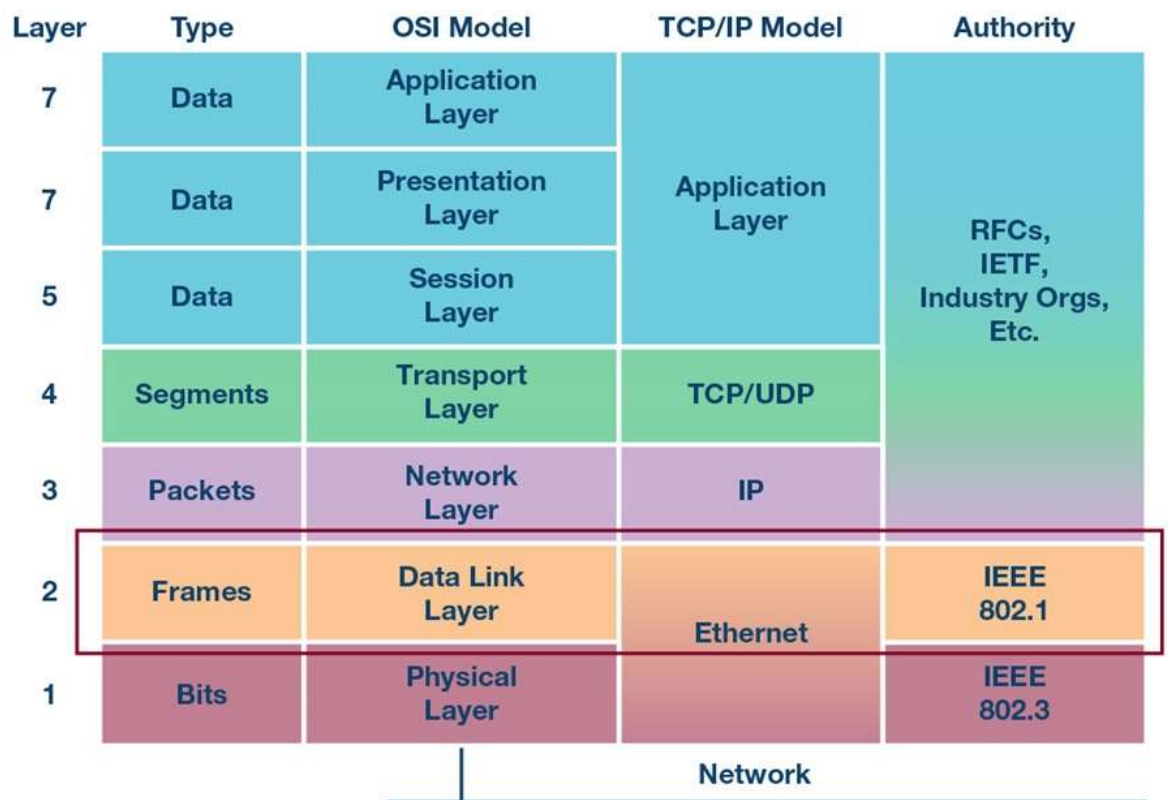
### **1.2.5 Drátová**

Komunikace po metalickém vedení je zpravidla spolehlivější, ale je zde problém s implementací do stávajících, již hotových prostor bez potřeby stavebních úprav.

Můžeme zde zvažovat různé průmyslové sběrnice nebo také některé běžnější řešení, jaké představuje Ethernet.

### **1.2.6 Ethernet**

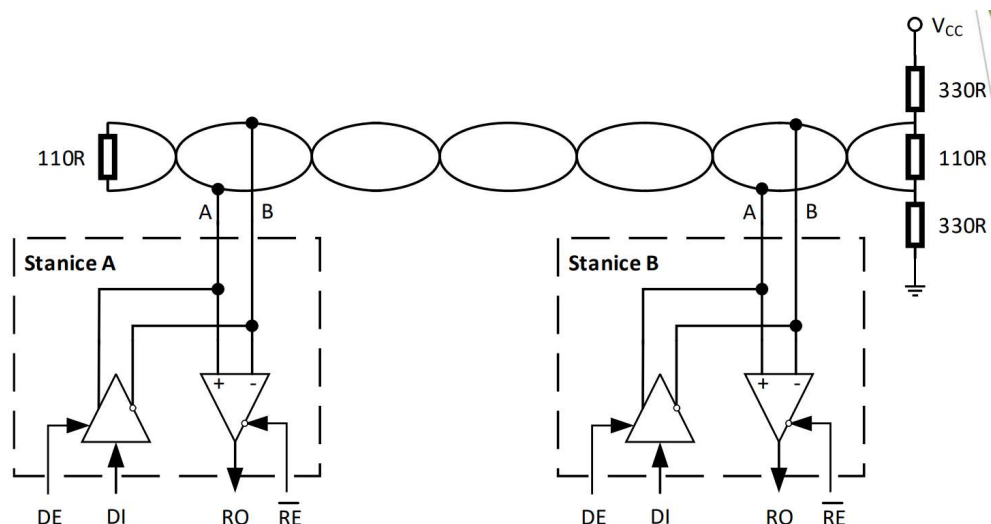
Ethernet je sériovou komunikační sběrnicí, ve fyzické vrstvě je definován specifikací IEEE 802.3 a je doplněn také o linkovou vrstvu. Tato sběrnice byla vyvinuta firmou Xerox na konci 70let. Rychlost této sběrnice byla postupně navyšována. U původní specifikace byla rychlost 10Mb/s, v dnešní době je rychlost již na 10Gb/s. Rychlost a vzdálenost, na kterou jsme schopni komunikovat, závisí na linkové vrstvě, ale z velkého i na fyzické vrstvě, která historicky začínala u koaxiálního kabelu. V dnešní době je nejhojněji používán S/F/UTP kabel, který se rozděluje do kategorií, které se liší v technickém provedení stínění, kroucení vodičů. V závislosti na technickém provedení je tedy možné zvyšování rychlostí. Například pro kabel kategorie CAT5e je maximální komunikační vzdálenost 100M a komunikační rychlost 1Gb/s. Takto vysoká rychlost je také způsobena plně duplexní komunikací. UTP kabel je nejčastěji zakončen konektory RJ45. Při použití této fyzické vrstvy je také možnost využití POE (Power Over Ethernet). Jak už název napovídá, je zde umožněno přivést napájení skrze Ethernet, kdy jsme schopni se s výkonem dostat až na 71 W. Při těchto výkonech dosahuje napěťová hladina vyšších úrovních a je tedy nutné jí snížit. Nejmodernější alternativou pro fyzickou vrstvu je použití optických vláken, kdy je možné komunikovat na velkou vzdálenost při vysoké komunikační rychlosti. Tyto výhody jsou ale vykoupeny vysokou cenou hardwaru. Při použití UTP je hardwarová infrastruktura levná a běžně dostupná. Příkladem mohou být různé Switche, Routery a další. Další výhodou může být kombinace této infrastruktury s WIFI sítí. To může být velkou výhodou, protože u jiných sběrnic je pro spojení drátových a bezdrátových sítí potřeba speciálních hubů [4].



Obr. 5 : ISO/OSI model. [5]

### 1.2.7 RS485

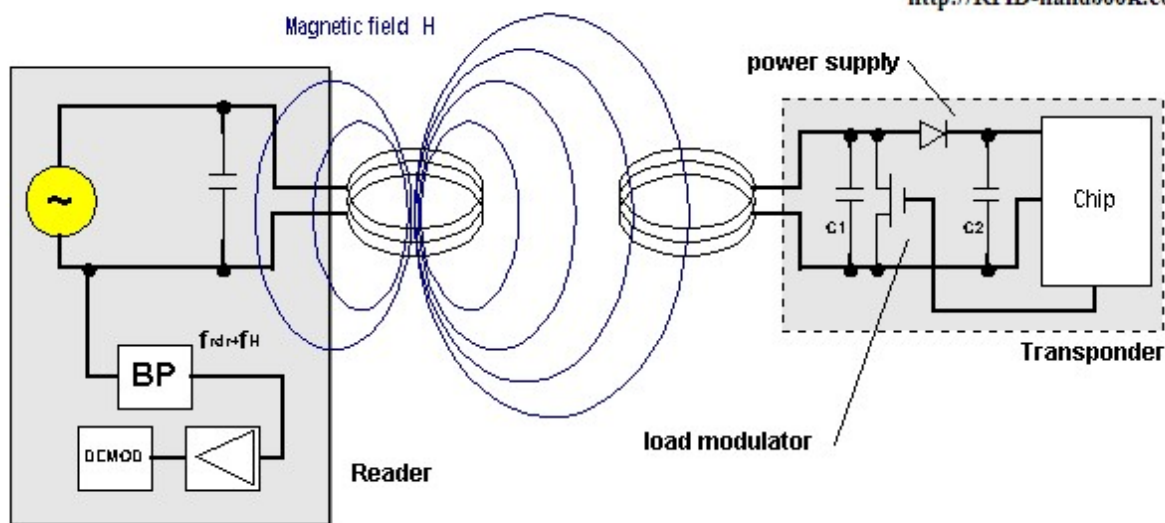
Jedná se o sériovou sběrnici, kde jednotlivé stanice, kterých může být až 32, jsou propojeny kroucenou dvojlinkou, jež je ukončena zakončovacími impedancemi (viz Obr. 6). Mezní hodnota pro maximální délku kroucené dvoulinky je 1200M. Je zde využíváno polo duplexního přenosu. Topologické uspořádání by mělo být v ideálním případě sběrnice. Přenosová rychlost dosahuje maximálně 12Mbit/s. Jde tedy jen o standart sériové komunikace, který nejčastěji využívá komunikační protokoly Profibus nebo Modbus[6]. Jak už bylo zmíněno, tato sběrnice je využívána u systému JIS. Dále nachází své uplatnění také u firmy JABLOTRON alarms při propojování jednotlivých komponent jejich zabezpečovacího systému. Velkou oblíbenost takto zastaralé sběrnice si lze vysvětlit zejména přívětivou cenou a jednoduchostí.



Obr. 6 : Sériová sběrnice RS485 [6]

### 1.3 Blíže seznámení s RFID (Radio Frequency Identification)

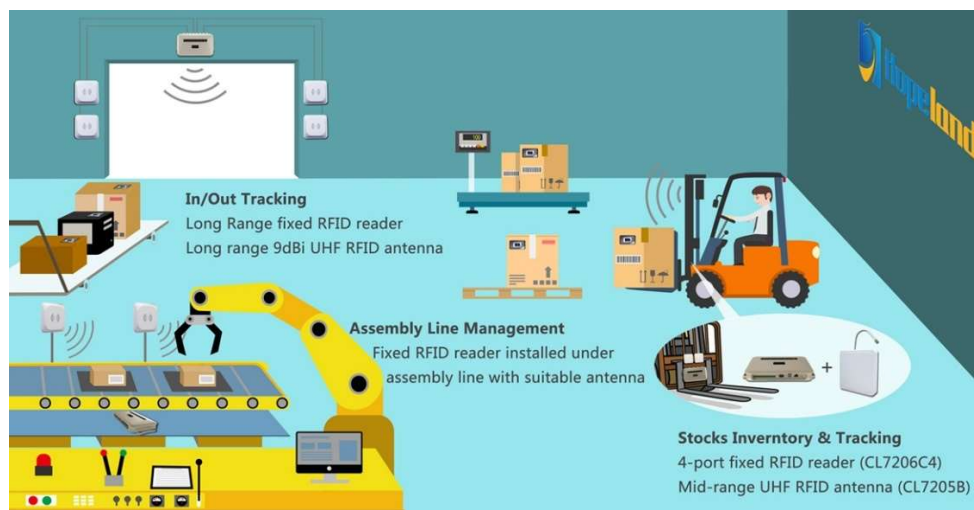
Jedná se o bezdrátovou technologii založenou na rádiovém přenosu dat. Základním kamenem je anténa určená pro jednosměrnou či obousměrnou komunikaci, pak také transpondér, který může být aktivní anebo pasivní v závislosti na napájení. Příkladem pasivního transpondéru s cizím napájením může být tag či karta a příkladem aktivního s vlastním napájením může představovat mobilní telefon. Pasivní transpondér obsahuje anténu, mikroprocesor a také kondenzátor. Funkce tohoto pasivního transpondéru (viz Obr. 7) je založena na nabití kondenzátoru skrze anténu pomocí elektromagnetického pole. Po nabití hradí tento kondenzátor spotřebu mikroprocesoru, který skrze anténu odesílá či přijímá amplitudově zmodulovaná data. Transpondéry lze také rozdělit na Read only a Read and Write. Jedním z prvních odvětví, kde se tato technologie objevila, byl automobilový průmysl, a to konkrétně v imobilizéru automobilu. Dnes je tato technologie nejhojněji používána pro osobní karty, pro přístup do prostor parkování a také v kartách na městskou dopravu. Dalšími odlišnými příklady mohou být RFID tištěné štítky pro evidenci skladových zásob nebo také RFID zařízení pro sensoriku, jež obsahují vedle samotného tištěného RFID zařízení také tištěnou sensoriku. Díky této skutečnosti umožňuje hodnoty skrze RFID ze sensorů vyčíst. Vedle výše zmíněného využití v průmyslu nachází tato technologie široké spektrum uplatnění, mimo jiné také v medicíně.[7]



Obr. 7 : Princip systému s pasivním Transpondérem

### 1.3.1 Kmitočty RFID

Kmitočty využívané v RFID můžeme rozdělit do tří skupin dle využívaného frekvenčního rozsahu. První skupina zahrnuje nízké frekvence mezi 30 až 300Khz. V této skupině jsou nejčastěji zastoupeny zařízení pracující na frekvenci 125Khz, přičemž nejčastěji se jedná o osobní identifikační karty či tagy. Dále sem také patří čipy pro domácí mazlíčky dle normy ISO 14223. Čtení karet či tagu je zde možné na vzdálenost v řádu centimetrů. Druhou skupinou jsou RFID systémy pracující ve frekvenčním rozsahu 3 až 30Mhz. Dnes pravděpodobně nejčastěji používaným kmitočtem je 13.56Mhz, který nachází využití u osobních identifikačních karet, ale také u karet platebních. Na tomto kmitočtu je provozován NFC bližší specifikace dle normy ISO/IEC 18092. Tato frekvenční hladina je používána i ve skladech pro evidenci zboží, a to díky vyšší vzdálenosti čtení, která činí až jeden metr. Třetí, a zároveň poslední, jsou ultra vysoké kmitočty 300 až 3000MHz. Opět je tento rozsah kmitočtů využíván ve skladech a pro sledování výrobního cyklu, z čehož vyplývá, že nachází uplatnění zejména v průmyslu 4.0 (viz Obr. 8). Nejčastějším kmitočtem je 960Mhz a vzdálenost, na kterou je zde možné čtení, je v řádu desítek až stovek metrů [7].



Obr. 8 : RFID v průmyslu 4.0 [8]

#### 1.4 Elektromagnetický zámek

Dnes jsou nabízeny tři různé konstrukce elektromagnetického zámku. První z nich (viz Obr. 9) představuje zámek, který je průchodem proudu cívkou otevřen. Princip je založen na elektromagnetické indukci. Základní součástí je cívka s jádrem z magneticky měkké oceli a pohyblivá západka (kotva) s pružinou nebo bez. Při průchodu proudu cívkou je vytvořeno elektromagnetické pole, jenž přitáhne západku, která uvolní dveře. Pokud se jedná o verzi s pružinou, tak po přerušení dodávky proudu západka zase odpadne a dveře jdou zabouchnout. Celý tento zámek je zakomponován v zárubních dveří a předpokládá se, že dveře budou mít na jedné straně kliku a na druhé kouli, jdou tedy z jedné strany otevřít. To je důležité hlavně kvůli požární bezpečnosti, kdy jde prostor zevnitř otevřít a evakuovat se. Toto řešení je asi nejhojněji využíváno a můžeme jej nalézt například v bytových domech.



