

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Jednotka automatiky pro otevírání brány

Jiří Dostál

Diplomová práce
2021

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Dostál**
Osobní číslo: **I19297**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a řídicí technologie**
Téma práce: **Jednotka automatiky pro otevírání brány**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky**

Zásady pro vypracování

Tématem práce je realizace řídicí jednotky automatiky otevírání křídlové brány. Jednotka bude ovládána pomocí dálkového ovládání nebo ručně, bude zaznamenávat jednotlivé události a bude splňovat platné bezpečnostní předpisy. Jednotka bude obsahovat spínače pro výkonové elektrické prvky. Nastavení jednotky, oprávnění pro manipulaci a prohlížení záznamu provozu bude možné přes webové rozhraní.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] ČSN EN 13241-1. Vrata – Norma výrobku: Část 1: Výrobky bez vlastností požární odolnosti nebo kouřotěsnosti. Srpen 2004. Dostupné z: <http://csnonline.unmz.cz>
- [2] Atmel 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32KBytes In-System Programmable Flash. ATMEL CORPORATION. [online]. [cit. 2013-10-29]. Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Summary.pdf
- [3] VÁŇA, Vladimír. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesorů a instrukční soubor. 1. vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2003, 335 s. ISBN 80-730-0083-0.
- [4] MATRKA, Lukáš. Jednotka automatiky pro otevírání brány. Pardubice, 2014. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Roleček
Katedra elektrotechniky

Datum zadání diplomové práce:

16. listopadu 2020

Termín odevzdání diplomové práce:

21. května 2021

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D. v.r.
děkan

Ing. Jan Pidanič, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. listopadu 2020

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. 8. 2021

Jiří Dostál

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Rolečkovi za odborné rady a zkušenosti užitečné při návrhu hardwaru zařízení.

Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Luboši Rejfkovi, Ph.D. za pomoc s použitím SDR rádia při analýze RF ovladače.

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací řídicí jednotky dvoukřídlé vjezdové brány. Úvod práce je zaměřen na analýzu dostupných řešení na trhu. Dále zde naleznete výběr typu pohonné jednotky dle brány. Praktická část se zabývá konkrétní realizací jednotky, hardwarové a softwarové části a uživatelskému rozhraní.

Klíčová slova

ESP32, ESP-WROOM-32, CC1101, 868MHz, ACS712, DS3231, GSM, ovládání brány, MOC3041, SSR relé

Title

Automation unit for opening the gate

Annotation

This graduation theses deals with the design and implementation of a control unit for a double-leaf entrance gate. The introduction is focused on the analysis of available solutions on the market. You will also find a selection of the type of drive unit according to the gate. The practical part deals with the specific implementation of the unit, hardware and software part and user interface.

Keywords

ESP32, ESP-WROOM-32, CC1101, 868MHz, ACS712, DS3231, GSM, gate control, MOC3041, SSR relay

Obsah

Seznam zkratk	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Úvod	10
1 Analýza produktů na trhu	11
1.1 Řídící jednotky	11
1.1.1 Hörmann RotaMatic	11
1.1.2 RJ 44.....	12
1.2 Pohonné jednotky	13
1.2.1 Lineární (přímočarý) posuv	13
1.2.2 Ramenový posuv	14
1.2.3 Podzemní otočný posuv.....	15
2 Ovládání brány	16
2.1 Kontaktní	16
2.1.1 Tlačítko	16
2.1.2 Klíč	16
2.1.3 Kódová klávesnice.....	16
2.1.4 Čip	16
2.1.5 Načítání registračních značek.....	16
2.2 Dálkové.....	17
2.2.1 Rádiový ovladač	17
2.2.2 Bluetooth	17
2.2.3 Wi-Fi.....	17
2.2.4 GSM	18
2.2.5 Externí Smart Home systém	18
3 Návrh řešení	19
3.1 Interakce s uživatelem	19
3.2 Bezpečnost.....	19
3.3 Konstrukce.....	20
3.3.1 Výběr pohonů	20
3.3.2 Silový výstup	20

3.3.3	Vstupy.....	20
3.3.4	SD karta	20
3.3.5	Hodiny reálného času	20
3.3.6	Mikrokontrolér	20
3.3.7	Napájení.....	20
3.3.8	Rádiový přijímač	21
3.4	Dálkové ovládání.....	21
3.4.1	Výběr ovladače	21
3.4.2	Zachycení vysílaného signálu.....	21
3.4.3	Konfigurace přijímače	22
3.4.4	Univerzální rádiový přijímač.....	23
4	Hardware.....	24
4.1	Napájecí management.....	24
4.1.1	Spínaný zdroj 230 VAC / 12 VDC	24
4.1.2	Step-down měnič 12 VDC / 5 VDC	25
4.1.3	LDO stabilizátor 3,3 V	25
4.2	Mikroprocesor	26
4.3	Spínání motorů	26
4.3.1	Logické obvody	26
4.3.2	Triakové spínání	27
4.3.3	Měření proudu motorů.....	28
4.4	Obvod reálného času	29
4.5	SD karta	29
4.6	Externí vstupy.....	29
4.7	Kontrolky a tlačítka	29
4.8	Externí zařízení.....	30
4.9	Relé.....	30
4.10	Osazená DPS	31
5	Software.....	32
5.1	Vývojové nástroje.....	32
5.2	Program	32
5.2.1	Obsluha brány.....	32
5.2.2	Obsluha webového prostředí	32

6	Obsluha a nastavení brány	34
6.1	Upozornění	34
6.2	Zapojení řídicí jednotky.....	34
6.3	Umístění koncových čidel	35
6.4	První spuštění	36
6.5	SD karta	40
	Závěr	41
	Literatura	Chyba! Záložka není definována.

Seznam zkratk

NFC	Near Field Communication - blízkoplní komunikace
RFID	Radio Frequency Identification - identifikace na rádiové frekvenci
RZ	Registrační značka vozidla
VDC	Voltage Direct Current - stejnosměrné napětí
VAC	Voltage Alternate Current – střídavé napětí
DIP	Dual In-Line Package – druh přepínače
PWM	Pulse Width Modulation – pulzně šířková modulace
Wi-Fi	Bezdrátový internetový protokol dle standardu IEEE 802.11
OCR	Optical Character Recognition – optické rozpoznávání znaků
AP	Access Point – přístupový bod
SIM	Subscriber Identity Module – účastnická identifikační karta
LED	Light Emitting Diode – světlo emitující dioda
IR	Infrared Radiation – infračervené záření
RF	Radio Frequency – rádiová frekvence
SSR	Solid State Relay – polovodičové relé
SDR	Software Defined Radio
PPM	Parts Per Milion – kusů z milionu - chybovost

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Hörmann RotaMatic sestava jednokřídlá [1]	11
Obrázek 2 – Řídící jednotka RJ-44 [4]	12
Obrázek 3 – Montážní rozměry TURN 200 [5]	13
Obrázek 4 – Lineární pohon TURN 200 [6]	14
Obrázek 5 – Montážní rozměry ARM 24 [7]	14
Obrázek 6 – Ramenový pohon ARM 24 [8]	15
Obrázek 7 – Podzemní pohon FIT [9]	15
Obrázek 8 – Blokové schéma architektury	19
Obrázek 9 – Rámec přijatého signálu	21
Obrázek 10 – Formát paketu [12]	22
Obrázek 11 – RX MULTI	23
Obrázek 12 – Chlazení stabilizátoru LD1117S33TR	25
Obrázek 13 – Schéma logických obvodů	26
Obrázek 14 – Schéma zapojení MOC3041 [19]	27
Obrázek 15 – Schéma zapojení ACS712 [21]	28
Obrázek 16 – Moduly s CC1101 [24]	30
Obrázek 17 – Modul SIM800L [25]	30
Obrázek 18 – Osazená DPS	31
Obrázek 19 – Vývojový diagram hlavní smyčky	33
Obrázek 19 – Zapojení řídicí jednotky	34
Obrázek 20 – Stránka ovládání	36
Obrázek 21 – Stránka nastavení	37
Obrázek 21 – Stránka nastavení data a času	38
Obrázek 23 – Stránka událostí	39

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Proudový odběr jednotlivých komponent	24
---	----

Úvod

Tato práce se zabývá návrhem řídicí desky vjezdové brány. Toto téma jsem si vybral, jakožto volné navázání na mojí bakalářskou práci, která se zabývala návrhem chytrého časovacího relé. Bakalářská práce byla ovšem z hlediska návrhu hardwaru velice jednoduchá, a tak jsem se rozhodl pro něco obtížnějšího na stejné platformě modulu ESP-WROOM-32 podporující Wi-Fi připojení.

Dnes je možné zakoupit celou řadu hotových profí řešení, včetně těch obsahujících chytré Bluetooth nebo Wi-Fi spojení. Z důvodu atypické brány, kterou máme doma, ovšem ne každé řešení plně vyhovuje a jsou třeba různé úpravy.

Pustil jsem se tedy do konstrukce řídicí desky dvoukřídle brány, která bude cenově dostupná, modifikovatelná a jejíž nastavení bude prováděno pomocí mobilního telefonu.

V této diplomové práci naleznete popis konstrukce jednotky automatiky pro otevírání dvoukřídle brány. Konstrukce využívá modul ESP32-WROOM-32, který se stará o samotné řízení otevírání a zavírání brány, ale také obsahuje Wi-Fi konektivitu.

Cíle diplomové práce:

- průzkum produktů na trhu,
- výběr nejlepších vlastností a řešení pro vlastní návrh,
- konstrukce zařízení a odladění jeho softwaru.

1 Analýza produktů na trhu

Tato kapitola představuje stávající řešení na trhu a jejich hlavní parametry. Jelikož dnes existuje celá řada výrobců pohonných a řídicích jednotek bran, vybral jsem jen ty nejvýznamnější, se kterými jsem se během výběru pohonné jednotky setkal.