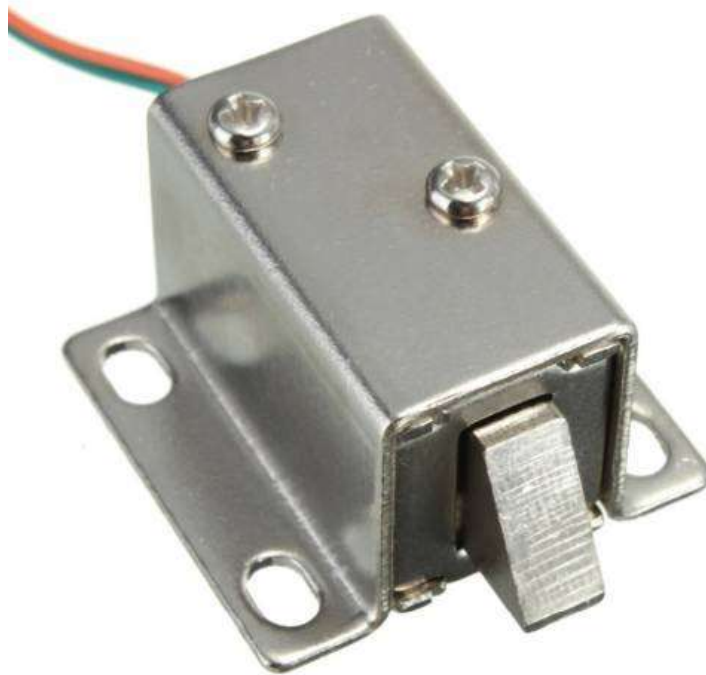
Obr. 9 : Elektromagnetická zámek nejčastější konstrukce.[9]

Druhý typ konstrukce (viz Obr. 10) je téměř stejný, s tím rozdílem, že cívka s jádrem je přišroubována na zárubních dveří a kotva je přišroubována na dveřích. U tohoto principu je kotva při průchodu proudu cívkou přitahována pro zajištění dveří v zamknutém stavu. Je tedy nutné, aby cívkou neustále procházel proud, což se projevuje jako značná nevýhoda. Další nevýhodou je fakt, že celý zámek nelze tak elegantně zakomponovat do již hotových dveří, jako je tomu u první varianty. Dále je nutné vyřešit otevírání zevnitř, například pomocí vypínače s rozpínacím kontaktem, který přeruší proud do cívky a dveře jsou následně uvolněny.



Obr. 10 : Elektromagnetická zámeč druhý typ konstrukce.[10]

Třetí konstrukce elektromagnetického zámku (viz Obr..11) využívá cívku s pohyblivým jádrem, které funguje zároveň jako západka do dveří. Jádro je v závislosti na směru protékajícího proudu buď vtahováno, nebo naopak odpuzováno. Je tedy možné vrátit západku do polohy zamčeno buď elektricky, například pomocí H můstku, nebo může být tato konstrukce doplněna pružinou, která západku vrací.



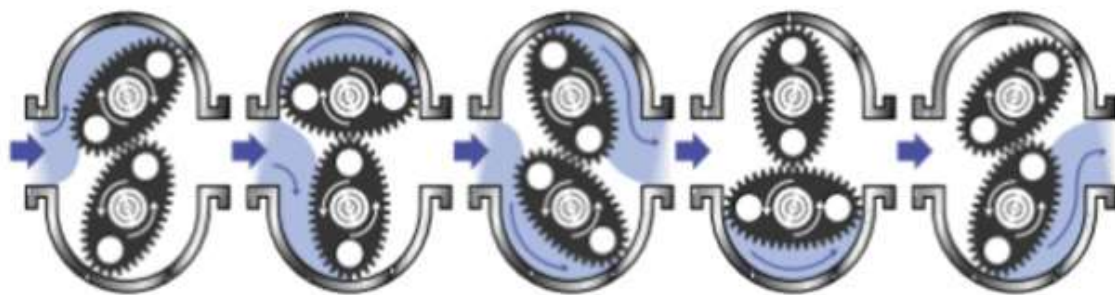
Obr..11 : Elektromagnetická zámeč třetí typ konstrukce.[11]

## 1.5 Měření průtoku-Průtokoměr

Pro měření průtoku je možné využít celou řadu průtokoměrů na různých elektromechanických nebo elektrických principech. Měření průtoku pohonných hmot je specifická věc a nelze na tuto problematiku uplatnit jakoukoliv metodu senzorky průtoku kapalin. Je třeba vzít v úvahu rovněž cenu, jelikož se nejedná o precizní měření například v chemické laboratoři či továrně, ale jde o komerční využití, je nutno zvážit ekonomickou rentabilitu řešení. Cena zařízení by se tedy měla pohybovat maximálně v řádu desetitisečů.

### 1.5.1 Průtokoměr s oválnými ozubenými koly

Tento druh průtokoměru můžeme řadit mezi objemové průtokoměry. Princip tohoto průtokoměru je založen na odměrné komoře o známém objemu, ve které jsou umístěny dvě oválná ozubená kola, která do sebe zapadají, a při průchodu kapaliny se tak otáčejí obě naráz (viz Obr. 12). Komora je tímto způsobem střídavě plněna a vyprazdňována. Pro zjištění množství proteklé kapaliny je proto nutné znát polohu ozubení od začátku měření, popřípadě vědět kolikrát se kola otočila dokola. K jejich snímání stačí rotační enkodér s dostatečnou přesností. Tento princip je hojně využíván právě pro měření průtoku pohonných hmot olejů a jiných ropných produktů. Přesnost měření závisí zejména na kvalitě mechanického zpracování průtokoměru. Nevýhodou tohoto typu průtokoměru je však ztráta tlaku.[12]

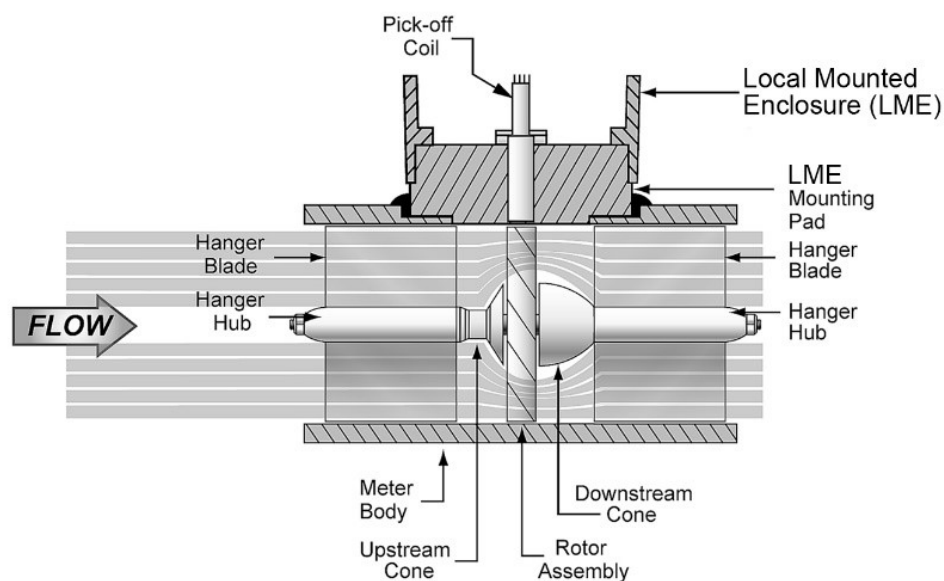


Obr. 12 : Průtokoměr s oválnými ozubenými koly.[12]



## 1.5.2 Turbinový průtokoměr

Jedním z nejjednodušších průtokoměrů je turbínový průtokoměr, jenž je tvořen trubkou, v níž je vložena vrtulka (turbína) orientovaná tak, že je v ose proudící kapaliny. Při průtoku kapaliny je pak vrtulka roztáčena a otáčí se kolem dokola. Poloha této vrtulky je snímána indukčně (viz Obr. 13). Další možností je snímání elektromagnetického pole, které je vytvářeno magnety na konci každého listu vrtule. Intenzita elektromagnetického pole je následně snímána pomocí Hallovy sondy. Výstupem Hallovy sondy jsou pak pulzy. Při použití Hallova principu je těleso průtokoměru trubka, například z mosazi nebo plastu. Materiál je zvolen tak, aby bylo magnetické pole a otáčení co nejméně ovlivněno.



Obr. 13 : Turbinový průtokoměr s indukčním snímačem.[13]

---

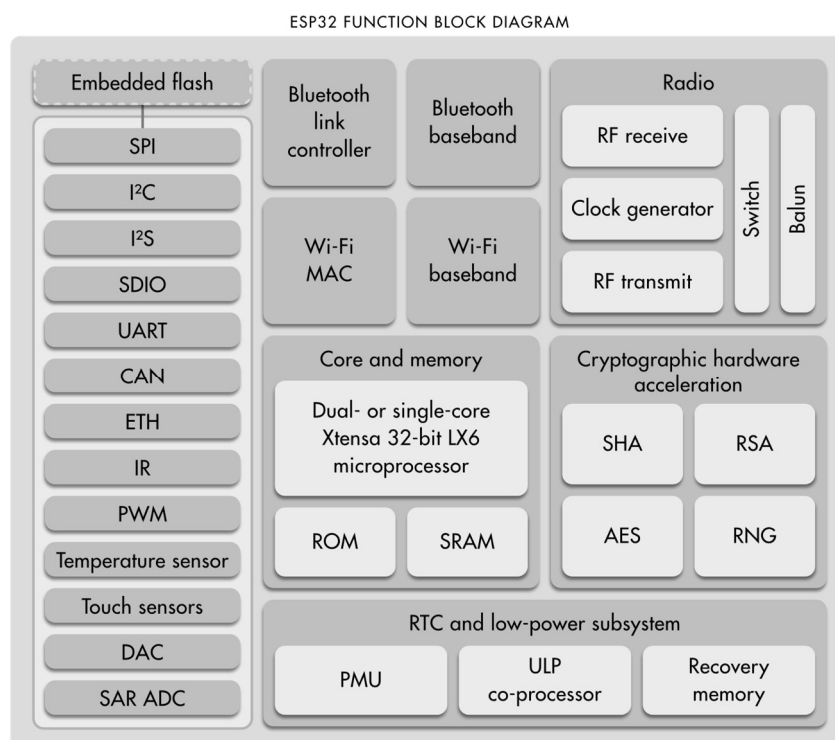
## 2 Výběr komponent hardwaru a reálný návrh

Tato kapitola se zabývá reálným návrhem systému a výběrem vhodných komponent s ohledem na jejich technické specifikace dostupnost a v neposlední řadě také cenu.

### 2.1 Výběr mikrokontroléru

Tím hlavním, co celé zařízení řídí a kontroluje, je mikrokontrolér. To znamená, že je při výběru nutno dbát na splnění určitých specifikací. V našem případě bude nutné dbát zejména na podporu nějakého z probíraných způsobů komunikace. Na trhu je dnes nabízena celá řada rozličných mikrokontrolérů různých výrobců s rozmanitými jádry, ať už jde o 32bitové mikrokontroléry s jádrem navrhnutým firmou ARM, nebo jiné. U ARM je navržena celá řada jader s různými vlastnostmi označovanými písmeny, která specifikují použití. Například jádro ARM Cortex-R je určeno pro real time náročné aplikace, které vyžadují vysokou spolehlivost a jsou určeny například k řízení pohonů. ARM následně poskytuje licenci výrobcům mikrokontrolérů.[14] Výrobci jako například STMicroelectronics nebo NXP a další následně jádro vezmou a přidají k němu své periferie a vyrobí mikrokontrolér[14]. Vzhledem k předchozí zkušenosti s mikrokontroléry STM32 bylo zvažováno jejich použití, ale po provedení průzkumu trhu se jako vhodný kandidát jeví pouze mikrokontroléry řady STM32WBxx, u kterých je možnost Bluetooth konektivity. Konkrétně se jedná o STM32WB55 nebo je zde možnost Zigbee či OpenThread, potom se jedná mikrokontroléry STM32WB30 nebo STM32WB35. Tyto mikrokontroléry jsou postaveny na jádru ARM Cortex, a to konkrétně na M4 nebo M0+[15]. Ostatní řešení většinou vyžadují připojení externího modulu pro komunikaci, což zabírá mnoho prostoru na DPS, kterého není pro tuto konstrukci mnoho. Bluetooth komunikace byla ale zavržena z důvodu potřeby dalšího zařízení pro komunikaci s databázovým serverem. Dále byla primárně zvažována komunikace WIFI, u které je již hotová infrastruktura sítě. Na základě rozhodnutí obstarat extra gateway zařízení pro Zigbee a Bluetooth byl po delším hledání zvolen čínský výrobce mikrokontrolérů Espressif. Tato společnost vyrábí celou řadu mikrokontrolérů a mikrokontrolérových modulů, které umožňují WIFI konektivitu. Většina jejich nabídky je postavena na jádrech Xtensa, které jsou navrhovány americkou společností Tensilica Inc. Espressif dnes také vyrábí malou řadu mikrokontrolérů založenou na open source jádrech RISC-V. Největší výhodou u mikrokontrolérů tohoto výrobce je velká

flexibilita. Co se týče jejich konektivity, k dispozici je už zmíněná WIFI, dále také Bluetooth. Vedle těchto možností mají k dispozici také komunikaci Esp-now, což je jejich vlastní protokol pro bezdrátovou komunikaci využívající stejně jako WIFI či Bluetooth 2.4Ghz. Dalšími zajímavými perifériemi u těchto mikrokontrolérů může být například teplotní senzor nebo senzor magnetického pole. Také je zde podpora pro Ethernet, který je pro záměr této práce také zajímavou alternativou. Nejzastoupenějšími mikrokontroléry je řada s označením ESP32 s jádrem Xtensa lx6 (viz Obr. 14). Za zmínku ještě stojí, že se jedná o dvoujádrový mikrokontrolér.



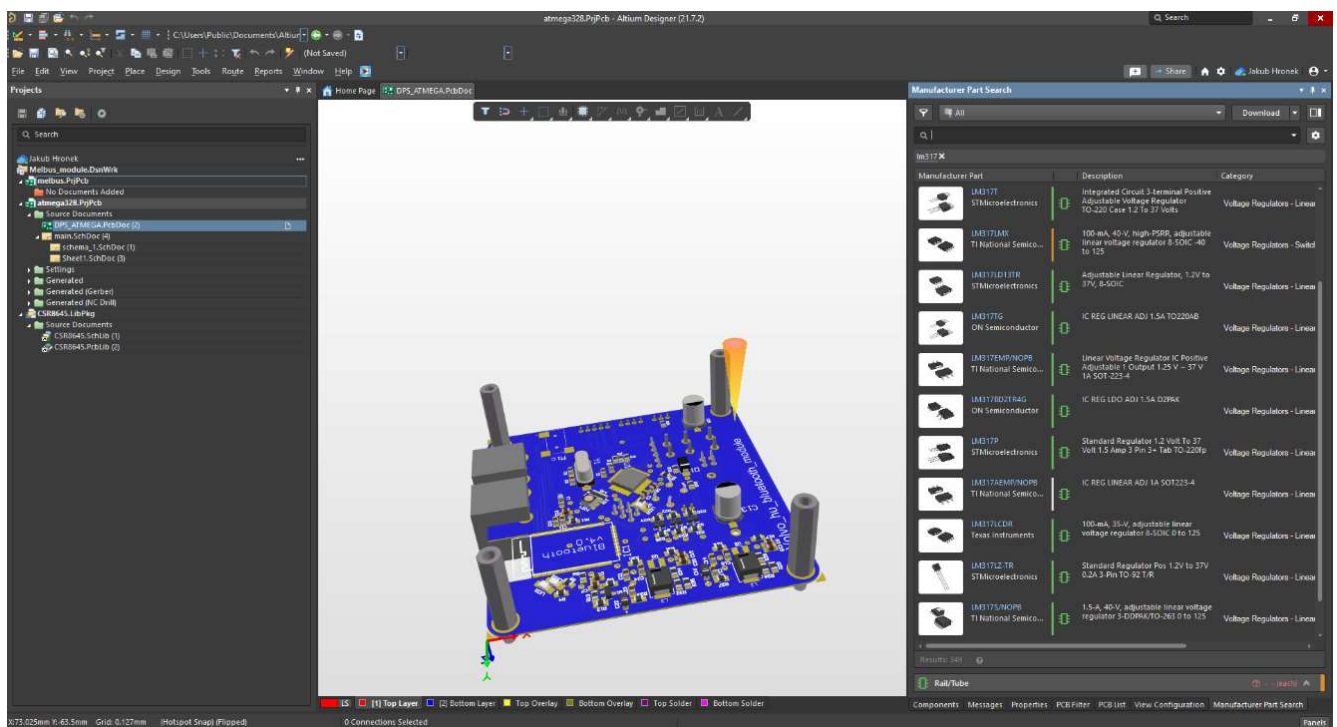
Obr. 14 : Schéma funkčních bloků mikrokontroléru ESP32.[16]

Tento mikrokontrolér je dostupný ve vícero verzích, které se liší ve velikosti paměti nebo u kterých je rozlišováno, zda se jedná o interní flash, případně zda jde o verzi čipu využívající externí paměti. Pro řešení RFID přístupového systému je důležitá velikost, z toho důvodu je pro dané zařízení vhodnější použít čip jako takový, a naopak pro zařízení pro výdej pohonných hmot byl upřednostněn již hotový modul.

## 2.2 Praktické řešení Hardware

Návrhy desek plošných spojů pro tento systém jsou provedeny v programu Altium Designer (viz Obr. 15). Tento návrhový software disponuje řadou užitečných funkcí, které

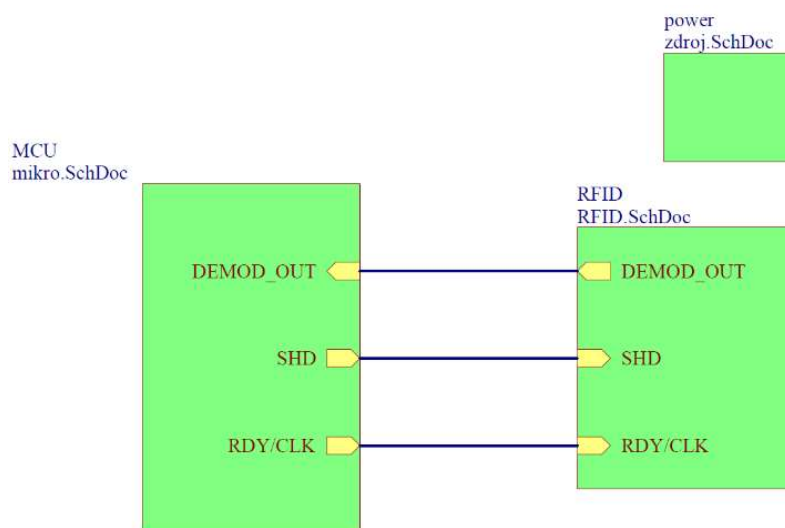
ve velkém ulehčují práci. Tyto funkce navíc s každou novou verzí přibývají, přičemž jednou z nejzajímavějších funkcí je ta s názvem Manufacture parts search. Jak už název napovídá, pomocí této funkce lze hledat součástky skrze internetové připojení pomocí obsáhlého filtru, lze také vyfiltrovat různé parametry a zjistit například i skladovou dostupnost u jednotlivých dodavatelů. Tou největší výhodou této funkce je možnost stažení knihovny s danou součástkou. Pokud jsou tato zdrojová data k součástce dostupná, většinou je k dispozici i kvalitní 3D model těchto součástek. V mnoha případech tato funkce vedla ke zvýšení efektivity práce při návrhu desky plošných spojů, jelikož umožnila převzetí již hotových knihoven. Další zajímavou funkcí, která se v dnešní době stává trendem téměř u všech CAD softwaru, je Cloudové uložení, které nejen že zabezpečuje jednoduché zálohování, ale také práci na různých PC, například v práci či doma. Toto vylepšení také umožňuje práci v týmech, což je v dnešní době Home office trendu čím dál užitečnější. Další zajímavou funkcí je náhled 3D zObr.azení. Tento 3D model lze také vyexportovat do softwaru Solidworks či do jiného 3D modelovacího CAD softwaru, vytvořit sestavu s krabičkou, nebo případně 3D model DPS umístit do vyvíjeného zařízení. Pomocí tohoto přístupu je možné se vyvarovat případným kolizím s jinými částmi vyvíjeného zařízení.



Obr. 15: Náhled softwaru Altium Designer.

## 2.2.1 Návrh hardware RFID přístupového systému

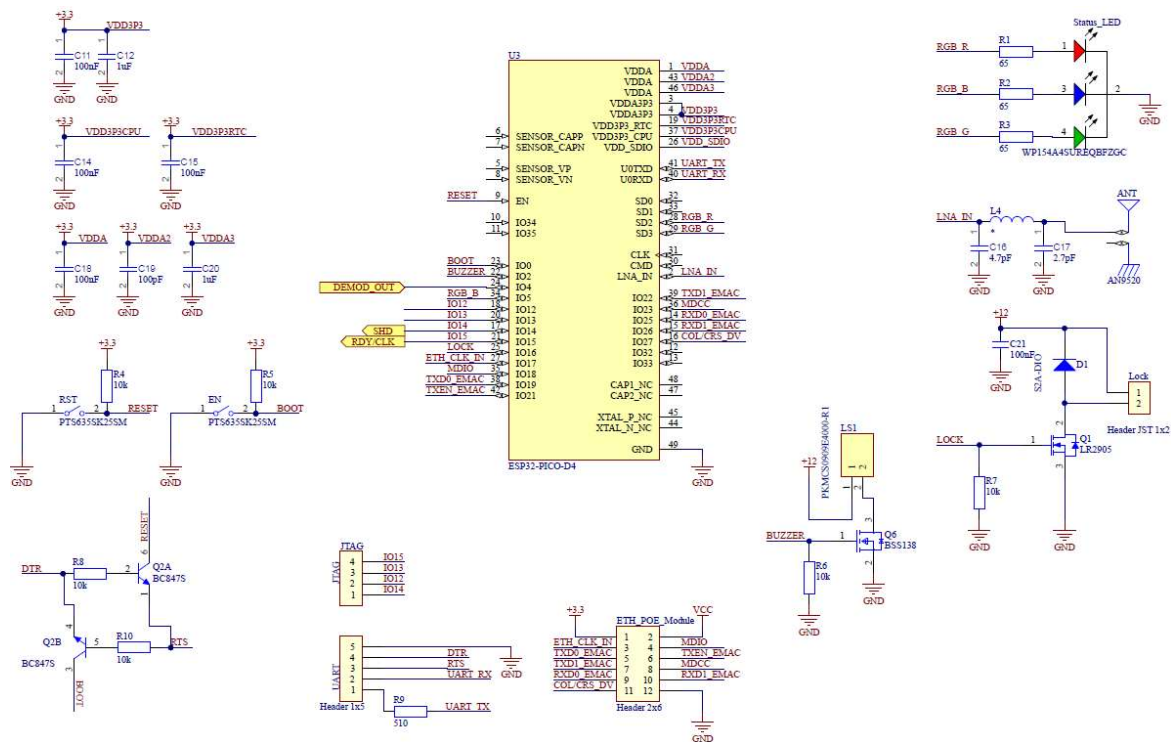
Hardware pro přístupový systém je navržen ve dvou verzích. Původní verze 1.0 byla plně funkční až po jistých úpravách. Byla tedy nutná oprava všech chyb, a tak vznikla opravená a vylepšená verze 1.1 (viz Obr. 16). Schémata jsou rozdělena do třech částí. První tvoří zdroj, další částí je zapojení mikrokontroléru a třetí zapojení integrovaného obvodu pro RFID čtečku.



Obr. 16: Spojení jednotlivých bloků schématu hardwaru pro přístup

## 2.2.2 Schéma zapojení mikrokontroléru hardwaru pro RFID přístup

Jak už je naznačeno v předchozích kapitolách, hlavním řídicím elementem je platforma ESP32 čínského výrobce Espressif. V přístupovém systému byl použit ESP32 ve formě čipu, a to konkrétně ESP32-PICO-D4. Toto rozhodnutí bylo učiněno zejména z důvodu potřeby kompaktních rozměrů. Tento mikrokontrolér v sobě integruje krystalový oscilátor o jmenovitém kmitočtu 40Mhz. Dále také na rozdíl od některých svých sourozenců ze stejné řady v sobě integruje SPI Flash paměť 4MB. Mikrokontrolér je vybaven WIFI konektivitou a také je zde možnost Ethernetu, což je výhodou pro potřeby této práce. Mikrokontrolér je integrován do pouzdra LGA 7x7 a je postaven na 40nm technologii. Napájecí napěťová úroveň se pohybuje od 3V do 3.6V tak, aby bylo možné tento mikrokontrolér provozovat v aplikacích, které jsou napájeny lithiovými akumulátory. V našem případě je pro napájení použita napěťová hladina 3.3 V [17].



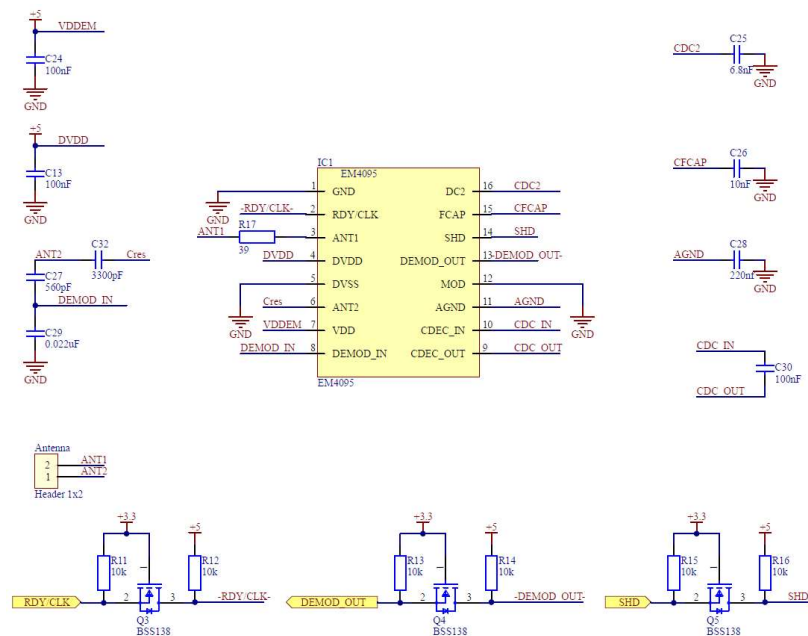
Obr. 17 : Schéma zapojení mikrokontroléru ESP32-PICO-D4 pro RFID přístupový systém V1.1.

Konkrétní zapojení pro RFID přístupový systém (viz Obr. 17) se skládá z blokovacích kondenzátorů (konkrétně se jedná o kondenzátory s označením C11, C12, C14, C15, C18, C19, C20) napájení, které zabezpečují správnou funkci v přechodových stavech, a to jak jádra, tak ostatních periférii. Nachází se zde dvě tlačítka s označením reset a boot, kdy první ze zmíněných, jak už název napovídá, zabezpečuje reset a druhý zabezpečuje přechod do programovacího režimu. Samozřejmostí jsou také pull up rezistory, tak aby tyto dva vstupy neplavaly (konkrétně rezistory R4 a R5). Aby se funkce reset a boot děly automaticky při programování a nemuselo se držet tlačítka, je zde obvod s dvěma bipolárními tranzistory s vodivostí NPN (konkrétně Q2 dva tranzistory v jednom pouzdře, proto tedy označení A, B). Na tomto schématu je možno vidět konektor pro UART a konektor JTAG pro programování a debugování. Dalším konektorem je konektor pro EMAC. Jedná se o propojovací konektor s rozšiřovacím modulem, který zabezpečuje komunikaci skrze Ethernet, a zároveň je z tohoto modulu přivedeno POE napájení +12 V (konkrétně se jedná o dvanácti pinový konektor s označením ETH\_POE\_Module). Tento konektor se ve verzi V1.0 nenacházel a je výsledkem vylepšení. Další součástí schématu je anténa v čipovém provedení (konkrétně označená jako ANT) umožňující bezdrátovou komunikaci skrze WIFI, a popřípadě také Bluetooth. Mezi touto anténou a mikrokontrolérem se nachází filtr typu dolní propust (konkrétně se skládá z kondenzátorů C16, C17 a také z indukčnosti L4) pro ořezání

nepotřebných kmitočtů. Pro indikaci stavu je zde RGB Led (konkrétně Status\_LED). Stav zařízení může indikovat piezo reproduktor (konkrétně LS1), který je spínáný pomocí mosfet tranzistoru vodivosti N (konkrétně Q1). Samozřejmě je opět pull down rezistor na gate. Tento reproduktor se vyskytuje v zařízení až ve verzi V1.1. V neposlední řadě lze zde najít MOSFET tranzistor s vodivostí N, jenž je určený pro ovládání elektromagnetického zámku. Jelikož se jedná o indukční zátěž, je u tranzistoru navíc dioda pro ochranu tranzistoru před reversním proudem.

### 2.2.3 Schéma zapojení RFID čtečky

Při návrhu této části bylo třeba brát v potaz, že kmitočet, na kterém jsou provozovány stávající tagy a karty, je 125Khz a je tedy nutné použít integrovaný obvod pracující s tímto kmitočtem. Díky této skutečnosti není na výběr velké množství integrovaných obvodů. Dnes je používanějším kmitočtem 13.56Mhz. Nakonec byl tedy vybrán integrovaný obvod EM4095 vyráběný Švýcarskou společností EM Microelectronic. Hlavní důvodem použití byla dobrá dostupnost u dodavatele součástek.



Obr. 18 : Schéma zapojení integrovaného obvodu pro RFID V1.1.

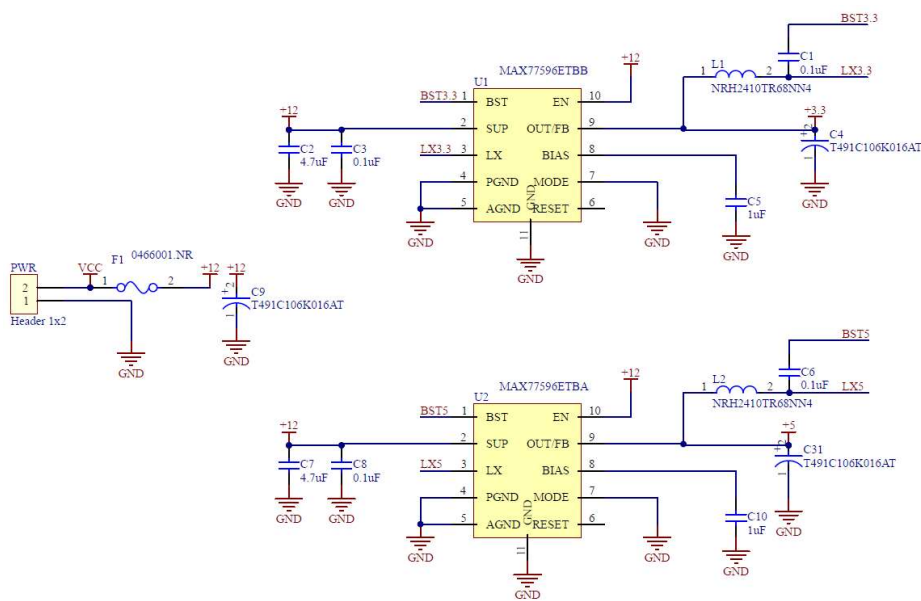
---

Zapojení integrovaného EM4095 (viz Obr. 18) z velké části vychází z katalogového listu [18]. Takto zapojený integrovaný obvod slouží pro čtení RFID tagů či karet. Integrovaný obvod lze však konfigurovat i pro zápis. Konfigurace pro zápis se docílí změnou logické úrovně na pinu MOD. U napájení se zde opět vyskytují blokovací kondenzátor (konkrétně C13, C24). Jak je ze schématu vidět, je zde použita hladina napájecího napětí 5 V. Dle výrobce je rozsah hodnot napájecího napětí 4.1 V až 5.5 V, není tedy možnost využít napěťovou hladinu jako u mikrokontroléru, tj. 3.3 V. S touto problematikou souvisí i další část schématu, kterou tvoří tři mosfet tranzistory s vodivostí typu N (konkrétně Q3, Q4, Q5). Tyto tranzistory zabezpečují posun logických úrovní mezi tímto integrovaným obvodem a mikrokontrolérem. Komunikace mezi mikrokontrolérem probíhá skrze pin Demod\_OUT pomocí manchester kódování. Dalším pinem je pin RDY/CLK, který, jak indikuje název, je zdrojem hodin pro synchronizaci. Nachází se zde ještě pin SHD určený pro uvedení integrovaného obvodu do režimu spánku. Děje se tak po přivedení logické úrovně HIGH. Důležitou částí je obvod skládající se z kondenzátorů C27, dle katalogového listu Cdv2, C29, který je potom značen jako Cdv1 a také C32 jako Cres. Nutno zmínit že ve V1.0 bylo na kondenzátor Cres zapomenuto. Pomocí změny kapacity těchto zmíněných kondenzátorů se přizpůsobuje rezonanční kmitočet antény. Přestože je jeho hodnota pro naši aplikaci determinována, vzhledem ke skutečnosti, že připojujeme vlastní anténu o jisté hodnotě indukčnosti a jistém odporu, je nutné přizpůsobit tyto hodnoty tak, aby byl výsledný rezonanční kmitočet 125Khz. Vztahy pro výpočet jsou popsány v katalogovém listě [18], a výrobce navíc na svých webových stránkách nabízí Excel tabulku postavenou na těchto vztazích. Po zadání hodnot indukčnosti a Q faktoru je nutné doladit výše zmíněné kapacity v souladu s výsledným rezonančním kmitočtem v hodnotě 125Khz. V neposlední řadě je zde také rezistor (R17) určený k omezení proudu, který protéká RFID anténou. Pro reálný provoz je zvolena anténa namotaná z tenkého lakovaného měděného vodiče.