Ve většině případů je řídicí jednotka oddělena od těla pohonu. Z toho tedy vyplývají podkapitoly:

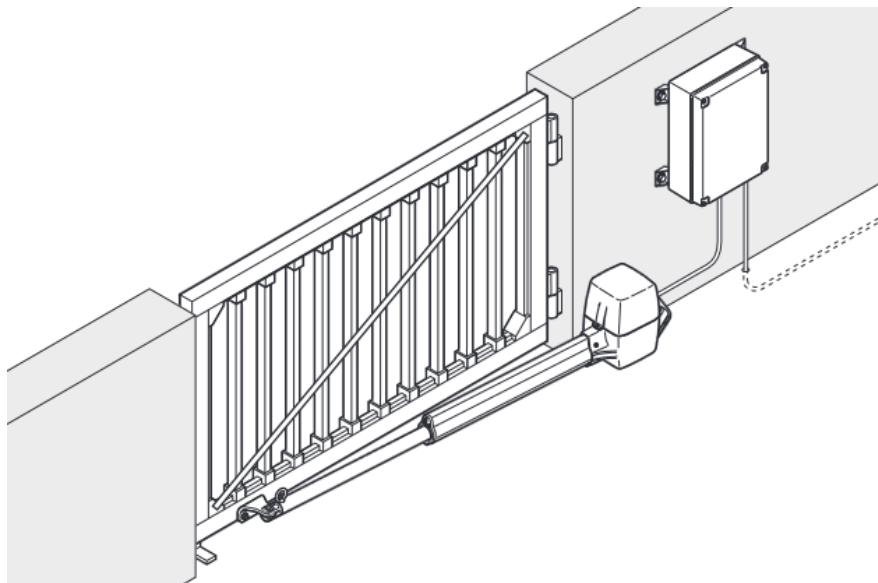
1. řídicí jednotky,
2. pohonné jednotky.

1.1 Řídicí jednotky

Jde o zařízení starající se o bezpečný a spolehlivý provoz brány. Jednotky nabízejí celou řadu nastavení, automatických funkcí, bezpečnostních systémů a v neposlední řadě také množství rozhraní pro uživatelské ovládání.

1.1.1 Hörmann RotaMatic

Jednotka je dodávána s lineárními pohony. Provozní napětí motorů je 24 VDC, toto umožňuje jednoduchou regulaci výkonů motorů pomocí PWM. Počáteční konfigurace se provádí pomocí DIP přepínačů a párem tlačítek. Omezení maximální síly motoru lze nastavit trimrem. Spínání motorů je provedeno pomocí tranzistorů. [1]



Obrázek 1 – Hörmann RotaMatic sestava jednokřídlá [1]

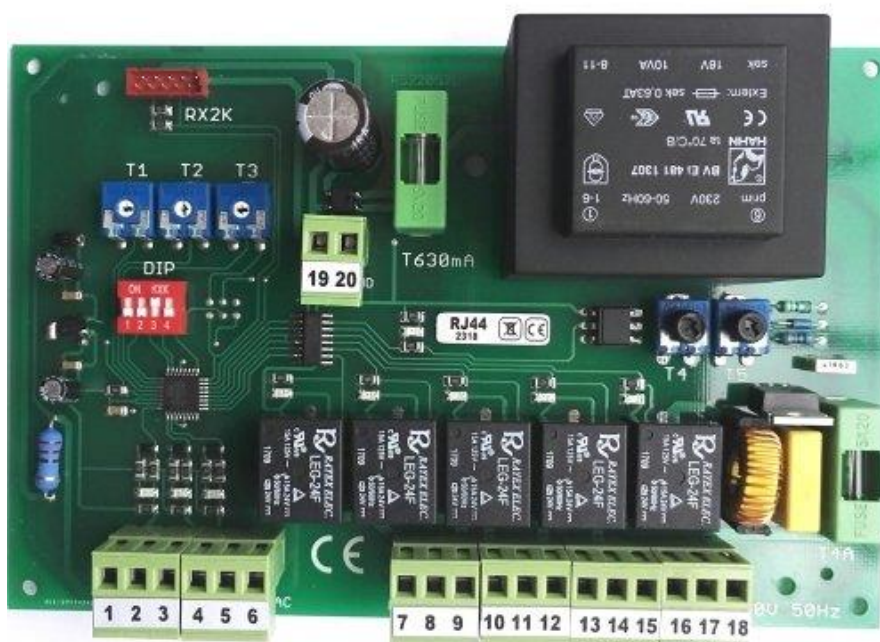
Firma nabízí také variantu Akku-Solar, která umožňuje provoz bez zdroje elektrické energie 230 V. [2]

Pomocí integrovaného rozhraní HCP lze jednotku propojit s externími systémy Smart Home z řady Homematic a DeltaDore. K řídicí jednotce je také volitelný Bluetooth modul umožňující ovládání mobilním telefonem. [2]

Jednotka vyniká vysokou bezpečností RF ovladače, který využívá moderní plovoucí kód, což jej činí neprolomitelným. [2]

1.1.2 RJ 44

Jedná se o řídicí desku české výroby s určením pro motory na 230 V. Počáteční konfigurace se provádí pomocí DIP přepínačů a 5 trimrů. 2 trimry nastavují proudové omezení motorů. Po překročení maximálního proudu dojde k zastavení a reverzaci brány. Rychlost motoru není možné regulovat, spínání je provedeno pomocí relétek. [3]



Obrázek 2 – Řídicí jednotka RJ-44 [4]

Dále jednotka disponuje vstupem pro infrazvuk a výstupem pro maják. Deska je přizpůsobena pro připojení RF modulu pro dálkové ovládání. Prodejce také nabízí externí modul ovládání přes Wi-Fi, který je možné připojit k ovládacímu vstupu kterékoliv řídicí jednotky. [3]

1.2 Pohonné jednotky

Jde o akční veličinu řízení brány. Bez pohonné jednotky by nebyl umožněn pohyb bran. Existuje celá řada typů bran například:

- posuvné,
- jednokřídlé,
- dvoukřídlé.

Dále existují různé velikosti bran a váhové kategorie. Vždy je třeba k nim volit adekvátní pohonnou jednotku.

V tomto srovnání budu brát ohled na parametry brány, kterou mám doma. Jedná se o dvoukřídlou bránu s velikostí křídla do 1,5 m a hmotností křídla do 100 kg.

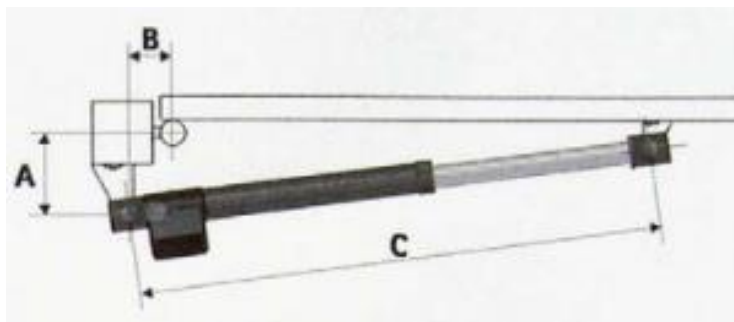
Pro křídlové brány existují 3 typy motorů:

1. lineární,
2. ramenový,
3. podzemní.

Jelikož všichni výrobci nabízejí pohony se srovnatelnými parametry, vybral jsem jednu firmu, která nabízí jednotlivé komponenty pro automatizaci bran jak v setech, tak i samostatně. Níže je malý přehled.

1.2.1 Lineární (přímočarý) posuv

Jedná se o nejrozšířenější typ pohonu pro křídlové brány. Principem funkce je teleskopický výsuv kde se mění délka C (obrázek 3). Montuje se mezi sloupek a křídlo brány. Vyrábí se varianty na 24 VDC tak i 230 VAC. Některé pohonné jednotky přímo obsahují koncové spínače pro zastavení motoru. Pro menší brány postačí délka výsuvu 300 mm, ale vyrábí se i 400 nebo 600 mm. Každý motor má své doporučené montážní rozměry A, B, C (Obrázek 3), které je třeba dodržet, aby měl motor dostatečnou sílu v celém rozsahu otevíření brány. [5]



Obrázek 3 – Montážní rozměry TURN 200 [5]

Příkladem může být pohon TURN 200 od firmy POHON SERVIS s.r.o.

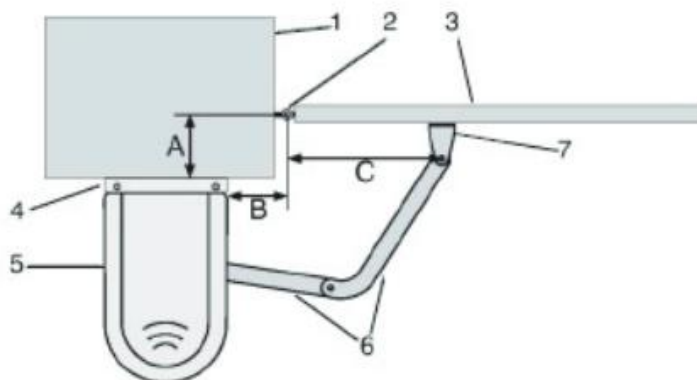


Obrázek 4 – Lineární pohon TURN 200 [6]

Motor je na provozní napětí 230 VAC a disponuje výkonem 345 W s maximální tlačnou silou 3500 N. Délka zdvihu je 400 mm a její vysunutí trvá 21 vteřin. Pohon je doporučen pro velikost křídla do 3 metrů s maximální hmotností 350 kg. [5]

1.2.2 Ramenový posuv

Tento typ pohonu se většinou volí jako alternativní možnost k předešlému typu tam, kde montážní rozměry neumožňují jeho instalaci. Ramenový posuv vyniká variabilitou montážních rozměrů A, B, C a množstvím jejich kombinací. Princip montáže je na obrázku níže (Obrázek 5)



Obrázek 5 – Montážní rozměry ARM 24 [7]

Příkladem může být pohon ARM 24 od firmy POHON SERVIS s.r.o.



Obrázek 6 – Ramenový pohon ARM 24 [8]

Pohon je na provozní napětí 24 VDC a disponuje výkonem 30 W. Maximální doporučená délka křídla je 2 metry a hmotnost 200 kg.

1.2.3 Podzemní otočný posuv

Toto provedení pohonu je určeno pro podzemní montáž, kde se instaluje přímo pod osu otáčení křídla. V důsledku toho je schované a není téměř vidět. Jde o méně používaný typ díky jeho vyšší ceně, ale také díky tomu, že je třeba mít vše připravené ještě před případnou pokládkou dlažby a podobně. [9]

Příkladem může být pohon z řady FIT od firmy POHON SERVIS s.r.o.. Prodávající nabízí jak variantu 24 VDC tak i variantu 230 VAC provozního napětí. Maximální hmotnost brány je určena v montážním návodu a je závislá na délce křídla. [9]



Obrázek 7 – Podzemní pohon FIT [9]

2 Ovládání brány

Důležitým parametrem při používání vjezdové brány nebo garážových vrat je jejich ovládání. Z hlediska umístění ovládacího prvku a jeho připojení k řídicí jednotce (drátové/bezdrátové) můžeme problematiku rozdělit na 2 kategorie.