#### **2.2.4 Schéma zapojení Napájecího Zdroje RFID přístupu**

Jak už bylo v předchozí kapitole naznačeno, mikrokontrolér a integrovaný obvod RFID čtečky jsou napájeny dvěma různými napěťovými hladinami. Navíc se zde nachází elektromagnetický zámek, který je ve většině případů napájen 12 V. Je tedy nutné disponovat dokonce třemi napěťovými hladinami. Zdroj, který je součástí této DPS, bude zabezpečovat dvě napěťové hladiny zmíněné na začátku této kapitoly.





Obr. 19 :Schéma zapojení napájecích zdrojů .

Při výběru komponent zdrojů bylo nutné myslet na to, aby zdroje zabraly co nejméně místa a také měly vysokou účinnost. Sice se nejedná o Low Power aplikaci, ale je nutné si uvědomit, že externí modul zdroje nebo Ethernet poe modul nemohou nabývat nekonečných rozměrů a musí se spolu s touto DPS vejít do již zmíněné elektroinstalační krabíčky. Z logických důvodů tedy byl zvolen DC/DC snižovací měnič, a nikoli lineární stabilizátor. Při výběru bylo nutné počítat s faktem, že mikrokontrolér dle používaných periférii může pro naší aplikaci ke své správné funkci potřebovat proud až 260mA [19] Navíc je vždy nutné počítat s určitou rezervou. Dalším parametrem zvažovaným při výběru bylo maximální vstupní napětí do DC/DC měniče, které často bývá i pod 12 V, což je pro naší aplikaci nevhodné, protože většina nabízených elektromagnetických zámek pracuje s napětím 12 V nebo 24 V. Tato skutečnost náš výběr zásadně zužuje. Jako vhodný byl nakonec vybrán DC/DC synchronní buck converter od firmy Maximintegrated, a to konkrétně MAX77596ETBx vyráběný ve verzích 3.3 V a 5 V. Značení u výstupního napětí závisí na posledním písmenku, například MAX77596ETBB je verze s výstupním napětím 3.3 V, a pokud je posledním písmenem písmeno A, jedná se pak o verzi s výstupním napětím 5 V. V nabídce je ještě verze, u které se výstupní napětí dá nastavit napěťovým děličem ve zpětné vazbě. Ta je pak označována písmenem C. Tento DC/DC měnič se vyznačuje vysokou účinností, která dosahuje až devadesáti procent. To je velice přínosné, protože větší účinnost znamená méně ztrátového výkonu, a tudíž i méně tepla, které by mohlo způsobovat po uzavření krabíčky problémy. Samotné zapojení (viz Obr. 19) vychází z katalogového listu

---

[20] a pro obě hladiny výstupního napětí se žádným způsobem neliší. Samotný vstup z externího zdroje napětí je opatřen pojistkou (konkrétně F1), za níž je umístěn blokovací kondenzátor (C9) tantalovém provedení. Obdobné kondenzátory (C4, C31) jsou pak na výstupech z obou měničů.

### 2.2.5 Návrh desky plošných spojů RFID přístupového systému

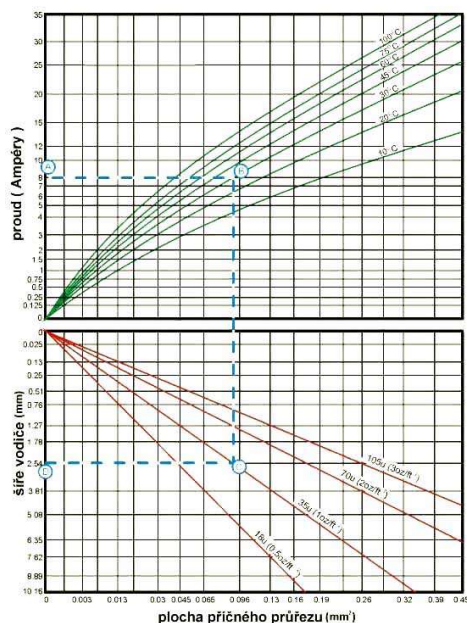
Prvním krokem při návrhu DPS je v tomto případě určit tvar a rozměry desky. Jelikož se jedná o složitější tvar, který je definovaný elektroinstalační krabičkou pod omítku (viz Obr. 20), bylo nutné tento tvar nakreslit v softwaru CAD Solidworks. U první verze DPS byl tvar odvozen pouze na základně okótovaných výkresů ze stránek výrobce. Kvůli tomuto kroku vznikla další chyba, jelikož onu první verzi by z důvodu špatně zvolených rozměrů nebylo možné bez mechanické úpravy DPS do krabičky umístit. Díky dostupným modelům na stránkách výrobce krabičky KOPOS Kolín [21] byl tvar DPS verze 1.1 nakreslen přímo vně modelu. Díky tomu bylo zřejmé, že novější verze DPS bude vhodně odpovídat vnitřním rozměrům krabičky.



Obr. 20 : Elektroinstalační Krabice pod omítku KOPOS Kolín KPR 68\_KA.[21]

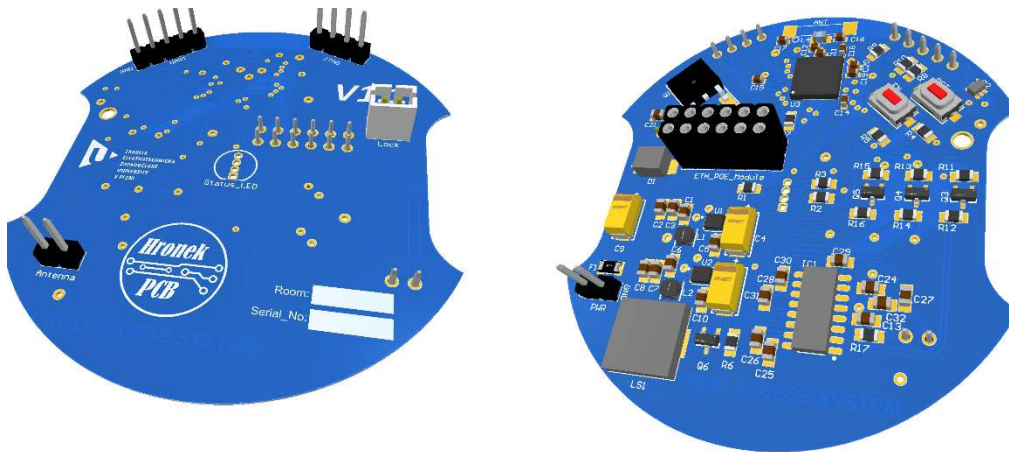
Dalším krokem při návrhu DPS bylo určení návrhových pravidel. Jedná se o různé minimální vzdálenosti mezi jednotlivými vrstvami, ať už se jedná o pravidla ve vrstvě TOP, nebo BOTTOM, které reprezentují vrstvu mědi, nebo také ve vrstvě s popisky součástek například TOP Overlay. U první verze jsou tyto vzdálenosti nastavené stejně jako u verze 1.1. Dále je při návrhu třeba určit šířku cest. Dimenzování cest bylo provedeno s ohledem na graf (viz Obr. 21), který popisuje oteplení v závislosti na šířce cest a protékajícím proudem.

V našem případě je však počítáno s určitou rezervou, a tak jsou cesty záměrně širší, než by musely být.



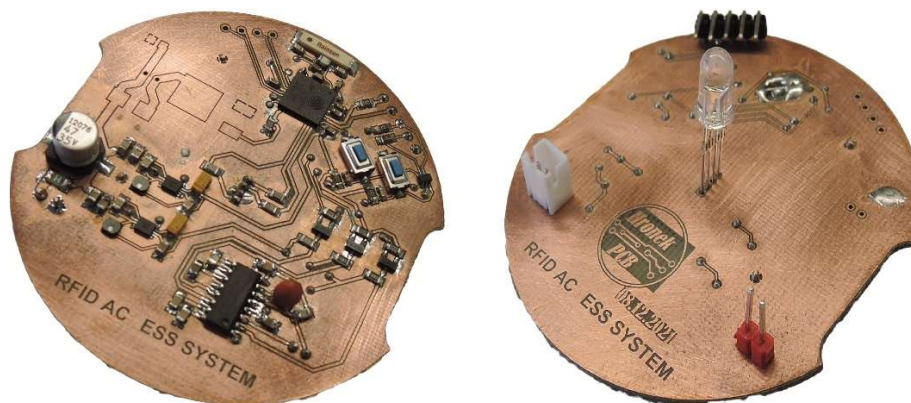
Obr. 21 : Graf proudového zatížení cest DPS v závislosti na oteplení.[22]

Dále bylo tedy nutné vytvořit Layout této DPS. Při umisťování určitých součástek je třeba dodržovat určitá pravidla. V našem případě je takovou součástkou například anténa pro příjem WIFI či Bluetooth. Tato anténa je umístěna bezprostředně v blízkosti ESP32-D4-PICO takovým způsobem, aby nedocházelo k přeslechům a jinému ovlivnění signálu. Prostor kolem antény by navíc měl být volný bez rozlité mědi (tzv. Polygon pour), aby nedocházelo k zastínění signálu. V první verzi DPS se právě vyskytla zmíněná chyba, která zřejmě zapříčiňovala horší příjem signálu. Dále je nutné, aby cesta k anténě neměla ostrý úhel, ale nejlépe aby byl tvar oblý. Jak lze vidět, zamezí se tím vzniku parazitní indukčnosti. Všechny součástky s výjimkou konektorů jsou v SMD provedení a nachází se na spodní straně DPS (BOTTOM LAYER). Veškeré použité konektory jsou naopak v provedení THT a jejich orientace, co se vrstvy týče, je dle potřeby. Všechny použité rezistory jsou v pouzdře 0805. V daném pouzdře je zároveň většina kondenzátorů až na kondenzátory situované u mikrokontroléru. Ty se pak nacházejí v pouzdře 0603. Důvodem pro tento krok byla potřeba většího prostoru pro zapojení všech pinů okolo mikrokontroléru.



Obr. 22: 3D náhled DPS pro RFID přístup ve verzi 1.1.

Jak již bylo řečeno, verze V 1.0 má řadu problémů. Kromě potíží v návrhu nastaly také komplikace způsobené technologií výroby. Jelikož se jednalo o první fyzicky vyrobený kus, byla zvolena technologie dostupná na katedře, tedy frézování na fréze LKPF ProtoMat S100. První problém nastal z důvodu malých izolačních vzdáleností pinů mikrokontroléru ESP32-D4-PICO, která činí u pouzdra LGA7x7 0.25mm[17]. Tento nedostatek je také u zdroje, konkrétně u dvou DC/DC měničů MAX77596, kde vzdálenost mezi piny činí pouhých 0.2mm [20]. Tento problém byl vyřešen použitím nového frézovacího nástroje tzv. Unicutter 0.2mm, kterým bylo docíleno správného výsledku. Další komplikace nastala při osazování a je opět způsobena již zmíněnými pouzdry součástek mikrokontroléru a zdroje. Jelikož se jedná o pouzdra, která mají piny umístěny zespod, není možné tyto součástky zapájet ručně. Bylo tedy nutné použít pájku ve formě pasty a následně přetavit v peci. Bez předchozích zkušeností bylo nutné oslovit zkušeného pracovníka katedry. Díky pomoci bylo možné na DPS V1.0 zapájet již zmíněné součástky. Nicméně, při pájení nastal další problém způsobený technologií výroby. Mikrokontrolér využívá k připojení GND pin, který je situován na spodní straně pouzdra (tzv. exposed pad), a jak už bylo řečeno, vzdálenost mezi jednotlivými piny, které jsou situovány kolem zmíněného GND pinu, je pouhých 0.25mm. Není tedy možné vést GND mezi piny, proto je nutné použít prokovený otvor, který je v komerční výrobě DPS realizován pomocí galvanického pokovení. V našem případě jsou namísto „prokovek“ zapájeny tenké drátky. Pod mikrokontrolérem bohužel není možné tento drátek umístit. Tato situace byla vyřešena vyvrtáním 5mm díry v místě umístění prokovky (uprostřed GND pinu) a následným propájením pomocí pájky. Jak už bylo zmíněno (viz 2.2.3), ve verzi 1.0 chybí kondenzátor Cres. Přerušením cesty a osazením kondenzátoru v THT provedení (viz Obr. 23) byla však tato záležitost vyřešena.



Obr. 23 : Osazená DPS RFID přístupového systému V1.0.

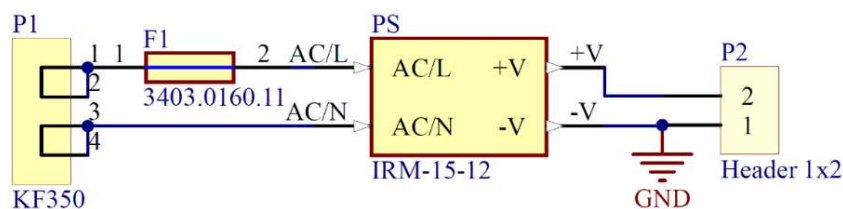
Ve verzi V1.1 byly opraveny výše zmíněné chyby schématu a dále byla aplikována určitá vylepšení, která byla také již zmíněna výše, například možnost rozšíření o Ethernet modul. Po předchozí zkušenosti byl zásadně změněn přístup k technologii výroby a způsobu osazování DPS. DPS byla zadána do výroby tak, aby nebylo nutné řešit výše zmíněné problémy jako u verze 1.0, zároveň byla k této DPS objednána nerezová šablona, která umožňuje nanášení pájky ve formě pasty. A následně je tak možné DPS zapájet přetavením. Objednaná DPS je samozřejmě opatřena nepájivou maskou a všechny pájecí plošky jsou pro lepší pájitelnost opatřeny vrstvou pájky. Samozřejmostí jsou také popisky a značení, které zásadně ulehčují osazování DPS.



Obr. 24 : Osazená DPS V1.1.

## 2.2.6 Schéma zapojení modulu napájecího síťového zdroje pro hardware RFID přístupu

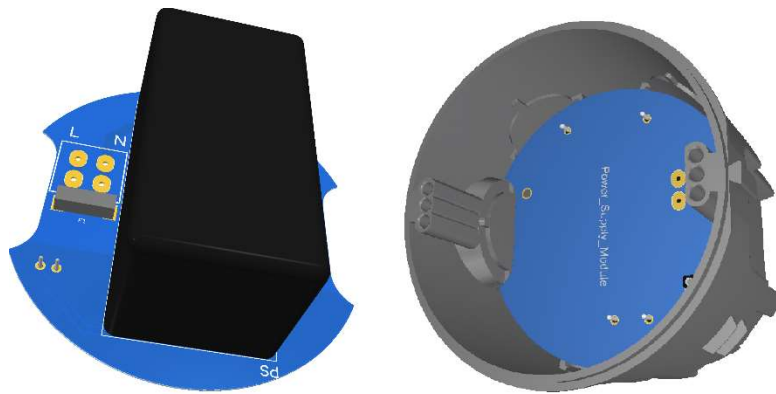
Další problematikou, která musela být vyřešena je napájení 12 V, které je nutné pro Elektromagnetický zámeček. Napájení pro samotnou elektroniku je řešeno přímo na DPS RFID přístupového systému a současně je odvozeno od napětí 12 V. Jednou možností, jak jednoduše zajistit napájení tohoto zařízení, je připojit se na síťové napětí 230V AC, které je již v budovách rozvedeno. Dále je při volbě tohoto řešení nutné napětí snížit na 12 V a samozřejmě usměrnit jej, aby bylo docíleno stejnosměrného napětí. Celé toto řešení je opět nutné zakomponovat do elektro instalační krabice pod omítku, což nás přivádí k volbě modulárního řešení. Samotné schéma zdroje je velice jednoduché a skládá se z přívodní svorkovnice pro připojení fázového a nulového vodiče. Dále je zde umístěna pojistka v SMD provedení a spínaný zdroj ve formě zapouzdřeného modulu, konkrétně se jedná o model IRM-15-12 od výrobce Mean Well. Tento spínaný zdroj je opatřen ochrannou proti zkratu, proti přetížení a také proti přepětí a jeho výstupní proud je 1.25A. Volba použít tento již hotový zdroj vychází z logických důvodů. Bylo by jistě možné zkonstruovat spínaný zdroj vlastní konstrukce, ale vývoj takového zdroje je velice zdlouhavý a provází ho řada problémů s přehříváním. Mimo jiné by zřejmě bylo nutné takový zdroj zalít do zalévací hmoty pro zlepšení izolačních vlastností.



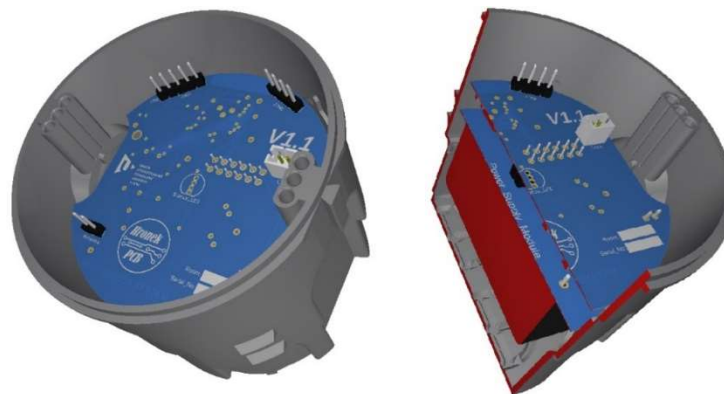
Obr. 25 : Schéma zapojení modulu síťového zdroje.

## 2.2.7 Návrh desky plošného spoje modulu síťového zdroje

Při návrhu bylo využito stejného tvaru a rozměrů DPS jako u RFID přístupového systému. Opět bylo třeba ověřit, zda se obě DPS vejdou do krabičky. K tomuto ověření opět dopomohla 3D vizualizace (viz Obr. 26, Obr. 27). DPS je velice jednoduchá a je využita pouze vrstva TOP.



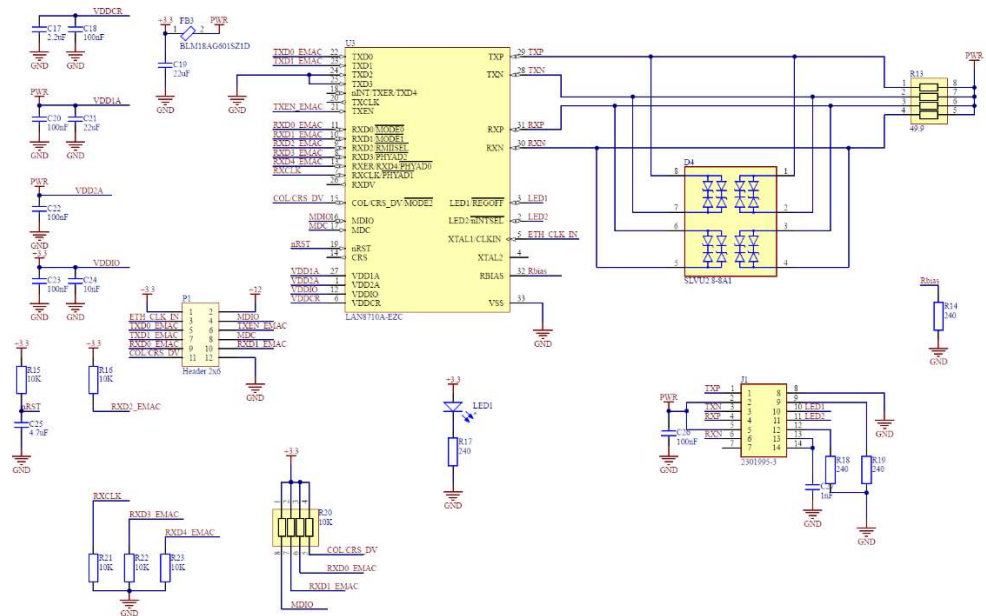
Obr. 26 : DPS modul zdroje síťového napětí.



Obr. 27 : Kompletní sestava RFID přístupového systému umístěná v krabici.

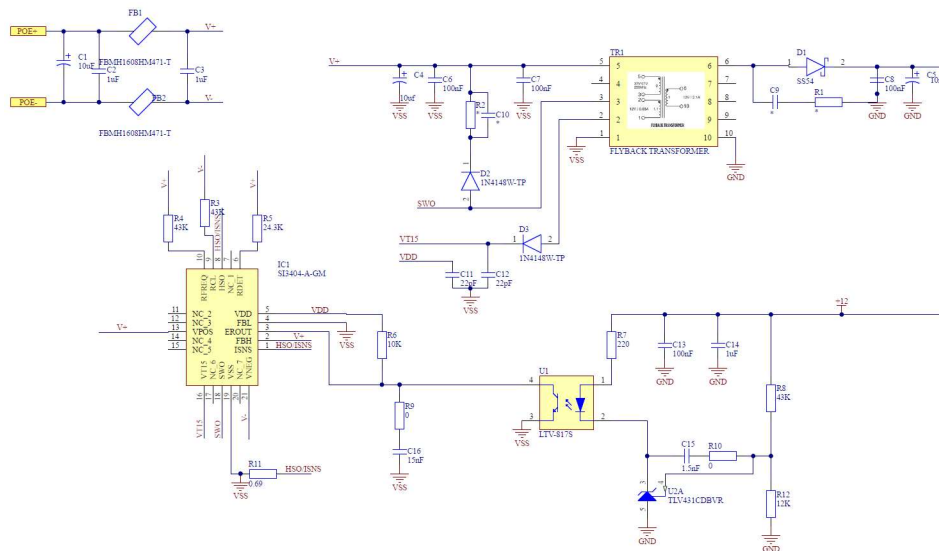
### 2.2.8 Schéma zapojení Ethernet POE modulu

Dalším modulem je Ethernet modul umožňující komunikaci skrze Ethernet rozhraní, který v sobě zároveň skýtá možnost POE napájení. Samotné schéma zapojení (viz Obr. 28) Ethernet části obsahuje Ethernet Transceiver LAN7810 od firmy Microchip. Zapojení tohoto integrovaného obvodu je z velké části převzato z katalogového listu [23]. Jak lze vidět (viz Obr. 28), napájecí větví je předřazený feritový korálek, který zamezuje vysokofrekvenčnímu rušení. Obvod je opět opatřen blokovacími kapacitami. Pak se zde nachází řada pull up a pull down rezistorů, které zabezpečují, aby logické úrovně ve výchozím stavu byly jednoznačně určeny. Vstup z Ethernetu do tohoto obvodu je ochráněn proti elektrostatickým výbojům pomocí diod integrovaných v obvodě (konkrétně D4). Propojení mezi DPS RFID přístupového systému je realizováno pomocí RMI rozhraní (konkrétně skrze konektor P1).



Obr. 28 Schéma zapojení Ethernetu v Ethernet POE modulu.

K POE napájení dochází za pomoci blokujícího měniče typu flyback. Hlavním řídicím elementem je integrovaný obvod SI3404-A-GM určený přímo pro aplikace POE napájení. Díky tomuto integrovanému obvodu je možné dosáhnout výstupního výkonu až 15W. Tento výkon samozřejmě závisí na ostatních použitých komponentách. Výstupní napětí je možné nastavit pomocí napěťového děliče ve zpětné vazbě (konkrétně rezistory R8 a R12). Většinová část schématu byla opět převzata z katalogového listu [24].

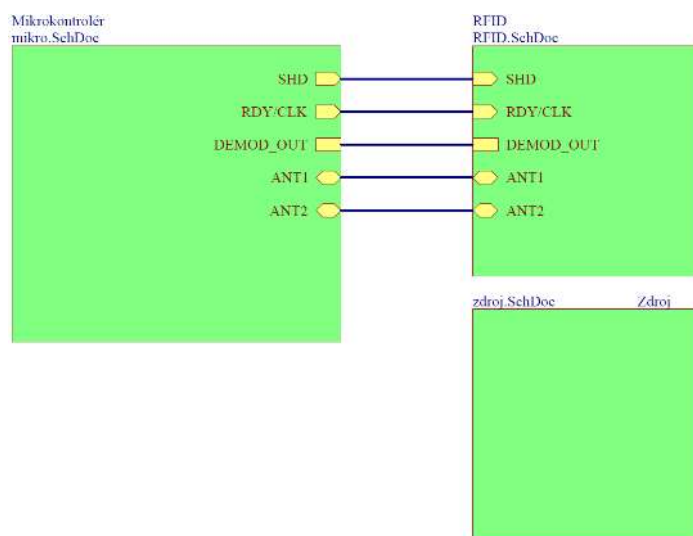


Obr. 29 : Schéma zapojení POE v Ethernet POE modulu.



## 2.3 Hardware pro výdej pohonných hmot

Návrh tohoto hardwarového řešení nepodléhá omezení velikosti, tak, jako řešení hardwaru RFID přístupu, proto je pro tuto problematiku možné použít jiné součástky. Z jisté části jsou ale schématická řešení podobná. Schéma zapojení RFID čtečky je totožné (viz kapitola 2.2.3).

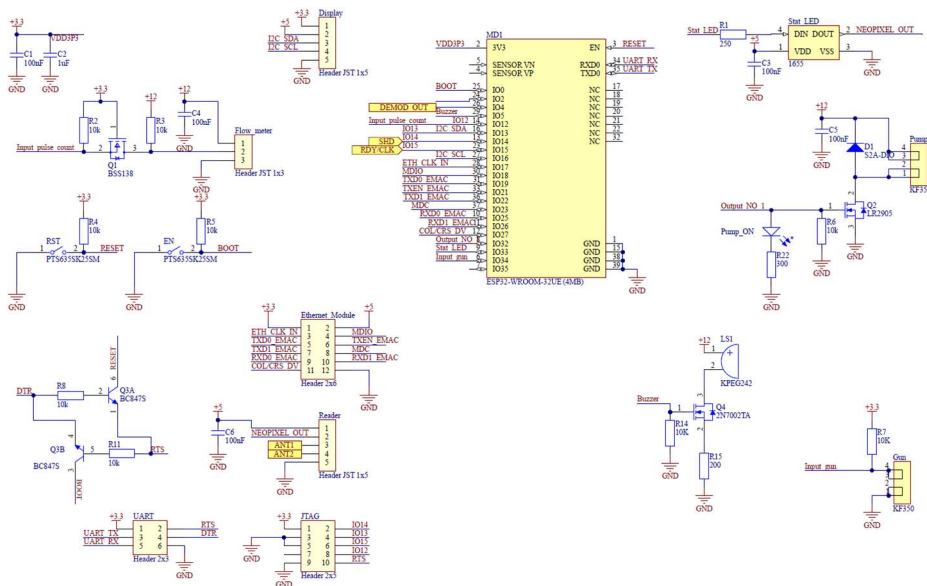


Obr. 30 : Spojení jednotlivých bloků schématu hardwaru pro výdej pohonných hmot.

### 2.3.1 Schéma zapojení mikrokontroléru hardwaru pro výdej pohonných hmot

V tomto zapojení je použito ESP32 ve formě modulu, konkrétně ESP32-WROOM-32UE. Tento modul v sobě integruje mikrokontrolér ESP32-D0WD-V3 a flash paměť, přičemž na výběr jsou verze s 4Mb, 8Mb a 16Mb. Taktování zde zajišťuje 40Mhz krystalový oscilátor. Na tomto modulu se nenachází anténa, ale je zde konektor pro externí anténu. Modul s externí anténou byl vybrán záměrně, protože se tento hardware bude nacházet v uzavřené rozvaděčové skříni. A díky tomuto řešení lze anténu vyvést ven z rozvaděčové skříně. Ve schématu již nejsou tak hojně zastoupeny blokovací kapacity, protože blokovací kondenzátory jsou již součástí mikrokontrolerového modulu. Schéma obsahuje mimo jiné LED diodu, která informuje o stavu zařízení. Nicméně, v tomto případě se nejedná o obyčejnou RGB diodu, ale jde o diodu řízenou digitálním signálem (označení WS2812) do vstupu DIN. Tyto diody lze sériově skládat za sebe a potom je možné, díky již zmíněnému způsobu řízení, rozsvěcovat nezávisle jednotlivé LED čipy. Oproti hardwaru pro RFID přístup je zde navíc celá řada konektorů, například konektor pro připojení průtokoměru, u kterého je zapojení pro snížení logické úrovně pulsního vstupu. Dalším konektorem (PUMP) je výstup na spínání čerpadla s mosfet tranzistorem vodivosti typu N. Také se zde nachází

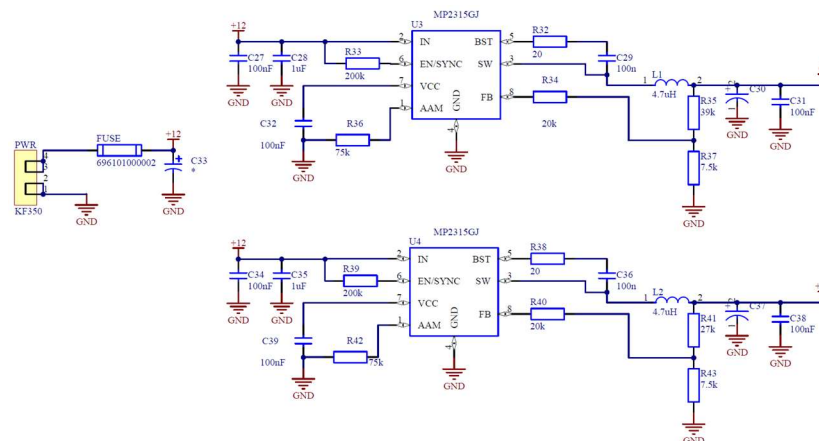
konektor pro připojení mikropsínače, který kontroluje, jestli je tankovací pistole umístěna ve stojanu. V neposlední řadě se zde nachází konektor pro připojení displeje, který nemusí být nutně nainstalován. Je možné připojit jakýkoliv displej podporující I2C sběrnici nebo je zde možnost připojení displeje dotykového displeje Nextion skrze UART. Pokud je nějaký displej nainstalován, je jeho úkolem instruovat uživatele při tankování a také zobrazovat množství načerpaného paliva. Je zde opět možné nalézt konektor pro Ethernet rozšiřující modul. V případě, že tento modul není osazen, je vzhledem k tomu, že se jedná GPIO piny, možné do tohoto konektoru připojit jiný rozšiřující modul.



Obr. 31 : Schéma zapojení modulu ESP32-WROOM-32UE pro výdej pohonných hmot.

### 2.3.2 Schéma zapojení napájecího zdroje hardwaru pro výdej pohonných hmot

Schéma zapojení napájecího zdroje se od hardwaru RFID přístupu liší v použitých integrovaných obvodech DC/DC měniče. Důvodem bylo přidání displeje a také možnost připojení Ethernet modulu. Díky tomu vyvstala potřeba, aby byl zdroj schopný dodat více proudu. Konkrétně byl použit integrovaný obvod MP2315GJ, tento DC/DC měnič je schopný dodat až 3 A. Tento integrovaný obvod je použit pro obě napěťové hladiny. Výstupní napětí je dáno odporovým děličem (konkrétně R35 a R37 u měniče pro 5 V napěťovou hladinu a R41, R43 pro 3.3 V). Rozdíl je i v použité pojistce, kdy u hardwaru RFID přístupu byla použita SMD pojistka a u tohoto hardwaru bylo použito pojistkové pouzdro v THT provedení na běžnou skleněnou 5x20mm pojistku. Schéma zapojení (viz Obr. 32) bylo z velké části převzato z katalogového listu [25].



Obr. 32: Schéma zapojení napájecího hardwaru pro výdej pohonných hmot.

### 2.3.3 Návrh desky plošných spojů výdej pohonných hmot

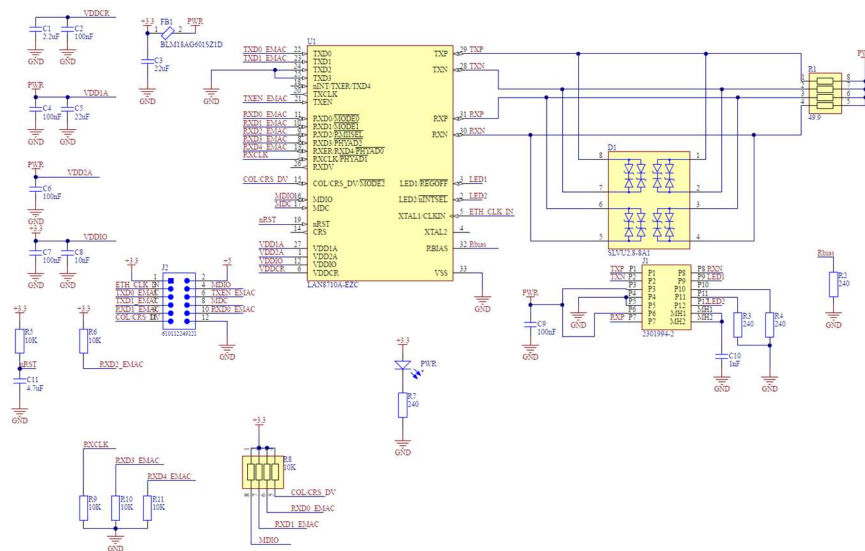
Při návrhu této DPS byla nejprve zvolena dostatečně velká krabička s možností uchycení na DIN lištu do rozvaděčové skříně. Dle rozměrů této krabičky byl tedy určen rozměr DPS a rozmístění montážních otvorů a konektorů. Opět zde výrazně pomohl 3D model krabičky, do kterého bylo možné 3D model DPS umístit. Návrhová pravidla, definující izolační vzdálenosti, zde byla nastavena na větší hodnoty než u DPS pro RFID přístup. Výroba této DPS byla zadána externí firmě.