2.1 Kontaktní

Tato kategorie ovladačů vyplývá z jejich pevného umístění v blízkosti brány.

2.1.1 Tlačítko

Tlačítko umístěné na zdi, nebo na sloupku je nejjednodušším řešením, jak obsluhovat bránu či garážová vrata. Většinou se používá pouze z vnitřní uzavřené strany areálu případně garáže, aby nedošlo k vniknutí nezvaných hostů.

2.1.2 Klíč

Jedná se o podobné řešení jako tlačítko, pouze je potřebné vlastnit klíč, jehož otočením aktivujeme spínač umístěný pod zámkem. Umísťuje se v blízkosti brány zvenčí, ale i zevnitř, pokud hrozí například přejezení plotu zloději.

2.1.3 Kódová klávesnice

Kódová klávesnice je velmi často používaná v zabezpečovací technice, ale i pro otevírání nejrůznějších dveří a bran. Umísťuje se totožně jako klíčový ovladač. Velkou výhodou při použití v podnicích je, že není třeba vyrábět mnoho klíčů, stačí pouze rozšířit jeden přístupový kód mezi pověřené osoby. Toto však může být snadno zneužitelné vyzrazením přístupového kódu, a proto má většinou každá pověřená osoba jiný kód, podle kterého je pak v paměti možné zjistit, kdo a kdy bránu otevřel.

2.1.4 Čip

NFC nebo RFID čip je v poslední době velice oblíbeným přístupovým řešením. Ve své podstatě se jedná o totožné řešení jako otevírání klíčem. Výhodou však je, že v podnicích může jeden čip otevírat více bran a dveří. Přístupová práva lze operativně přidávat nebo ubírat, což u obyčejného klíče není možné.

2.1.5 Načítání registračních značek

Princip čtení registračních značek je poměrně vyspělá technologie. Principiálně vše funguje tak, že na vjezdu a odjezdu jsou kamery, které zachytí RZ například podnikových vozidel a následně počítač pomocí OCR technologie vyhledá a rozpozná text registrační značky v obraze. Značku porovná s databází přístupových práv a v případě shody otevře vrata nebo závoru. V poslední době se s tímto řešením můžeme setkat v obchodních domech, kde sice na vjezdu dostaneme lístek sloužící k placení u automatu. U výjezdu se však v případě zaplaceného parkovného a úspěšného rozpoznání RZ závora sama otevře i bez vkládání parkovacího lístku do čtečky.

2.2 Dálkové

Dálkové ovládání vyplývají z faktu, že pověřená osoba může mít ovladač u sebe a současně není drátově propojen s řídicí jednotkou brány.

2.2.1 Rádiový ovladač

Dálkové ovládání může probíhat pomocí RF ovladače, kdy se jedná o point2point komunikaci. Přijímač bývá umístěn v blízkosti řídicí jednotky brány. Jde zatím o nejpoužívanější princip dálkového ovládání. Člověk nemusí nic hledat v mobilním telefonu a podobně, prostě jen stisknete tlačítko.

RF ovladače využívají volné frekvence 433 a 868 MHz. Dalším důležitým parametrem je modulace radiového signálu. Ovladače většinou využívají nejjednodušší digitální amplitudovou modulaci OOK případně frekvenční modulaci FSK.

Starší ovladače využívají pevný kód, který je po stisknutí tlačítka opakovaně vysílán. K otevření brány pak stačí tento kód zachytit přibližně 5x až 10x za sebou, což odpovídá stisku tlačítka půl vteřiny. Tento kód je však jednoduše zachytitelný a zneužitelný, z angličtiny Replay Attack.

Tento problém byl však vyřešen pomocí plovoucího kódu a jeho obdoba. Ve zkratce jde o to, že při každém stisku tlačítka je vysílán jiný kód, který je generován na základě speciálního algoritmu. Vysílač je domluven s přijímačem, podle jaké předlohy se budou kódy měnit. Každý ovladač je identický a nejde zkopírovat. Vždy je nutné spárovat konkrétní vysílač s přijímačem zvlášť. Toto zajišťuje vysokou bezpečnost radiového přenosu.

Dosah RF ovladačů je v řádu desítek metrů, některé ovladače umí přes 100 metrů.

2.2.2 Bluetooth

Použití této technologie je většinou spojeno s použitím mobilního telefonu a je možné pouze v omezeném dosahu cca 10 metrů. Lze provozovat například v režimu, kdy po přiblížení mobilního telefonu se zapnutým Bluetooth dojde k identifikaci a otevření brány, po vzdálení a odpojení zase k uzavření. Pokud je tato brána ve větší vzdálenosti od domu, může to být praktické. V opačném případě snadno dojde k nekontrolovanému chování brány z důvodu občasného připojení a odpojení Bluetooth spojení.

Druhou možností je použití aplikace v mobilním telefonu. V aplikaci lze pomocí tlačítek a příkazů ovládat a nastavovat bránu dle potřeby. Toto je však omezeno dosahem Bluetooth spojení.

2.2.3 Wi-Fi

Technologie Wi-Fi v sobě ukrývá množství různých řešení. Řídicí jednotka brány lze nastavit jako access point (AP), což znamená, že kolem sebe vysílá přístupový bod. Na který je možné se připojit pomocí aplikace v mobilním telefonu, nebo načíst webová stránka. V tomto režimu však jednotka nemá přístup na internet a režim AP je vhodný zejména tam, kde v dosahu není žádné Wi-Fi připojení k internetu.

V případě, že se lze takto k internetu připojit, je to pro uživatele pohodlnější. Není totiž třeba se ručně mezi AP přepojovat. Dále jsou zde výhody jako připojení jednotky ke vzdálenému serveru nebo veřejná IP adresa. V obou případech lze pak bránu ovládat a kontrolovat její otevření i mimo domov.

Zabezpečení tohoto spojení je zajištěno standardními internetovými protokoly.

2.2.4 GSM

GSM komunikační modul je velmi rozšířený v komunitních garážích a společných vjezdech. Uživatelé nepotřebují nic jiného než obyčejný mobilní telefon. K otevření stačí zavolat na telefonní číslo SIM karty zasunuté v komunikačním modulu brány. Zavření brány bývá řešeno časovačem, aby nedošlo uživatelem k opomenutí zavření brány.

Mobilní operátoři pro tyto účely nabízejí speciální SIM karty, kterým není třeba pravidelně dobíjet kredit, ale platí se u nich drobné paušální poplatky.

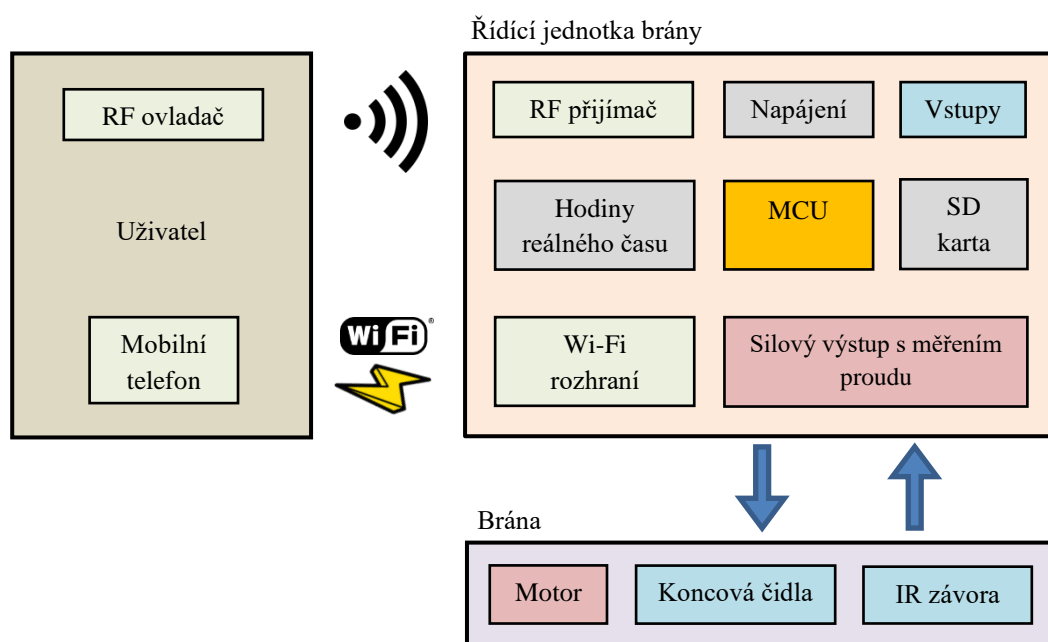
2.2.5 Externí Smart Home systém

Již v předchozí kapitole jsem popsal, že firma Hörmann podporuje připojení jednotky k chytré domácnosti. Těchto Smart Home systémů je na trhu celá řada. Většinou má každý výrobce své uzavřené řešení.

Za zmínění stojí řešení od Googlu, který nabízí aplikaci Google Home. S aplikací jsou kompatibilní nejrůznější Smart relé, například relé od firmy Sonoff, které lze jednoduše připojit na ovládací kontakty brány a pomocí mobilního telefonu tak bránu ovládat. Existují i chytré relé s integrovanými magnetickými kontakty, se kterými je možné uživateli poskytnout i zpětnou vazbu o poloze brány nebo dveří. Tyto výrobky používají pro bezdrátové spojení Wi-Fi nebo Bluetooth.

3 Návrh řešení

Na základě analýzy komerčních řešení popsanych v předešlých kapitolách vznikl vlastní návrh. Vybral jsem takové konstrukční prvky a periferie zařízení, aby byla podpořena především bezpečnost a praktičnost. Návrh také vychází z oblasti plánovaného využití a tou je obyčejná domácnost nikoliv veřejné či komerční prostory.



Obrázek 8 – Blokové schéma architektury

3.1 Interakce s uživatelem

Návrh počítá s prvotní instalací řídicí jednotky proškolenou osobou. Pro nastavení je třeba připojit se k řídicí jednotce mobilním telefonem přes Wi-Fi. Na webové stránce nastavení je možné zadat základní parametry jako jsou zpoždění mezi levým a pravým křídlem, omezení maximálního proudu a další parametry. Dále se provádí měření proudu a času otevírání jednotlivých křídel za pomoci tlačítek na řídicí desce. Bližší popis nastavení naleznete v kapitole 6. Obsluha a nastavení brány.

Běžného uživatele bude zajímat především základní webová stránka, kde nalezne tlačítka pro ovládání brány a dále stránka událostí s tabulkou historie činností brány.

Jako primární ovládací prvek však není uvažován mobilní telefon, nýbrž RF ovladač.

3.2 Bezpečnost

Použité bezpečnostní prvky vycházejí z komerčních řešení. Jedná se zejména o nadproudovou ochranu, kdy v případě nárazu brány dojde k jejímu zastavení. Dále pak jednotka obsahuje vstup pro infrazávoru a spínací kontakt pro výstražný maják nebo světlo.

3.3 Konstrukce

3.3.1 Výběr pohonů

Za pohonné jednotky jsem vybral dříve popsané lineární pohony TURN 200, protože nejlépe zapadají do technického řešení brány, kterou budu automatizovat. Tomuto výběru také podléhá návrh řídicí jednotky vzhledem k provoznímu napětí motorů 230 VAC.

3.3.2 Silový výstup

Silový výstup je podřízen provoznímu napětí elektromotorů. Při průzkumu trhu jsem zjistil, že snad všechny řídicí jednotky pro motory na 230 VAC používají pro spínání relátka. Rozhodl jsem se těmto elektromechanickým částem vyhnout a zvolil jsem triakové spínání především z důvodu vyšší životnosti. Triakové spínání je také známo v podobě Solid State Relay (SSR). Jedná se o modul podobný standardnímu relé. Výhodou je snadné použití bez potřeby dalších součástek. Já jsem se z cenových důvodů rozhodl pro složitější konstrukci z jednotlivých součástek.

3.3.3 Vstupy

Řídicí deska obsahuje 4 vnější vstupy oddělené optočleny. Tyto vstupy jsou určeny pro vnější ovládací tlačítko, infrazávoru a 2 koncové spínače, které hlídají dovření, protože pod bránu není možné z technických důvodů umístit zemní doraz. Infrazávora kontroluje, zda za bránou nestojí auto či jiná překážka bránící otevření.

3.3.4 SD karta

Karta slouží k ukládání historie činnosti brány. Záznam je možné procházet ve webovém prohlížeči nebo kartu vyjmout a data stáhnout do počítače.

3.3.5 Hodiny reálného času

Obvod reálného času je zálohovaný baterkou CR2032. Aktuální čas je tedy k dispozici i po výpadku napájení. Obvod je začleněn pouze pro potřeby ukládání historie činnosti brány.

3.3.6 Mikrokontrolér

Za řídicí mozek brány jsem zvolil dvoujádrový 32bitový mikroprocesor, který poskytuje dostatečný výkon. Je vybaven Wi-Fi i Bluetooth rozhraním. Jde o procesor ESP32 zabudovaný v modulu ESP32-WROOM-32, který již obsahuje anténu, flash paměť programu a další součástky, které jsou pro jeho funkci třeba. Mikroprocesor je podporován platformou Arduino a existuje k němu množství odzkoušených knihoven, což také přispívá k jeho snadné implementaci. Díky obsaženému Wi-Fi rozhraní jsem navíc ušetřil další modul, který bych musel například k AVR mikrokontroléru připojit.

3.3.7 Napájení

Pro transformaci síťového napětí 230 V jsem využil 10 watový spínaný zdroj od firmy Mean Well na jehož výstupu dává napětí 12 V a 0,85 A. Zdroj je uzavřený v krabici a obsahuje vývody pro zapájení přímo do DPS. Napětí 12 V je využito pro napájení koncových čidel případně dalších externích modulů se spotřebou do 0,3 A. Pro napájení komponentů

na DPS bylo třeba napětí snížit na 5 V a 3,3V. Za tímto účelem je zde spínaný step-down měnič na 5 V a dále pak lineární stabilizátor na 3,3 V.

3.3.8 Rádiový přijímač

Rádiový přijímač je řešen modulem s čipem CC1101 a slouží pro příjem signálu od dálkového ovladače pro otevírání brány. Bližší popis problematiky naleznete v následující kapitole 3.4.

3.4 Dálkové ovládání

3.4.1 Výběr ovladače

Při výběrů dálkového ovládání jsem se podřídil již existujícím garážovým vratům od firmy Hörmann, ke kterým mám ovladač HSM 4. Dle dostupných informací se jedná o ovladač na frekvenci 868,3 MHz s OOK modulací a pevným vysílacím kódem. Na trhu existuje mnoho čínských ovladačů, do kterých lze tento kód snadno naklonovat.

Přišla tedy otázka, jakým způsobem vyřešit přijímač pro stávající ovladače. Řešením může být zakoupení originálního přijímače HE 2 nebo HET 24. V obou případech se jedná o externí přijímač sloužící k ovládání neoriginálních vrat. Například pokud má uživatel dvoje vrata každé od jiného výrobce a chce k ovládání využít jeden ovladač. [10]

Další možností je pokusit se o detekci signálu svépomocí. Za tímto účelem jsem vybral rádiový modul s čipem CC1101, který je také obsažen v čínských kopiích ovladače Hörmann.

3.4.2 Zachycení vysílaného signálu

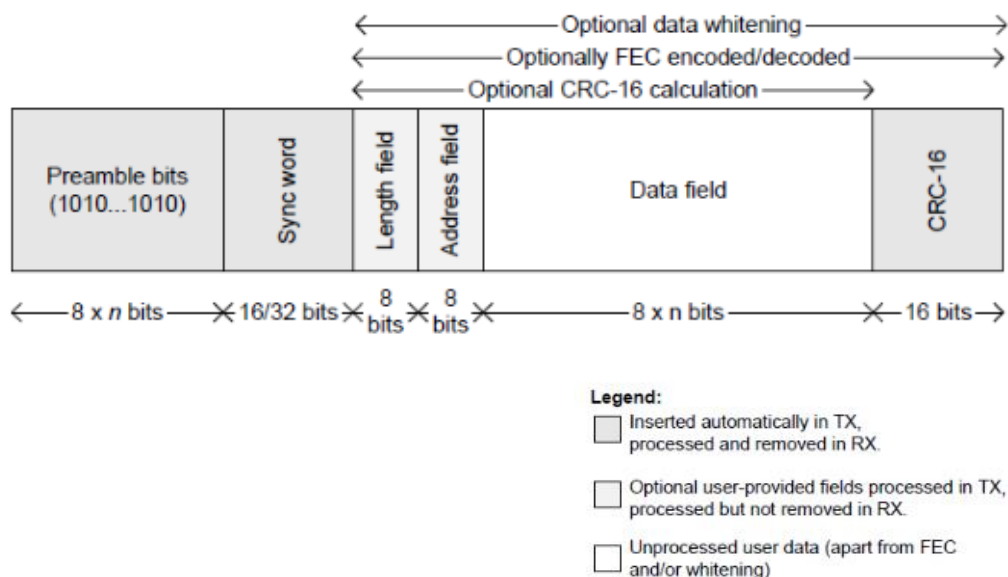
Pro přijetí signálu je třeba vědět, jak bude signál vypadat, na jaké bude frekvenci atd. K tomuto účelu dobře posloužilo SDR rádio. Konkrétně jsem vybral HackRF One, respektive jeho čínský klon. Výhodou tohoto SDR je i možnost vysílání. [11]

Pro zachycení vysílaného kódu jsem použil program HDSDR. Následně jsem jej zobrazil pomocí Matlabu v grafu. Výřez jednoho rámce je vidět na následujícím obrázku 9. Nalezený vysílací kanál se nachází na frekvenci 868,3 MHz a používá kódování OOK, tak jak popisuje výrobce.



Obrázek 9 – Rámec přijatého signálu

Pro další zkoumání je třeba vědět základní strukturu tohoto rámce. Blokový diagram je na následujícím obrázku 10.



Obrázek 10 – Formát paketu [12]

Podle tohoto schématu jsem se snažil v zachyceném rámci najít souvislosti a dešifrovat data tak, abych věděl, co potřebuji přijímat. Modré čáry jsou logické 1 a mezery jsou logické 0.

3.4.3 Konfigurace přijímače

Jak jsem již zmínil výše, pro radiový přijímač jsem použil modul s CC1101. Jedná se o čip od firmy Texas Instruments s velkou škálou nastavení.

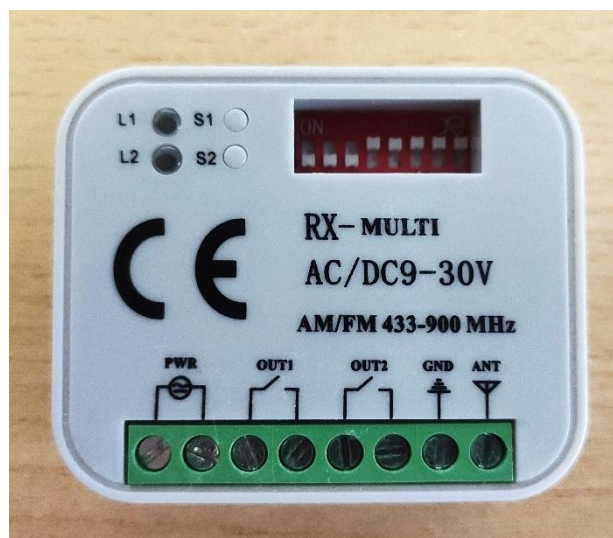
Na dříve uvedeném obrázku 9 lze vidět, že logická 1 zpočátku zabírá dvojnásobnou šířku než logická 0. Toto odpovídá kódu 110 případně 101 nebo 011. Zadaná preambule má však tvar 1010... Z této sekvence je jasné, že se preambule neshoduje. Toto by však tolik nevadilo, jelikož lze preambuli změnit na vlastní. Problém je spíše v tom, že přesně nevím, kde začíná a kde končí. V kódu se navíc objevují sekvence, ze kterých vyplývá následující redundantní kódování. Logickou 1 zastupuje sekvence 3 bitů 110 a logickou 0 zastupuje sekvence 100 případně jiné pořadí těchto bitů. Díky těmto nejistotám máme velké množství kombinací, jak asi původní paket vypadá a je třeba delší zkoumání pro nalezení správné kombinace. K těmto kombinacím se navíc přidávají různá nastavení zabezpečení proti chybám a podobně. [12]

Bohužel se mi nikde nepodařilo nalézt podrobnou analýzu na tyto nebo podobné ovladače. Podařilo se mi pouze pomocí SDR rádia a programu GNU Radio signál nahrát a opětovně odvysílat (Replay Attack) s úspěšným otevřením stávajících vrat Hörmann.