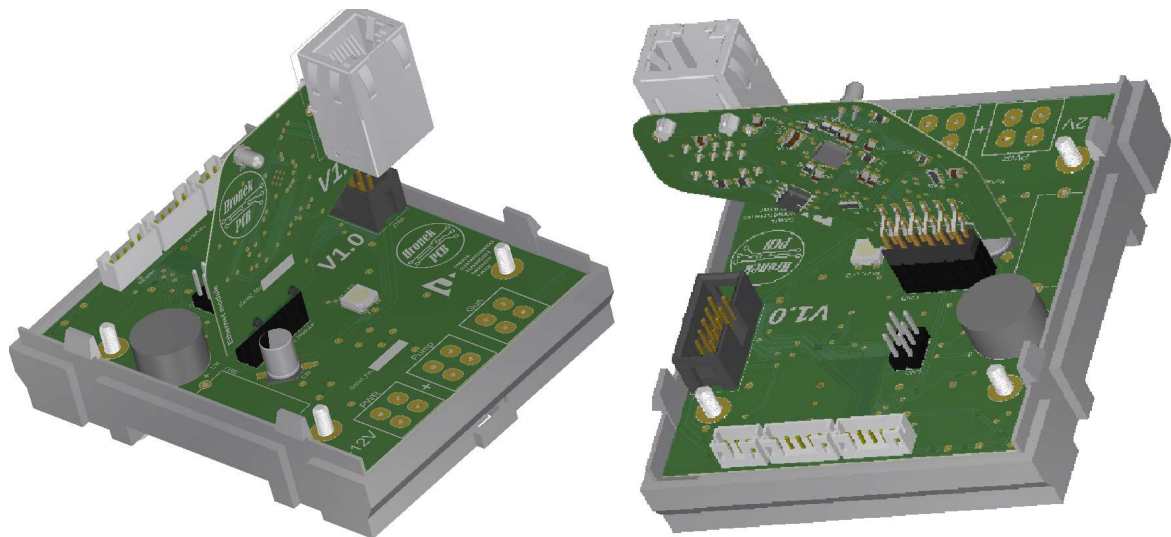
Obr. 33: 3D náhled DPS pro výdej pohonných hmot.

### 2.3.4 Ethernet modulu pro výdej pohonných hmot

Schéma zapojení Ethernet modulu vychází ze schématu zapojení Ethernet POE modulu (viz kapitola 2.2.8). Jediným rozdílem je absence POE, které není u této DPS vzhledem k umístění celého tohoto hardwaru potřeba. Dále je zde rozdílné zapojení u jednoho pinu konektoru, kde je na pinu 2 místo 12 V z POE vstupní konektor s napětovou hladinou 5 V. Pro připojení Ethernet kabelu je zde osazen konektor RJ45 s vnitřními transformátory, kdy jeden je zde ke galvanickému oddělení a druhý, který je připojený k výstupům prvního sériově je zde kvůli potlačení souhlasného signálu.



Obr. 34 : Schéma zapojení Ethernet modulu pro výdej pohonných hmot.

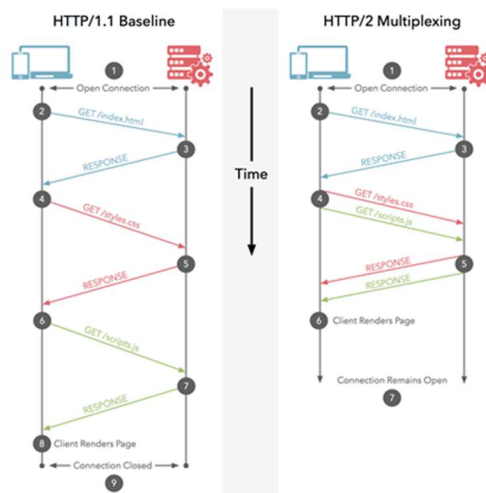


Obr. 35 : 3D náhled DPS pro výdej pohonných hmot usazenou ve spodní část krabičky a s osazeným Ethernet modulem.

## 3 Softwarová část

### 3.1 HTTP

Jedná se o komunikační protokol, který se nachází v aplikační vrstvě ISO/OSI modelu. Zkratka znamená Hyper Text Transfer Protocol. Jak už z názvu vyplývá, je používán k načtení webové stránky pomocí hypertextového odkazu ve webových prohlížečích. HTTP slouží zejména k přenosu dat mezi jednotlivými zařízeními v internetové síti, ale je také základem pro web World Wide Web. Komunikace mezi klientem a serverem probíhá tak, že klient po připojení pošle Request (požadavek), na který mu následně HTTP server zašle Response (odpověď), poté je spojení uzavřeno. O komunikaci by se tedy dalo říct, že je poloduplexní, přičemž první navazuje spojení vždy klient. V průběhu času se tento komunikační protokol vyvíjel, a tak postupně vznikaly nové vylepšené verze metod a zabezpečení. První verzi lze datovat do roku 1996. Nicméně, následkem nedostatečné bezpečnosti byla hned následující rok vydána verze 1.1. Zcela nové vydání vyšlo až v roce 2015, konkrétně verze 2.0. V současné době je ve vývoji verze 3.0. Základními metodami (požadavky), které jsou obsaženy již ve verzi HTTP/1.0, jsou metoda GET, zabezpečující základní požadavek pro stažení stránky, metoda POST, zaopatřující zaslání formulářových dat, a v neposlední řadě HEAD, jenž slouží pro získání dat v záhlaví. Ve verzi HTTP/2.0 přišla zásadní změna ve stylu komunikace, kdy je možné zaslat více požadavků a obdržet více odpovědí, které jsou seřazeny dle priorit. Ve své podstatě se tak jedná o multiplex.



Obr. 36 : Rozdíl v komunikaci dle verzí.[26]

Při komunikaci neobsahuje pouze samotná data, ale i další informace, například Request obsahuje také informaci o verzi HTTP, URL, metodu, hlavičku a samozřejmě samotná data.

---

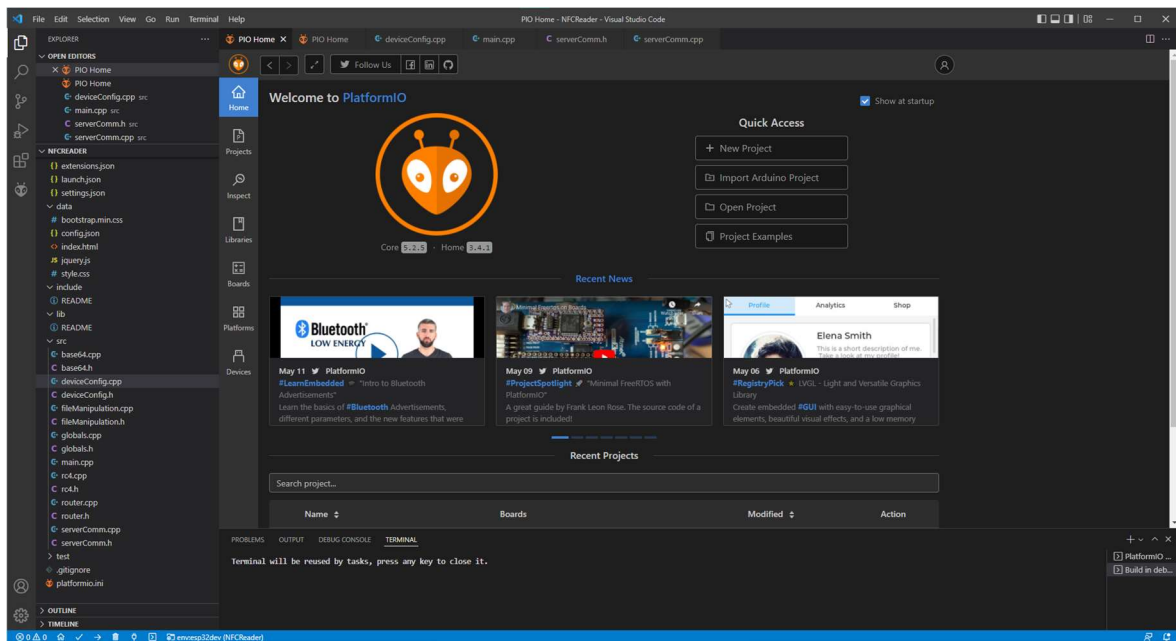
V odpovědi o serveru je obsažen číselný kód, který informuje o stavu požadavku. Pokud tedy přijde kód 200, je vše v pořádku, naopak pokud klient obdrží kód 404, znamená to, že požadavek nebyl nalezen. Těchto stavových kódů je celá řada a každý má své specifické vysvětlení (viz [27]). Kvůli aplikacím vyžadujícím vyšší zabezpečení vznikla zároveň verze HTTPS Hyper Text Transfer Protocol Secured, dnes je již ale běžně využíván i v běžných aplikacích. Tato vylepšená verze využívá k zabezpečení šifrování, jenž je důležité například při přihlašování do emailu či k jiným webovým službám.

### **3.2 Databáze MySQL-MariaDB**

Databázi si obecně můžeme představit jako tabulku (v databázích tzv. entity) s určitými daty. V dnešní době je však nutné s těmito daty dále pracovat a poskytovat k nim přístup různým aplikacím tak, aby s nimi mohly pracovat. Dnes jsou hojně užívané databáze využívající pro práci s daty jazyk SQL (Structured Query Language), tzv. strukturovaný dotazovaný jazyk. Existuje celá řada databází pracujících s tímto jazykem, jmenujme například Microsoft SQL Server, MySQL a MariaDB. Poslední dva zmíněné databázové systémy jsou založené na stejném základu. Důvod tkví ve skutečnosti, že MySQL prvotně nepatřilo do velkého aglomerátu a jeho vlastníci neustále propagovali myšlenku Open Source. Když v roce 2010 přešlo MySQL do vlastnictví společnosti Oracle, komunita, která se kolem tohoto databázového systému vytvořila, začala tvořit vlastní Open Source databázi s názvem MariaDB, původně založenou na MySQL. MySQL je dostupná jak v placených verzích, tak ve verzi, která je nazvaná Community. MariaDB patří do rodiny relačních databází. Relační databáze jsou v současnosti nejvíce používaným druhem, jejichž základem jsou tzv. relace, které jsou reprezentovány tabulkami, které se skládají ze sloupců a řádků.

### **3.3 Programovací prostředí pro programování platformy ESP32**

Pro programování platformy ESP32 lze zvolit různé alternativy, a to jak programovacího jazyka, tak programovacího prostředí. Ve výčtu programovacích jazyků můžeme nalézt například jazyk C, C++, MicroPython, JavaScript nebo například Rust. Co se týče programovacích prostředí, je možné používat Eclipse nebo ESP-IDF, který je ale postaven na již zmíněném Eclipsu. Mezi dostupné možnosti patří Arduino IDE, Thonny nebo PlatformIO. Zmíněná prostředí se liší v možnosti volby programovacího jazyka. Pro naše účely bylo zvoleno programovací prostředí PlatformIO, které není až tak samostatným softwarem, ale jde o plugin do softwaru Visual Studio Code.



Obr. 37 : Náhled do pluginu PlatformIO v softwaru VSCode.

PlatformIO nabízí kromě platformy ESP32 celou řadu dalších, jako je například Arduino, STM32, ATmega. Je zde také možné zvolit framework. U většiny nabízených platform je k dispozici Arduino framework. Jedná se v podstatě o C++, které je doplněno o řadu knihoven. V našem případě je k dispozici již zmíněný Arduino framework nebo klasické C. V našem případě byl zvolen Arduino Framework vzhledem k tomu, že je možné jej kombinovat s klasickým C a nemusíme také nutně využívat funkce knihovny Arduino. Důvodů proč zvolit PlatformIO, a nikoli Arduino IDE, je hned celá řada. Primárně se jedná o přehlednost, kdy je vše strukturováno obdobně jako v Eclipse. To znamená, že nejde o soubory s koncovkou .INO, ale jde o klasickou příponu .CPP. Samozřejmostí jsou header soubory .H. Bezpochyby je zde možné využít Arduino knihoven, které jsou ale zařazeny přímo v adresáři libdeps, což umožňuje do knihoven nahlédnout a vše je daleko přehlednější. Velkou devizou tohoto řešení je také možnost Debugování. Tato funkce chybí snad každému uživateli Arduino IDE, kde lze zjišťovat stav běhu programu pouze skrze sériové USB rozhraní zasíláním zpráv `seriál.p, int ""TEX ""`). V rámci zmíněného prostředí PlatformIO je umožněno Debugování pomocí JTAG rozhraní, a tedy je možné umisťovat break pointy a nahlížet do proměnných atd.

---

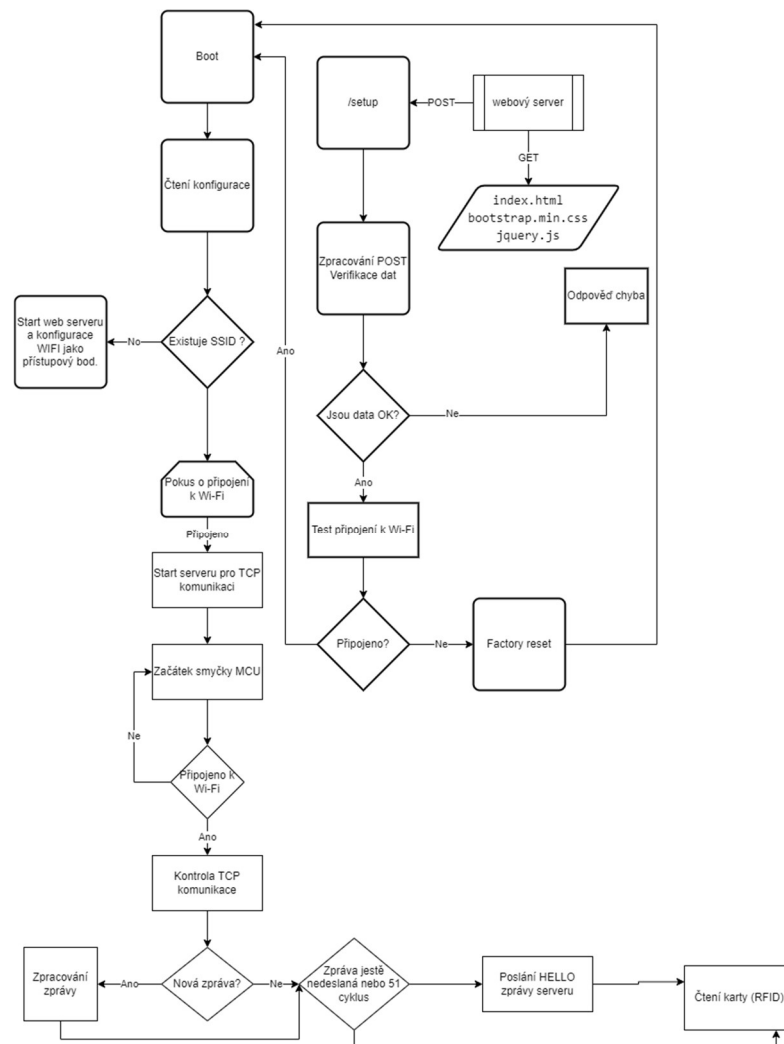
### 3.4 Struktura programu Mikrokontroléru

Program je rozdělen do různých částí, aby bylo vše přehledné.