Z časových důvodů a nejistého výsledku jsem řešení této metody pozastavil a rozhodl jsem se pro použití kompatibilního radiového přijímače.

3.4.4 Univerzální radiový přijímač

Pro příjem povelů jsem vybral modul RX MULTI, který umí detekovat celou řadu ovladačů, a to nejen od firmy Hörmann. Připojuje se na napájení 9-30 V a obsahuje 2 výstupní relátka. Dle návodu jsem tedy nastavil přijímač a připojil jeden výstup na vstupní optočlen mé řídicí desky brány. [13]



Obrázek 11 – RX MULTI

4 Hardware

Návrh desky plošných spojů pro jednotku automatiky dvoukřídle brány vychází z blokového schéma architektury a již vybraných komponent. Deska plošného spoje bude rozdělena na 2 oblasti. Část nebezpečného síťového napětí 230 V a část malého napětí 12, 5 a 3,3 V.

4.1 Napájecí management

Napájení řídicí desky je rozděleno na 3 respektive 4 napěťové hladiny. Síťových 230 V pro napájení pohonů, 12 V pro napájení externích periférií, 5 V a 3,3 V pro napájení integrovaných obvodů a dalších součástek.

Před dalšími návrhy a výpočty je třeba určit přibližnou spotřebu jednotlivých součástek. Spotřeby jsem shrnul v následující tabulce 1 přičemž jsem zanedbal součástky s odběrem menším, než je 1 mA.

Tabulka 1 – Proudový odběr jednotlivých komponent

Součástka	Počet	Proud/ks [mA]	Proud celkem [mA]
Vcc = 5 V			
Relé	1	83	83
PC817	4	10	40
MOC3041	2	17	34
LED diody	8	10	80
ACS712	1	10	10
			247
Vcc = 3,3 V			
esp32	1	500	500
SD karta	1	200	200
CC1101	1	17	17
			717

Tabulka je rozdělena na 2 části. Část napájecího napětí 3,3 V s celkovým špičkovým odběrem 717 mA a část napájecího napětí 5 V se špičkovým odběrem 247 mA. Jelikož je napětí 3,3 V vytvářeno z napětí 5 V, je třeba tyto hodnoty k odběru 5 V přičíst. Celkový odběr z 5V větve tedy bude 964 mA. Je třeba dodat, že se jedná opravdu o špičkové hodnoty, kdy jsou v plné činnosti všechny komponenty, což se v praxi stane jen velmi výjimečně.

4.1.1 Spínaný zdroj 230 VAC / 12 VDC

Z důvodu bezpečnosti a spolehlivosti jsem zvolil modulový spínaný zdroj IRM-10-12 od firmy Mean Well s výkonem 10 watů. Zdroj disponuje napětím 12 V a proudem 0,85 A. Napájecí zdroj je umístěn přímo na DPS. Jeho výkon je dostatečný i pro napájení externích koncových čidel nebo rádiového přijímače s maximálním proudem 300 mA. [14]

4.1.2 Step-down měnič 12 VDC / 5 VDC

Díky velkému napěťovému rozdílu mezi 12 a 5 V a tím způsobeným tepelným ztrátám jsem se rozhodl pro spínaný step-down měnič LM2575T-5G s účinností 77 %. Měnič pro svou činnost potřebuje tlumivku, shottkyho diodu a dva kondenzátory. [15]

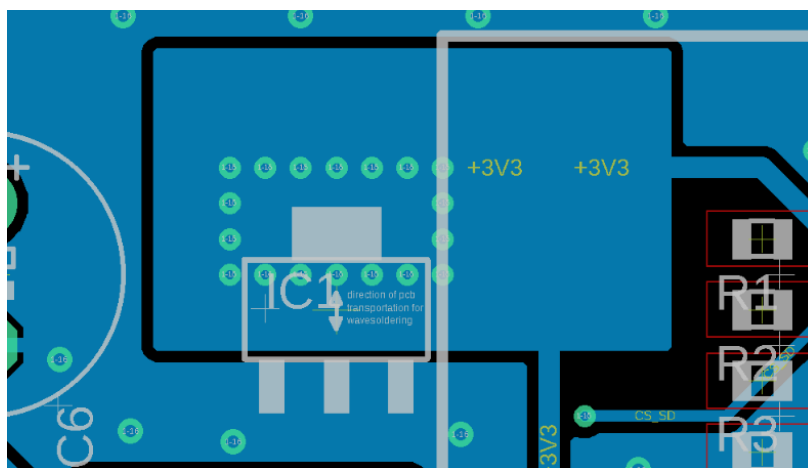
Účinnost 77 % v praxi znamená, že při odběru 1 A o napětí 5 V bude ztrátový výkon přibližně 0,6 W. Pro srovnání běžný lineární stabilizátor by měl ztrátový výkon 7 watů. [15]

Pro chlazení 0,6 W dostačuje samotné pouzdro TO-220, přičemž dojde k oteplení o 27 °C nad okolní teplotu, kterou počítám maximálně 40 °C. Výsledná teplota je tedy maximálně 67°C. Maximální provozní teplota stabilizátoru je 125°C. Máme tedy dostatečnou rezervu. [15] [16]

4.1.3 LDO stabilizátor 3,3 V

Mikroprocesor je stavěn na provozní napětí 3,3 V. Jelikož je rozdíl mezi 3,3 V a 5 V velmi malý a druhý spínaný stabilizátor by se nevyplatil, musel jsem použít Low Drop Voltage (LDO) stabilizátor LD1117S33TR.

Ztrátový výkon při vypočítaném špičkovém odběru 717 mA je 1,22W. Jelikož je stabilizátor v provedení pouzdra SMD SOT-223 použil jsem pro návrh chladičí plošky na DPS online kalkulačku. Na následujícím obrázku 12 je vidět provedení chlazení. Program určil maximální teplotu přechodu na 94 °C při teplotě okolí 40 °C. Maximální provozní teplota je 125 °C, máme tedy ještě dostatečnou rezervu. V praxi bude teplota daleko nižší, jelikož je započítán špičkový proud při vysílání ESP32 a zápisu na SD kartu. Běžný ztrátový výkon bude asi 0,2W a maximální teplota přechodu pak 50 °C. [17]



Obrázek 12 – Chlazení stabilizátoru LD1117S33TR

4.2 Mikroprocesor

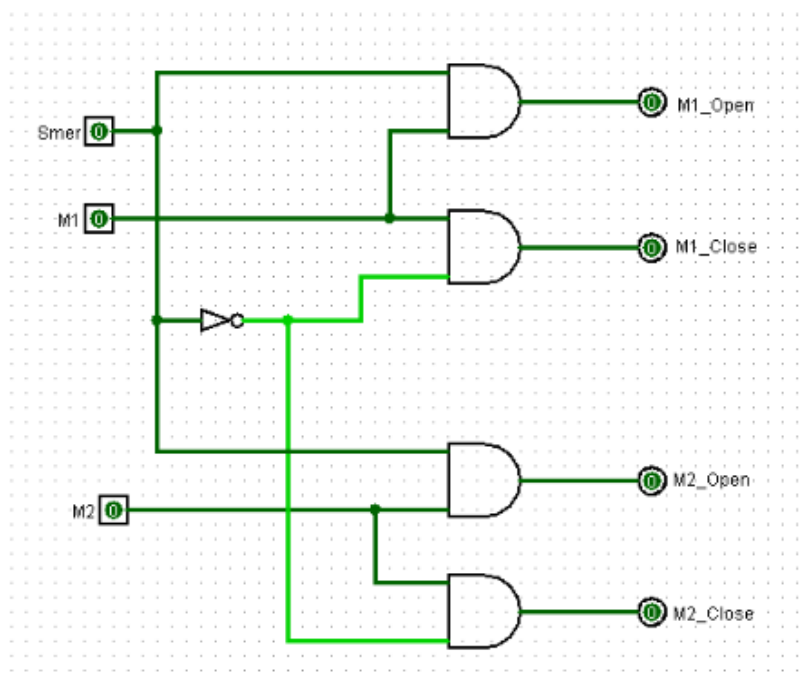
Pro řízení jednotky automatiky je použit modul ESP32-WROOM-32 od společnosti Espressif. Modul obsahuje 32 bitový procesor ESP32 s frekvencí až 240 MHz. Modul je vybaven bezdrátovou konektivitou Wi-Fi a Bluetooth. Dále modul obsahuje 520 kB operační paměti a 4 MB externí flash paměti. Pro obsluhu periférií je modul vybaven sběrnici UART, SPI, I2C a množstvím vstupně-výstupních pinů včetně A/D převodníku. Provozní napájení je 3,3 V a doporučený minimální proud zdroje je 500 mA. [18] [19]

4.3 Spínání motorů

Obsluha motorů je rozdělena na 3 části. Logické obvody se starají o blokaci souběžného sepnutí směru otevírání a zavírání, tak aby nedošlo k poškození motorů v případě chyby programu. Dále zde máme triakové spínání, které nahrazuje elektromechanická relé a prodlužuje tak životnost zařízení. Nakonec měření proudu motorů slouží pro hlídání nárazu do překážky a koncových dorazů.

4.3.1 Logické obvody

Logické obvody vycházejí z následujícího schématu na obrázku 13 a jak již bylo zmíněno, slouží k blokaci souběžného sepnutí fází pro otevírání a zavírání motorů. Pro návrh zapojení jsem využil simulační program LOGISIM. Díky tomuto zapojení jsem také ušetřil jeden výstupní pin procesoru ESP32.



Obrázek 13 – Schéma logických obvodů

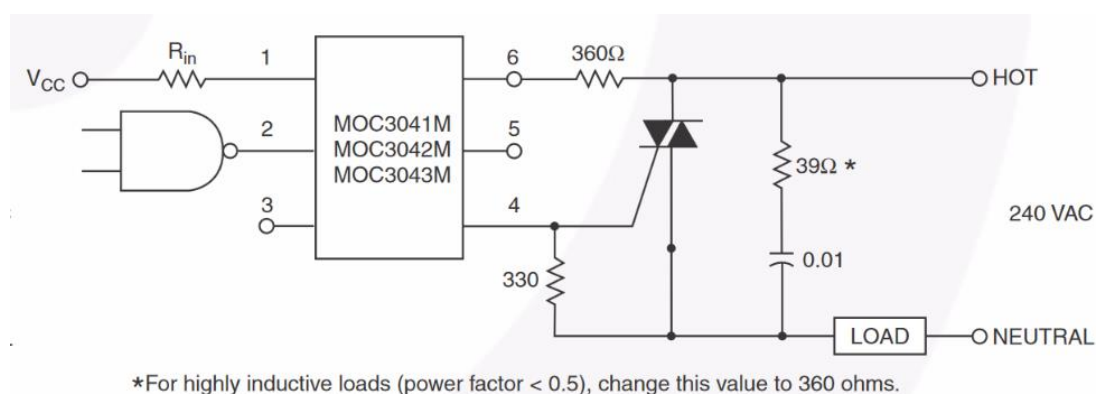
V zapojení jsou využity 4 logické AND a jeden NOT. Na DPS se jedná o obvody 74HC08 (AND) a 74HC04 (NOT). Dále je zapojení opatřeno tranzistorovým polem ULN2003 pro zvýšení výstupního proudu logických hradel, ale také pro bezpečnou konverzi z 3,3 V na 5 V úroveň.

Princip funkce je takový, že při logické 1 na vstupu M1 nebo M2 a logické 0 na vstupu Směr dojde k aktivaci výstupů M1_Close nebo M2_Close. Při logické 1 na vstupu Směr jsou povoleny výstupy M1_Open a M2_Open.

4.3.2 Triakové spínání

Pro konstrukci vlastního SSR jsem užil optočlen MOC3041, triak BT137 pár rezistorů a kondenzátor. Optočlen obsahuje na výstupu triak, který je spínán při průchodu napětí 0 V a vypínán také při průchodu 0 V. Tento triak je ovšem stavěn na velmi malé proudy (jednotky mA) a slouží pouze ke spínání většího triaku. Já jsem vybral triak BT137 s maximálním proudem 8 A a napětím 800 V. Jeho parametry pro spínání motorů bohatě dostačují. Motory mají odběr 1,5 A. [20]

Zapojení jsem zvolil dle datasheetu výrobce optočlenu MOC3041 a je uvedeno níže na obrázku 14.



Obrázek 14 – Schéma zapojení MOC3041 [20]

Jedná se o jednoduché zapojení, jehož výhodou je spínání i vypínání výstupu v 0 V. To v praxi znamená, že jsou eliminovány proudové rázy při zapnutí. Při vypnutí motorů nedojde k jiskření a tím generování rušení jako v případě běžného relé. Sériové spojení rezistoru a kondenzátoru tvořící RC člen je zapojeno paralelně s triakem a slouží pro eliminaci kmitání. Oscilace vznikají při vypnutí indukční zátěže, kterou je v tomto případě elektromotor. [20]

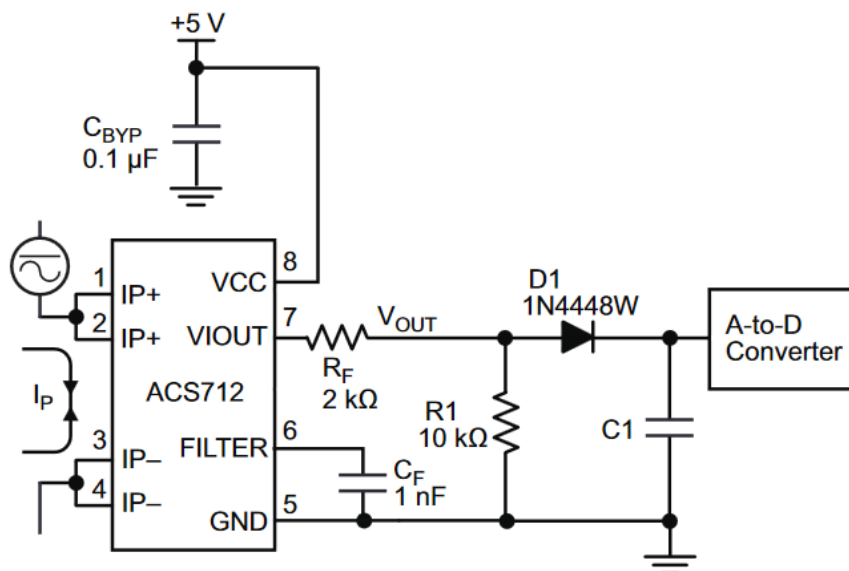
Úbytek napětí na triaku v sepnutém stavu jsem dle datasheetu stanovil přibližně na 1 V, toto mi potvrdilo i měření. Proud motoru je udáván 1,5 A a já jsem naměřil 1,1 A. Můžeme tedy spočítat ztrátový výkon $P = U \cdot I = 1 \cdot 1,1 = 1,1 \text{ W}$. [21]

Pro chlazení 1,1 W dostačuje samotné pouzdro TO-220, přičemž dojde k oteplení o 66 °C nad okolní teplotu, kterou počítám maximálně 40 °C. Výsledná teplota je tedy maximálně 106°C. Maximální provozní teplota triaku je 125°C. Máme tedy dostatečnou rezervu. Po odzkoušení jsem zjistil, že se triak za dobu otevírání brány kolem 20 vteřin

neohřeje nad měřitelnou mez. Toto bude způsobeno jeho tepelnou kapacitou. Pokud by se brána neustále otevírala a zavírala, zátěž jednoho motoru se rozdělí mezi 2 triaky, jeden na otevírání a druhý na zavírání. Jeden triak může být tedy v provozu se střídou 1:1, což napomáhá jeho chlazení. Maximální proud motoru je omezen pojistkou 1,6 A. [21]

4.3.3 Měření proudu motorů

K měření střídavého proudu motorů jsem využil 2 integrované obvody ACS712. Tento obvod disponuje dostatečnou izolační pevností mezi měřeným a měřícím obvodem, funguje tedy podobně jako optočlen. Obvod pracuje na principu Hallova jevu. Na výstupu je napětí přímo úměrné měřenému proudu. Jelikož měřím střídavý proud, je vhodné výsledné napětí usměrnit a pak přivést na A/D převodník procesoru. Použil jsem doporučené zapojení dle výrobce, je vidět na obrázku 15. [22]



Obrázek 15 – Schéma zapojení ACS712 [22]

Hodnota kondenzátoru C1 je třeba odladit dle frekvence měřeného proudu a vstupního odporu A/D převodníku. Já použil hodnotu 10μF paralelně s rezistorem 100kΩ. Rezistor slouží pro vybíjení kondenzátoru, jelikož jsem použil takové vstupy ESP32, které nemají ani pull-up ani pull-down rezistory. Takto odladěná dolní propust na A/D převodníku dává pouze drobné zvlnění napětí, které při měření nevádí. [19] [22]

Existuje více proudových rozsahů tohoto obvodu, já jsem vybral obvod s maximálním měřitelným proudem 5 A. [22]

4.4 Obvod reálného času

Jednotkou reálného času je integrovaný obvod DS3231 připojený prostřednictvím sběrnice I2C. Obvod disponuje vysokou přesností ± 2 ppm při teplotě 0-40 °C. V praxi to znamená odchylku ± 63 vteřin za rok. Pro účely brány je to naprosto dostatečné. O zálohu času v případě výpadku napájení se stará baterie CR2032, která je schopna bez externího napájení udržet obvod v provozu kolem 5 let. [23]

4.5 SD karta

Řídící jednotka obsahuje čtečku paměťových karet formátu microSD. Karta je využita pro zápis událostí. Procházení záznamu je možné přes webové rozhraní nebo po vyjmutí karty je možné záznam zobrazit v počítači.

Z datasheetu výrobce Kingstone jsem vyčetl spotřebu při čtení/zápise 200 mA. Při programování řídicí jednotky je třeba kartu vyjmout, protože řídicí pin chip select je SD kartou při programování ovlivněn a procesoru to vadí. Toto jsem při návrhu DPS nevěděl, jinak bych zvolil jiný pin procesoru ESP32. [24]

4.6 Externí vstupy

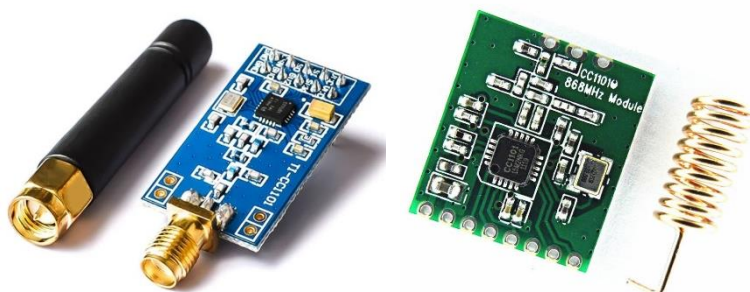
Externí vstupy jsou tvořeny optočleny PC817, které zajišťují napěťové přizpůsobení na vstupní piny ESP32 a zároveň eliminují rušení, které může zvnějšku přicházet. Pro aktivaci vstupu jej stačí propojit s nulovým potenciálem GND, který je také vyveden na svorkovnici. Pro indikaci aktivních vstupů je užito červených signálních diod. Vstupní piny 36 a 39 procesoru ESP32 navíc neobsahují interní pull-up rezistory a bylo třeba je doplnit externě hodnotou rezistorů 47 kΩ. [19]

4.7 Kontrolky a tlačítka

Pro indikaci aktivního napájení je použita červená LED, umístěna hned vedle svorkovnice vstupů IN1 až IN4. Hned vedle ní blíže k tlačítkům se nachází druhá červená LED indikující činnost procesoru. Připojena je na pin IO12. Dvě tlačítka připojena na pinech IO0 a IO15 se používají při prvotním nastavování brány. Horní tlačítko také slouží k nahrání programu z počítače. Pro běžného uživatele nemají tlačítka využití.

4.8 Externí zařízení

Deska plošných spojů je dále vybavena konektory pro připojení modulu RF přijímače CC1101 a to hned 2 provedení. (obrázek 16).



Obrázek 16 – Moduly s CC1101 [25]

Další konektor slouží pro modul SIM800L (obrázek 17). Jde o GSM modul a lze jej použít pro otevírání brány pomocí mobilního telefonu.