- **base64** – provádí převod textu do a z formátu base64.
- **deviceConfig** – je zodpovědný za prvotní konfiguraci zařízení, nasatvuje WIFI. dorežimu přístupového bodu a testuje připojení k nově nastavené konfiguraci WIFI.
- **fileManipulation** – je zodpovědný za manipulaci s uloženou konfigurací (čtení, uložení nové konfigurace, načtení konfigurace do globálních proměnných).
- **globals**—obsahuje globální proměnné s konfigurací a funkce využívané napříč programem.
- **main** – je zodpovědný za základní logiku programu.
- **rc4**-obsahuje funkce pro šifrování a dešifrování pomocí šifry rc4.
- **router** – obsahuje funkce pro základní operace se zařízením, veškerá komunikace programu s kontrolérem probíhá přes router.
- **severComm** – Obsahuje funkce, které zprostředkovávají komunikaci programu s kontrolérem přes HTTP a TCP socket.



### 3.5 Vývojový diagram a popis programu



Obr. 38 : Vývojový diagram

Program je rozdělen do dvou částí, první část je konfigurační a druhá samotnou funkci zařízení. Při prvním spuštění se ověří, zda existuje konfigurace SSID. Pokud není SSID nalezeno, program se přepne do režimu konfigurace.

Režim konfigurace spustí WIFI a nastaví ji jako přístupový bod. Vysílaná bezdrátová síť nemá žádné heslo a je pojmenovaná (RFID\_ACCESS). Po připojení k síti je potřeba použít webový prohlížeč pro samotnou konfiguraci (viz Obr. 39). Webová stránka je udělaná v responzivním designu a zařízení lze nastavit i pomocí mobilního telefonu.

**Nastavení terminálu**

Vaše zařízení se nachází v továrním nastavení. Pokud jej chcete zprovoznit použijte webovou aplikaci a vygenerujte si přístupový token a unikátní ID vašeho zařízení.

ID zařízení	<input type="text" value="123456789"/>
Token	<input type="text" value="01234567899876543210123456789"/>
SSID	<input type="text" value="Název Wi-Fi"/>
Heslo	<input type="text" value="Heslo k Wi-Fi"/>
Adresa serveru	<input type="text" value="http://serverIP[subdomain]"/>

Smazat
Uložit

Obr. 39 : Náhled konfigurace zařízení ve webovém prohlížeči

Pokud zařízení přijme konfiguraci, v prohlížeči se objeví potvrzující zpráva o úspěšné konfiguraci (viz Obr. 40). Zařízení se pokusí připojit k nakonfigurované WIFI síti, a pokud se připojení podaří, proběhne restart zařízení. Jestliže pokus o připojení selže, dojde k vymazání konfigurace a restartu zařízení.



Obr. 40 : Hláška po nastavení ve webovém prohlížeči

Po úspěšné konfiguraci zařízení přejde do běžného provozu. Jako první se nastartuje TCP server pro komunikaci kontroléru se zařízením. Poté program již přechází do smyčky procesoru, kde jako první ověří, zda nepřišla komunikace od kontroléru. Pokud je nějaká zpráva v bufferu, dojde k jejímu vyčtení a zpracování. Dalším krokem je odeslání HELLO zprávy kontroléru za podmínky, že zpráva nebyla ještě poslána, nebo byl již napočítaný 51 cyklus. Jakmile je HELLO zpráva vyřešena, dochází k inicializaci RFID čtečky a následovnému čtení RFID čipů.

### 3.5.1 Zpracování RFID tagu

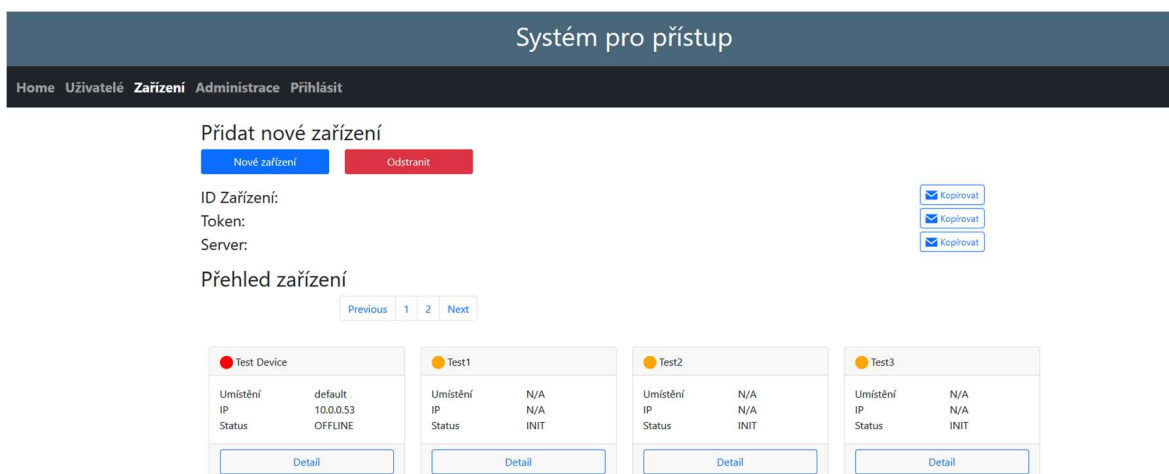
V hlavní smyčce programu dochází ke čtení ID tagu. Při úspěšném načtení tagu se jednotlivé bajty uloží jako textový řetězec a tento řetězec je odeslán kontroléru ve formátu JSON. Ten obsahuje název funkce, ID zařízení a data pro ověření ID karty. Zpráva je dekodována v kontroléru, který na základě dat o načteném ID rozhodne o přístupu do daných prostor. Kontrolér pošle odpověď zařízení znovu ve formátu JSON, kterou zařízení zpracuje, a předá datovou část zprávy do funkce routeServerRequest, která na základě odpovědi

nastaví výstup GPIO16 na logickou úroveň HIGH, nebo zabliká červenou barvou na RGB led v případě zamítnutého přístupu. Funkce softwaru pro čerpací stanici je téměř obdobná s tím rozdílem, že dochází ke četní dvou tagu, jeden tag identifikuje řidiče a druhý vozidlo. Z kontroléru lze také zaslat pokyn ke smazání konfigurace tak, aby bylo možné zařízení opět nastavit. Následně je možné pomocí kontroléru restartovat zařízení a získat o něm informace.

### 3.6 Kontrolér serverová část

Serverová část aplikace čili backend je napsaný v jazyce PHP, pro správu knihoven je použitý Composer. Uživatelská část aplikace je napsaná v HTML, CSS a Java Scriptu. Uživatelská část aplikace (frontend) využívá dvě knihovny bootstrap pro responsivní design a jQuery pro jednodušší manipulaci s objekty stránky a zpracování komunikace se serverem. K ukládání uživatelských dat je použita databáze typu MySQL s názvem MariaDB.

Výhodou webové aplikace je možnost jejího multiplatformního nasazení. Aplikace může běžet na Linuxových Windowsových zařízeních. Aplikace umožňuje také nasazení v privátních nebo veřejných Cloudových službách. Aplikace má čtyři hlavní části: router, kontroléry, uživatelské rozhraní a modely. Router odpovídá za inicializaci a volání doJob funkce kontroléru. Obecná třída kontroléru obsahuje základní funkci doJob, která nejdříve ověří, zda požadovaná funkce existuje a jestli má uživatel k dané funkci přístup. Každý další kontrolér musí dědit s obecného kontroléru. Pokud má kontrolér obsluhovat grafické rozhraní, musí mít implementovanou funkci index. Model slouží ke zpracování dat, které si uživatel vyžádal. Uživatelské rozhraní obsahuje definici a rozložení jednotlivých částí, se kterými uživatel pracuje.



Obr. 41 : Frontend uživatelského rozhraní

---

## 4 Zhodnocení závěr

Úkolem této práce bylo vytvořit návrh RFID přístupového systému, který by umožnil i výdej pohonných hmot. Nejprve byla navržena základní topologie, na jejímž základě probíhal další postup. Dále byly prozkoumány možnosti komunikace, na základě čehož byla zvolena WIFI jako vhodný kanál pro komunikaci. Následně byly také zkoumány teoretické statě RFID a průtokoměrů. Po určení způsobu komunikace bylo přistoupeno k výběru komponent a samotnému návrhu. Současně s tím byl navržen hardware pro RFID přístup, a to hned ve dvou verzích. První z navržených verzí nebyla zcela funkční, a tak došlo k její revizi. Pro tento hardware byl také vytvořen modul napájecího zdroje. Nad rámec rozsahu zadání práce bylo navíc navrženo schéma pro ETH\_POE\_MODUL, který by mohl být do budoucna určitou alternativou pro komunikaci po metalickém vedení a zároveň alternativou co se napájení týče. Dále byl také navržen a vytvořen hardware pro výdej pohonných hmot a byla vyrobena DPS. Zmíněný hardware se opět dá rozšířit o Ethernet modul, jenž byl rovněž součástí návrhu.

Dále byla realizována softwarová část, která by se dala rozdělit do třech částí. První je software pro hardware, v němž je obsažena část pro konfiguraci tak, aby se dalo zařízení po instalaci jednoduše konfigurovat skrze web. Další částí je kontrolér v podobě webu, pomocí kterého lze spravovat uživatele a přidělovat jim různá práva k přístupu nebo odběru pohonných hmot. Tento kontrolér je propojen s třetí částí, a sice databází MariaDB, ve které jsou evidováni uživatelé ve spojitosti s konkrétními místnostmi a daty týkajícími se časů jejich přístupů a také jimi odebraného množství pohonných hmot. Lze tedy konstatovat, že byly splněny všechny vytyčené cíle a body zadání.

Zatím ještě nebyla vyřešena ochrana proti případné sabotáži u přístupového systému. Nicméně, do stávajícího řešení by se dala implementovat díky Hallovi snímači, který je integrován do samotného mikrokontroléru již výrobcem. Na víčku elektroinstalační krabičky obsahující anténu RFID by byl umístěný malý neodimový magnet. Pokud by pak někdo víčko odstranil, mikrokontrolér by zaznamenal změnu intenzity magnetického pole a na server by zaslal zprávu o sabotáži. Systém by mohl být propojen s EZS, který by následně vyhlásil poplach. V případě hardwaru pro výdej pohonných hmot je tento problém řešen zámkem na rozvaděči.

---

Vylepšení může být celá řada, u hardwaru pro výdej pohonných hmot by například bylo zajímavé prozkoumat možnosti rozpoznávání registračních značek pomocí umělé inteligence, následně by nebylo tedy nutné číst dva RFID tagy. Dále by bylo zajímavé spojit data získaná výdejem pohonných hmot se systémem pro sledování vozidel pro případ, že dané vozidlo nebude tankovat z podnikových zdrojů. Potenciálním krokem pro vylepšení ale také zlevnění designu by mohl být návrh nové RFID antény vytvořené jako motiv na DPS.

---

## 5 Citace

- [1] *JIS - Jednotný Identifikační Systém* [online]. [accessed. 2022-04-26]. Available at: <http://www.ekotip.cz/index.php?n=Systemy.JIS>
- [2] *Best Uses of Wireless IoT Communication Technology | Industry Today* [online]. [accessed. 2022-05-26]. Available at: <https://industrytoday.com/best-uses-of-wireless-iot-communication-technology/>
- [3] *IoT technologie: LoRa a LoRaWAN (3/5) | eMan* [online]. [accessed. 2022-05-26]. Available at: <https://www.eman.cz/blog/iot-technologie-lora-a-lorawan-3-5/>
- [4] *Ethernet Tutorial - Part I: Networking Basics | Lantronix* [online]. [accessed. 2022-05-20]. Available at: <https://www.lantronix.com/resources/networking-tutorials/ethernet-tutorial-networking-basics/>
- [5] *Time Sensitive Networks: Real-Time Ethernet | Analog Devices* [online]. [accessed. 2022-05-25]. Available at: <https://www.analog.com/ru/technical-articles/a87000-time-sensitive-networks-real-time-ethernet.html>
- [6] ING. KAMIL KOSTURIK, Ph.D. *Soubor prezentací k předmětu RIS*. no date.
- [7] *Jak funguje RFID technologie | Průmyslová identifikace a řešení BOZP - Aledo s.r.o.* [online]. [accessed. 2022-04-26]. Available at: <https://www.aledo.cz/prumyslova-identifikace/jak-funguje-rfid-technologie/>
- [8] *Industry 4.0 Smart Manufacturing, RFID Asset Tracking System, RFID GPS Tracking- www.clouiotech.com* [online]. [accessed. 2022-04-26]. Available at: [https://www.clouiotech.com/industry-4-0-smart-manufacturing\\_n40](https://www.clouiotech.com/industry-4-0-smart-manufacturing_n40)
- [9] *Elektrický dveřní zámek DZ-12VDC | Elektrické zámky | zabezpečovací-zarizeni.cz* [online]. [accessed. 2022-05-03]. Available at: <https://www.zabezpecovaci-zarizeni.cz/elektricke-pristupove-systemy/elektricke-zamky/elektricky-dverni-zamek-dz-12vdc-%5BCIP244%5D>
- [10] *Electric Strike vs Electric Lock: Differences, Pros & Cons* [online]. [accessed. 2022-05-03]. Available at: <https://stebilex.com/electromagnetic-lock-vs-electric-strike/>
- [11] *Elektrický elektromagnetický zámek pro dveře DC 12V | dratek.cz* [online]. [accessed. 2022-05-03]. Available at: [https://dratek.cz/arduino/1663-elektromagneticky-zamek-pro-dvere-dc-12v.html?gclid=Cj0KCQjwpcOTBhCZARIsAEAYLuVkOPXoCH9USIdrhlhcp4ULNK1JzPHYZL3Rg8\\_k2R1FEOG2Xttt9d24aAu-yEALw\\_wcB](https://dratek.cz/arduino/1663-elektromagneticky-zamek-pro-dvere-dc-12v.html?gclid=Cj0KCQjwpcOTBhCZARIsAEAYLuVkOPXoCH9USIdrhlhcp4ULNK1JzPHYZL3Rg8_k2R1FEOG2Xttt9d24aAu-yEALw_wcB)

- 
- [12] *Positive displacement Oval gear flow meter working and installation and troubleshooting - Field Instrumentation - Industrial Automation, PLC Programming, scada & Pid Control System* [online]. [accessed. 2022-04-27]. Available at: <https://forumautomation.com/t/positive-displacement-oval-gear-flow-meter-working-and-installation-and-troubleshooting/5329>
- [13] *About Liquid Turbine Flow Meters | Emerson EE* [online]. [accessed. 2022-04-27]. Available at: <https://www.emerson.com/pl-ee/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-liquid-turbine-flow-meters>
- [14] ING. PETR WEISSAR PH.D. *Soubor prezentací k předmětu MINA*. no date.
- [15] *STM32WB35 and STM32WB30: The 1st Wireless STM32 Now Even More Accessible* [online]. [accessed. 2022-05-03]. Available at: <https://blog.st.com/stm32wb35-stm32wb30/>
- [16] *The Internet of Things with ESP32* [online]. [accessed. 2022-04-29]. Available at: <http://esp32.net/>
- [17] ESP32PICOD4 Datasheet Version 2.0 Espressif Systems [online]. 2022 [accessed. 2022-05-05]. Available at: <https://www.espressif.com/en/support/download/documents>.
- [18] EM4095 Read/Write analog front end for 125 kHz RFID Basestation [online]. no date [accessed. 2022-05-05]. Available at: [www.emmicroelectronic.com](http://www.emmicroelectronic.com)
- [19] *Insight Into ESP32 Sleep Modes & Their Power Consumption* [online]. [accessed. 2022-05-06]. Available at: <https://lastminuteengineers.com/esp32-sleep-modes-power-consumption/>
- [20] MAX77596 24V, 300mA, Buck Converter with 1.1 $\mu$ A I Q General Description [online]. no date [accessed. 2022-05-06]. Available at: [www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com)
- [21] *Krabice přístrojová | KOPOS KOLÍN a.s.* [online]. [accessed. 2022-05-09]. Available at: <https://www.kopos.cz/cs/produkt/1677-krabice-pristrojova>
- [22] *Proudová zátížitelnost vodiče | PragoBoard s.r.o. - vícevrstvé, dvou a jednovrstvé plošné spoje* [online]. [accessed. 2022-05-09]. Available at: [https://pragoboard.cz/proudova\\_zatizitelnost](https://pragoboard.cz/proudova_zatizitelnost)
- [23] Most Current Data Sheet [online]. no date [accessed. 2022-05-12]. Available at: <http://www.microchip.com>
- [24] Si3404 Data Sheet Fully-Integrated IEEE 802.3 Type 1-Compliant POE PD Interface and High-Efficiency Switching Regulator with Compact Footprint. no date.