Obrázek 17 – Modul SIM800L [26]

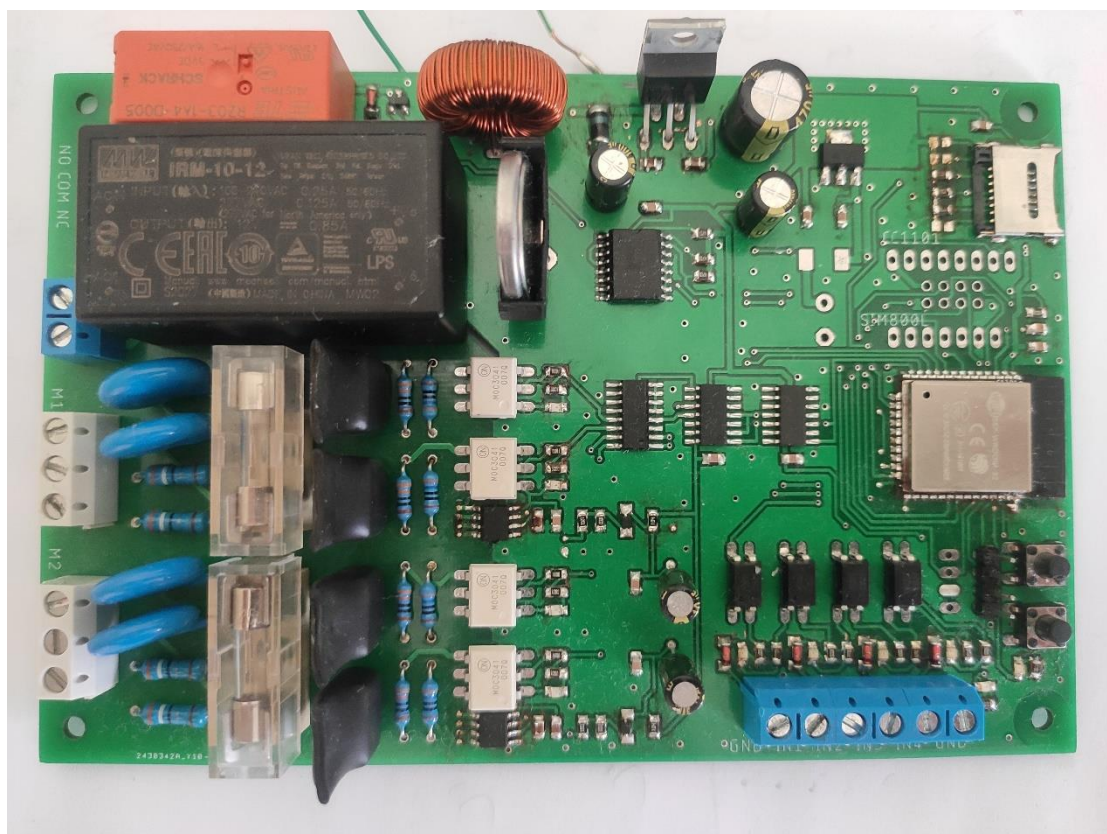
V provozu je možné využít pouze jeden z modulů a nelze je tedy kombinovat. Dále zde naleznete konektor se sériovou linkou pro programování z počítače.

4.9 Relé

Posledním prvkem na DPS je relé se spínacím kontaktem 250 VAC a 16 A. Spínací kontakt je vyveden na svorkovnici. Relé slouží ke spínání bezpečnostního majáku nebo osvětlení brány. Je sepnuto vždy, když jsou sepnuty motory.

4.10 Osazená DPS

Níže na obrázku 18 je vidět osazená deska plošných spojů. Jelikož jsem triaky neosadil chladičem s izolačními podložkami (důvod popsán dříve), zatavil jsem přes ně smršťovací izolační bužírku pro vyšší bezpečnost. Na jejich kovovém pouzdře se totiž nachází síťové napětí. Pro podporu oddělení síťového a malého napětí je pod optotriaky a proud měřícími obvody provedeno frézování desky.



Obrázek 18 – Osazená DPS

5 Software

Software řídící jednotky můžeme rozdělit na 2 části. První částí je program zajišťující bezpečný a spolehlivý chod brány. Druhou částí je program obsluhující webové rozhraní.

Programovací jazyk a prostředí je podřízeno podpoře procesoru ESP32. Nejčastěji se tento procesor programuje prostřednictvím Arduino IDE. Tuto možnost jsem si zvolil i já z důvodu velkého množství knihoven a dostupných řešení.

5.1 Vývojové nástroje

Arduino IDE neposkytuje našeptávání, tak jako Visual Studio. Z tohoto důvodu jsem nainstaloval Visual Studio Code s doplňkem PlatformIO, který tyto užitečné funkce podporuje a hodí se tak pro rozsáhlé projekty více. Prostředí navíc lépe indikuje chyby.

Dále bylo třeba do modulu ESP32-WROOM-32 nahrát bootloader. To se provádí pomocí rozhraní UART a programu Flash Download Tool.

5.2 Program

Hlavní program začíná funkcí „setup“, která obstarává prvotní inicializaci komponent, nastavení časovačů, přerušení a načtení uložených hodnot proměnných z flash paměti. Smyčka hlavního programu „loop“ čeká na připojení klienta prostřednictvím Wi-Fi.

5.2.1 Obsluha brány

Veškeré rutiny obsluhy brány jsou naprogramovány prostřednictvím přerušení. Je to z toho důvodu, aby v případě nějaké chyby a zaseknutí webového rozhraní, a tedy i hlavní smyčky „loop“, nedošlo k nekontrolovatelnému chování brány. K její obsluze jsou tedy použity 4 vstupní piny. 3 z těchto pinů vyvolávají přerušení na sestupnou hranu. Dále jsou použity všechny 4 64bitové časovače, které procesor ESP32 nabízí. První je použit pro spouštění A/D převodníku pro měření proudu motorů. Druhý obstarává zpoždění mezi prvním a druhým motorem. Třetí a čtvrtý časovač je použit pro odpočet dráhy jednotlivých motorů.

5.2.2 Obsluha webového prostředí

Webové rozhraní je řešeno prostřednictvím HTML kódu vloženého v programu ESP32. Procesor se chová jako webový server a sdílí webovou stránku prostřednictvím Wi-Fi s uživatelem.

Obsluha webového rozhraní je prováděna v hlavní smyčce „loop“. Procesor se ve smyčce dotazuje na přítomnost připojeného klienta. Pokud se klient připojí, odešle mu webový formulář s ovládáním brány. Uživatel pak pomocí tlačítek na webové stránce může přepínat celkem mezi 4 stránkami sloužícími pro ovládání a nastavení brány. Více v kapitole 6. Základní princip hlavní smyčky „loop“ je na následujícím vývojovém diagramu na obrázku 19.



Obrázek 19 – Vývojový diagram hlavní smyčky

6 Obsluha a nastavení brány

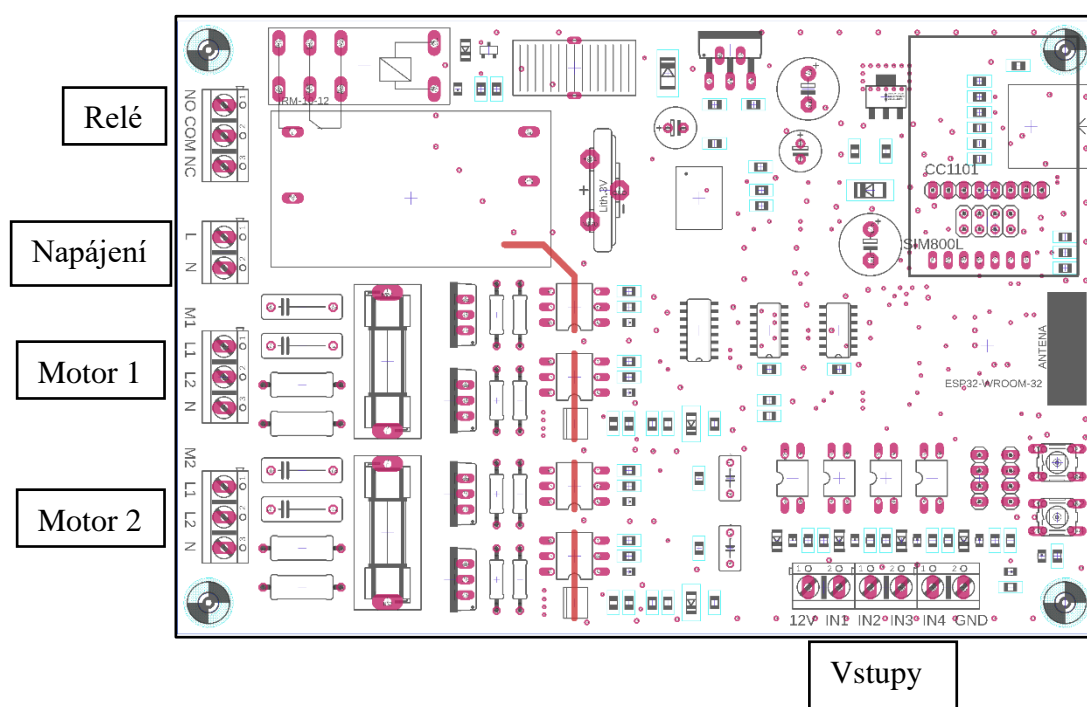
Tato kapitola se věnuje kompletnímu zapojení, slouží zároveň jako návod k obsluze. Jsou zde popsány veškeré postupy pro uvedení křídlové brány do provozu.

6.1 Upozornění

Při montáži pohonných jednotek dodržujte pokyny dané výrobcem pohonu. Zapojení řídicí jednotky smí provádět pouze osoba s dostatečnou elektrotechnickou kvalifikací.

6.2 Zapojení řídicí jednotky

Řídicí jednotku je nutné umístit do krabice odpovídající krytí IPXY prostředí, kde bude instalována. Pro připevnění slouží 4 otvory o průměru 3,2 mm určené pro distanční sloupky o průměru 3 mm.



Obrázek 20 – Zapojení řídicí jednotky

Na výše uvedeném obrázku 19 jsou označené jednotlivé svorky. Napájení 230 V přivedeme na svorky napájení L a N.