- 
- [25] High Efficiency 3A, 24V, 500kHz Synchronous Step Down Converter The Future of Analog IC Technology DESCRIPTION [online]. 2014 [accessed. 2022-05-16]. Available at: [www.MonolithicPower.com](http://www.MonolithicPower.com)
- [26] *RD4WE.png* (419×416) [online]. [accessed. 2022-05-20]. Available at: <https://i.stack.imgur.com/RD4WE.png>
- [27] *HTTP response status codes - HTTP | MDN* [online]. [accessed. 2022-05-19]. Available at: [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Status#client\\_error\\_responses](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Status#client_error_responses)



---

## 6 Seznam Obrázků

OBR. 1: USPOŘÁDÁNÍ SYSTÉMU JIS. [1].....	- 13 -
OBR. 2: BLOKOVÉ SCHÉMA PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM.....	- 14 -
OBR. 3: BLOKOVÉ SCHÉMA VÝDEJ POHONNÝ HMOT.....	- 15 -
OBR. 4 :SROVNÁNÍ RŮZNÝCH BEZDRÁTOVÝCH TECHNOLOGII [2] .....	- 16 -
OBR. 5 : ISO/OSI MODEL [5] .....	- 19 -
OBR. 6 : SÉRIOVÁ SBĚRNICE RS485 [6] .....	- 20 -
OBR. 7 : PRINCIP SYSTÉMU S PASIVNÍM TRANSPONDÉREM .....	- 21 -
OBR. 8 : RFID V PRŮMYSLU 4.0 [8] .....	- 22 -
OBR. 9 : ELEKTROMAGNETICKÁ ZÁMEK NEJČASTĚJŠÍ KONSTRUKCE [9] .....	- 23 -
OBR. 10 : ELEKTROMAGNETICKÁ ZÁMEK DRUHÝ TYP KONSTRUKCE [10].....	- 24 -
OBR..11 : ELEKTROMAGNETICKÁ ZÁMEK TŘETÍ TYP KONSTRUKCE [11] .....	- 24 -
OBR. 12 : PRŮTOKOMĚR S OVÁLNÝMI OZUBENÝMI KOLY[12][12]. .....	- 25 -
OBR. 13 : TURBINOVÝ PRŮTOKOMĚR S INDUKČNÍM SNÍMAČEM. [13] .....	- 26 -
OBR. 14 : SCHÉMA FUNKČNÍCH BLOKŮ MIKROKONTROLÉRU ESP32 [16] .....	- 28 -
OBR. 15: NÁHLED SOFTWARE ALTIUM DESIGNER .....	- 29 -
OBR. 16: SPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ SCHÉMATU HARDWARU PRO PŘÍSTUP .....	- 30 -
OBR. 17 : SCHÉMA ZAPOJENÍ MIKROKONTROLÉRU ESP32-PICO-D4 PRO RFID PŘÍSTUPOVÝ SYSTÉM V1.1	- 31 -
OBR. 18 : SCHÉMA ZAPOJENÍ INTEGROVANÉHO OBVODU PRO RFID V1.1 .....	- 32 -
OBR. 19 :SCHÉMA ZAPOJENÍ NAPÁJECÍCH ZDROJŮ.....	- 34 -
OBR. 20 : ELEKTROINSTALAČNÍ KRABICE POD OMÍTKU KOPOS KOLÍN KPR 68_KA [21].....	- 35 -
OBR. 21 : GRAF PROUDOVÉHO ZATÍŽENÍ CEST DPS V ZÁVISLOSTI NA OTEPLENÍ [22] .....	- 36 -
OBR. 22: 3D NÁHLED DPS PRO RFID PŘÍSTUP VE VERZI 1.1 .....	- 37 -
OBR. 23 : OSAZENÁ DPS RFID PŘÍSTUPOVÉHO SYSTÉMU V1.0 .....	- 38 -
OBR. 24 : OSAZENÁ DPS V1.1 .....	- 38 -
OBR. 25 : SCHÉMA ZAPOJENÍ MODULU SÍTOVÉHO ZDROJE.....	- 39 -
OBR. 26 : DPS MODUL ZDROJE SÍTOVÉHO NAPĚTÍ.....	- 40 -
OBR. 27 : KOMPLETNÍ SESTAVA RFID PŘÍSTUPOVÉHO SYSTÉMU UMÍSTĚNÁ V KRABÍČCE .....	- 40 -
OBR. 28 SCHÉMA ZAPOJENÍ ETHERNETU V ETHERNET POE MODULU.....	- 41 -
OBR. 29 : SCHÉMA ZAPOJENÍ POE V ETHERNET POE MUDULU.....	- 41 -
OBR. 30 : SPOJENÍ JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ SCHÉMATU HARDWARU PRO VÝDEJ POHONNÝCH HMOT .....	- 42 -
OBR. 31 : SCHÉMA ZAPOJENÍ MODULU ESP32-WROOM-32UE PRO VÝDEJ POHONNÝCH HMOT .....	- 43 -
OBR. 32 : SCHÉMA ZAPOJENÍ NAPÁJECÍHO HARDWARU PRO VÝDEJ POHONNÝCH HMOT .....	- 44 -
OBR. 33 : 3D NÁHLED DPS PRO VÝDEJ POHONNÝ HMOT.....	- 44 -
OBR. 34 : SCHÉMA ZAPOJENÍ ETHERNET MODULU PRO VÝDEJ POHONNÝCH HMOT.....	- 45 -
OBR. 35 : 3D NÁHLED DPS PRO VÝDEJ POHONNÝCH HMOT USAZENOU VE SPODNÍ ČÁSTI KRABÍČKY A S OSAZENÝM ETHERNET MODULEM .....	- 45 -

---

OBR. 36 : ROZDÍL V KOMUNIKACI DLE VERZÍ [26] .....	- 46 -
OBR. 37 : NÁHLED DO PLUGINU PLATFORMIO V SOFTWARE VSCODE.....	- 48 -
OBR. 38 : VÝVOJOVÝ DIAGRAM .....	- 50 -
OBR. 39 : NÁHLED KONFIGURACE ZAŘÍZENÍ VE WEBOVÉM PROHLÍŽEČI.....	- 51 -
OBR. 40 : HLÁŠKA PO NASTAVENÍ VE WEBOVÉM PROHLÍŽEČI.....	- 51 -
OBR. 41 : FRONTEND UŽIVATELSKÉHO ROZHRANÍ.....	- 52 -

## 7 Přílohy

### Příloha A – Seznamy součástek

Comment	Designator	Footprint	Quantity
AN9520	ANT	SMD_ANT9520	1
Header 1x2	Antenna, PWR	THT_HEADER_100MIL_1X2_MALE	2
100nF	C1, C3, C6, C8, C13, C21, C24, C30	SMD_CAPACITOR_0805	8
4.7uF	C2, C7	SMD_CAPACITOR_0805	2
T491C106K016AT	C4, C9, C31	FP-T491C106K016AT-MFG	3
1uF	C5, C10	SMD_CAPACITOR_0805	2
Capacitor 100nF 0603	C11, C14, C15, C18	CAPC0603(1608)100_L	4
Capacitor 1uF 0603	C12, C20	CAPC0603(1608)100_L	2
Capacitor 1.2pF 0603	C16, C17	CAPC0603(1608)100_L	2
Capacitor 100pF 0603	C19	CAPC0603(1608)100_L	1
6.8nF	C25	SMD_CAPACITOR_0805	1
10nF	C26	SMD_CAPACITOR_0805	1
560pF	C27	SMD_CAPACITOR_0805	1
220nf	C28	SMD_CAPACITOR_0805	1
0.022uF	C29	SMD_CAPACITOR_0805	1
3300pF	C32	SMD_CAPACITOR_0805	1
S2A-DIO	D1	DIOD-S1AB-13-F-2_V	1
PTS635SK25SM	EN, RST	FP-PTS635SK25SM-MFG	2
Header 2x6	ETH_POE_Module	THT_HEADER_100MIL_2X6_FEMALE	1
0466001.NR	F1	FP-0466-MFG	1
EM4095	IC1	EM4095	1
JTAG	JTAG	THT_HEADER_100MIL_1X4_MALE	1
NRH2410TR68NN4	L1, L2	FP-NRH2410-MFG	2
	L4	SMD_INDUCTOR_0805	1
Header JST 1x2	Lock	THT_HEADER_78MIL_JST_1X2_MALE	1
PKMCS0909E4000-R1	LS1	PKMCS	1
LR2905	Q1	lr2905	1
BC847S	Q2	INF-SOT363_V	1
BSS138	Q3, Q4, Q5, Q6	FP-318-08-IPC_B	4
220	R1, R2, R3	SMD_RESISTOR_0805	2
10k	R4, R5, R6, R7, R8, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16	SMD_RESISTOR_0805	12
510	R9	SMD_RESISTOR_0805	1
39	R17	SMD_RESISTOR_0805	1
WP154A4SUREQBFZGC	Status_LED	KING-WP154A4SUREQBFZGC_V	1
MAX77596ETBB	U1	SON40P200X250X80-11N	1
MAX77596ETBA	U2	SON40P200X250X80-11N	1
ESP32-PICO-D4	U3	PQFN50P700X700X104-49N	1
Header 1x5	UART	THT_HEADER_100MIL_1X5_MALE	1

Příloha A.1: Seznam součástek (BOM) pro RFID přístupový systém.

---

Comment	Designator	Footprint	Quantity
3403.0160.11	F1	FUSC10130X300N	1
KF350	P1	KF350_2P	1
Header 1x2	P2	THT_HEADER_100MIL_1X2_FEMALE	1
IRM-15-12	PS	CONV_IRM-15-12	1

Příloha A.2: Seznam součástek (BOM) napájecího zdroje pro RFID přístupový systém.

Comment	Designator	Footprint	Quantity
100nF	C1, C3, C4, C5, C6, C10, C12, C27, C29, C31, C32, C34, C36, C38, C39, C40	SMD_CAPACITOR_0805	16
1uF	C2, C28, C35	SMD_CAPACITOR_0805	3
6.8nF	C9	SMD_CAPACITOR_0805	1
10nF	C11	SMD_CAPACITOR_0805	1
220nf	C13	SMD_CAPACITOR_0805	1
470pF	C14, C15	SMD_CAPACITOR_0805	2
3.3nF	C16	SMD_CAPACITOR_0805	1
T520A107M006ATE045	C30, C37	FP-T520A107M006ATE045-MFG	2
10uF	C33	SMD_CAPACITOR_D_6.3MM	1
S2A-DIO	D1	DIOD-S1AB-13-F-2_V	1
Header JST 1x5	Display, Reader	THT_HEADER_78MIL_JST_1X5_MALE	2
PTS635SK25SM	EN, RST	FP-PTS635SK25SM-MFG	2
Header 2x6	Ethernet_Module	THT_HEADER_100MIL_2X6_FEMALE	1
Header JST 1x3	Flow_meter	THT_HEADER_78MIL_JST_1X3_MALE	1
696101000002	FUSE	696101000002	1
KF350	Gun, Pump, PWR	KF350_2P	3
EM4095	IC1	EM4095	1
Header 2x5	JTAG	THT_HEADER_100MIL_2X5_MALE_SHROUDED	1
4.7uH	L1, L2	FP-PCC-M0530M-MFG	2
KPEG242	LS1	KINGS-KPEG242-2	1
ESP32-WROOM-32UE (4MB)	MD1	FP-ESP32-WROOM-32UE_4MB-MFG	1
	Pump_ON	SMD_LED_1206	1
BSS138	Q1, Q5, Q6, Q7	FP-318-08-IPC_B	4
LR2905	Q2	lr2905	1
BC847S	Q3	INF-SOT363_V	1
2N7002TA	Q4	DIOD-SOT23-3_V	1
250	R1	SMD_RESISTOR_0805	1
10k	R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R11, R14, R16, R17, R18, R19, R20, R21	SMD_RESISTOR_0805	15
	R9	SMD_RESISTOR_0805	1
200	R15	SMD_RESISTOR_0805	1
300	R22	SMD_RESISTOR_0805	1
20	R32, R38	SMD_RESISTOR_0805	2
200k	R33, R39	SMD_RESISTOR_0805	2
20k	R34, R40	SMD_RESISTOR_0805	2
39k	R35	SMD_RESISTOR_0805	1
75k	R36, R42	SMD_RESISTOR_0805	2
7.5k	R37, R43	SMD_RESISTOR_0805	2
27k	R41	SMD_RESISTOR_0805	1
Hex Spacer M3	S1, S2, S3, S4	THT_HEX_SPACER_M3L20	4
1655	Stat_LED	ADA-RGB-1655_V	1
MP2315GJ	U3, U4	SOT-23-8	2
Header 2x3	UART	THT_HEADER_100MIL_2X3_MALE	1

Příloha A.3: Seznam součástek (BOM) pro výdej pohonných hmot.

---

## Příloha B – obrázky



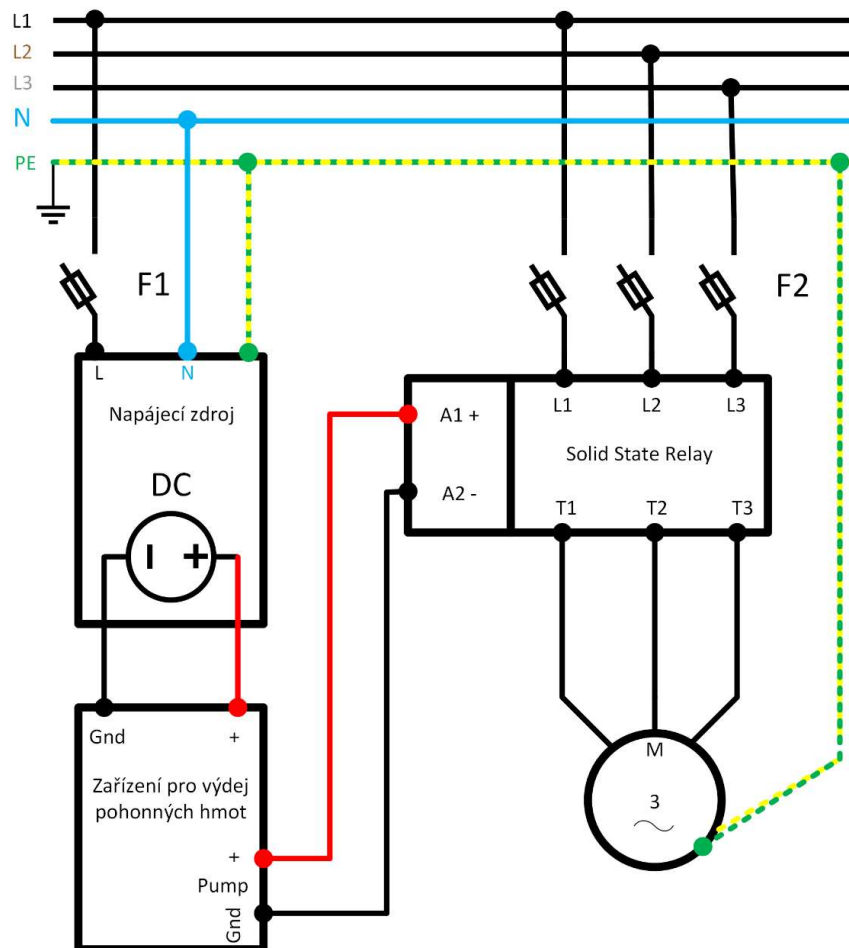
B. 1: Návrh 3D modelu krytu elektroinstalační krabičky.



B. 2: Obrázek 3D tištěného krytu elektroinstalační krabičky s integrovanou RFID anténou.



B. 3: 3D náhled din lišty osazené hardwarem pro výdej pohonných hmot, napájecím zdrojem a také stykačem.



B. 4: Schéma zapojení rozvaděče pro výdej pohonných hmot (Popřípadě může být doplněno o tepelnou ochranu motoru).



B. 5 : Zakoupený průtokoměr s oválnými koly typ G-Flow Italského výrobce Adam Pumps.  
(Obrázek převzatý z <https://adampumps.it/en/project/g-flow-2/>)

Systém pro přístup

Home Uživatelé **Zařízení** Administrace Přihlásit

Přidat nové zařízení

[Nové zařízení](#) [Odstranit](#)

ID Zařízení: [Kopírovat](#)

Token: [Kopírovat](#)

Server: [Kopírovat](#)

Přehled zařízení

[Previous](#) [1](#) [2](#) [Next](#)

Test Device	Test1	Test2	Test3
Umístění: default	Umístění: N/A	Umístění: N/A	Umístění: N/A
IP: 10.0.0.53	IP: N/A	IP: N/A	IP: N/A
Status: OFFLINE	Status: INIT	Status: INIT	Status: INIT
<a href="#">Detail</a>	<a href="#">Detail</a>	<a href="#">Detail</a>	<a href="#">Detail</a>

B. 6: Náhled webového rozhraní.