Ke svorkám motoru M1 bude zapojen ten motor, který při otevírání brány spíná jako první. L1 je fáze pro otevírání a svorka L2 je fáze pro zavírání motoru. Mezi tyto svorky také zapojíme rozběhový kondenzátor dle doporučení výrobce. Na svorku N připojíme nulový vodič motoru. Dále je třeba v instalační krabici umístit zelenožlutý zemnicí můstek a řádně jej připojit k přívodnímu zemnicímu vodiči. Tam připojíme i žlutozelený vodič motoru. Stejně postupujeme u druhého motoru a svorek M2.

Svorky pro vstupy jsou vybaveny svorkou napájení 12 V s maximálním proudem 300 mA a svorkou GND. Vstup IN1 je určen pro ovládací tlačítko. Pro jeho aktivaci je třeba připojit jej na potenciál GND. Vstup IN2 slouží pro infrazávoru, přerušení paprsku blokuje spuštění motorů. Pokud infrazávoru nepoužijete, propojte svorku IN2 s GND, jinak nebude brána fungovat.

Svorky IN3 a IN4 slouží pro připojení koncových čidel. Můžeme použít magnetické kontakty zapojené vůči svorce GND nebo průmyslová indukční čidla NPN-NO s připojeným napájením na svorky 12 V a GND.

6.3 Umístění koncových čidel

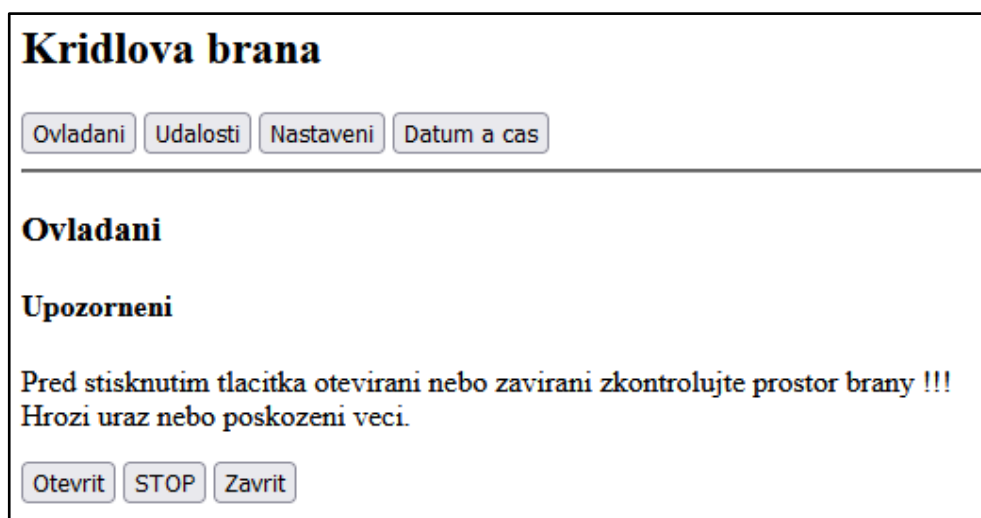
Doporučená čidla jsou uvedena v předešlé kapitole. Jejich umístění je nutné udělat tak, aby se čidla aktivovala při dosažení koncové polohy zavřené brány. V okamžiku sepnutí čidla bude daný motor vypnut. Čidla slouží místo zemního dorazu, protože většina motorů nesmí dojet až na svůj konec. Použití zemního dorazu místo čidel nedoporučuji, protože motory na 230 V potřebují pro zastavení vlivem nadproudu poměrně vysoký tlak. Zbytečně by tak docházelo k namáhání zavěšení motoru. Pro toto použití navíc není software přizpůsoben.

Umístěná koncová čidla připojte k řídicí desce. Čidlo na vstupu IN3 je určeno pro motor M1 a čidlo na vstupu IN4 je pro motor M2. Zapněte napájení řídicí desky a ověřte funkci a správné pořadí čidel při odblokovaných pohonech.

6.4 První spuštění

Před prvním spuštěním je nutné zkontrolovat volný pohyb brány. Odblokujte motory (dle návodu výrobce motoru) a ověřte dráhu otevírání v celém rozsahu. Následně umístěte křídla brány přibližně do poloviny jejich dráhy. Zablokujte motory.

Zapněte napájení pro řídicí jednotku. Pomocí mobilního telefonu se připojte do Wi-Fi sítě s názvem ESP32 a heslem 123456789. Následně zadejte adresu 192.168.0.1 do webového prohlížeče. Otevře se webová stránka z obrázku 20.



Obrázek 21 – Stránka ovládání

Zde stiskněte tlačítko „Zavřít“ a ověřte, že se obě křídla opravdu zavírají. Pokud ne, odpojte jednotku od napájení a zaměňte vodiče svorek L1 a L2 u příslušného motoru, zapojte napájení. Jestliže je vše v pořádku, opět motory odblokujte a umístěte křídla brány do polohy otevřeno. V tomto místě bude brána vždy zastavovat. Zablokujte motory.

Nyní klikněte na záložku „Nastavení“, načte se další webová stránka (obrázek 21).

Kridlova brana

Ovladani

Udalosti

Nastaveni

Datum a cas

Nastaveni brany

Pouze cela cisla!

Zpozdeni: [ms] Zpozdeni mezi M1 a M2

Nadproud M1 [%] 0-100 % *

Nadproud M2 [%] 0-100 % *

*Procentualni zvyseni nadproudu oproti autoset hodnoty.

Pred zaskrtnutim policka "Ukoncit konfiguraci" je nutne nejprve stisknout "Ulozit" a zkontrolovat zda se v nejakem policku nevyskytla chyba.

Po zaskrtnuti policka "Ukoncit konfiguraci" opet stisknete tlacitko "Ulozit".

Ukoncit konfiguraci

Stav:

Autoset

Po stisknuti tlacitka "Autoset" dojde k aktivaci tlacitek na ridici desce.

Horni tlacitko slouzi pro ovladani motoru M1 a dolni tlacitko pro M2.

Postup:

0. Pred samotnym procesem je treba nastavit koncova cidla viz. navod

1. Odblokujte motory a rucne branu presunte do koncove pozice otevreno. Opet motory zablokujte

2. Stisknete tlacitko "Autoset" v dolni casti teto stranky.

3. Stisknete spodni tlacitko pro zavirani M2 a drzte az do zastaveni od koncoveho snimace.

Pokud pozici prejedete a nedojde k automatickemu zastaveni, okamzite tlacitko uvolnete jinak dojde k poskozeni motoru, neni aktivovana nadproudova ochrana...zkontrolujte zapojeni a poradi cidel, zarizeni restartujte a postup opakujte.

4. Stisknete horni tlacitko pro zavirani M1 a drzte az do zastaveni od koncoveho snimace.

Pokud pozici prejedete a nedojde k automatickemu zastaveni, okamzite tlacitko uvolnete jinak dojde k poskozeni motoru, neni aktivovana nadproudova ochrana...zkontrolujte zapojeni a poradi cidel, zarizeni restartujte a postup opakujte.

5. Autoset je dokoncen, 3x zablika stavova kontrolka u tlacitek

Obrázek 22 – Stránka nastavení

Sekci „Nastavení brány“ necháme nyní ve výchozím nastavení. Zajímat nás bude sekce „Autoset“. Dále postupujte dle uvedeného postupu na webové stránce.

Po zablikání LED diody u tlačítek řídicí desky můžeme přejít zpět na stránku „Ovládání“ z obrázku 20. Otestujeme pomocí tlačítka „Otevřít“ a „Zavřít“ chování brány a koncových poloh. Případně upravíme polohu čidel. Na stránce „Nastavení“ můžeme dále upravit zpoždění mezi křídly a také můžeme otestovat nadproud a dle potřeby jej upravit. Při nadproudu, tedy při nárazu brány do překážky, dojde k zastavení a zpětnému chodu brány. Při ukládání nastavení vždy postupujte dle pokynů na webové stránce.

Další webovou stránkou je „Datum a čas“ (obrázek 22).

Kridlova brana

Ovladani Udalosti Nastaveni Datum a cas

Aktualni cas a datum

20:56 17/08/2021

Nastaveni aktualniho casu

Zadavejte ve formatu PR: 5 hodin, nikoliv 05 hodin!!!

Hodin Minut

Den Mesic Rok

Pred zaskrtnutim policka "Ukoncit konfiguraci" je nutne nejprve stisknout "Ulozit" a zkontrolovat zda se v nejakem policku nevyskytla chyba.
Po zaskrtnuti policka "Ukoncit konfiguraci" opet stisknete tlacitko "Ulozit".

Ukoncit konfiguraci

Stav:

Obrázek 23 – Stránka nastavení data a času

Zde můžete ověřit aktuální čas a datum, případně je pomocí formuláře změnit.

Poslední webovou stránkou jsou „Události“. Podmínkou pro její funkčnost je přítomnost SD karty viz. následující kapitola. Naleznete tady přehled aktivit brány v čase, navíc je zde uvedeno, která z periférií danou událost vyvolala (obrázek 22).

Kridlova brana

Ovladani Udalosti Nastaveni Datum a cas

Udalosti

Aktualni cas a datum

20:36 17/08/2021

Pokud aktualni cas a datum neodpovida, nastavte jej na strance DATUM A CAS

Historie udalosti

Datum	Cas	Akce	Vstup
17.08.2021	20:22	zavirani	rf tlac
17.08.2021	20:20	otevirani	rf tlac
17.08.2021	20:00	zavirani	rf tlac
17.08.2021	20:00	zastaveno	rf tlac
17.08.2021	19:59	otevirani	rf tlac
17.08.2021	19:21	zavirani	rf tlac
17.08.2021	19:15	otevirani	rf tlac
17.08.2021	14:46	zavirani	rf tlac
17.08.2021	14:45	zastaveno	rf tlac
17.08.2021	14:45	otevirani	rf tlac

Obrázek 24 – Stránka událostí

6.5 SD karta

Manipulaci s SD kartou vždy provádějte s vypnutým zařízením. Po zapnutí dochází k iniciaci.

Vhodným typem karty je microSD s velikostí do 32 GB. Před použitím je třeba ji naformátovat na systém souborů FAT32.

SD kartu vložíte tak, že odsunete vrátka slotu karty směrem ke středu desky. Vrátko odklopte, umístěte SD kartu. Pak už stačí jen vrátka zavřít a posunout je směrem ven z desky, dojde k uzamčení.

Na kartě později najdete soubor „data.txt“ s uloženými aktivitami brány. To stejné jako ve webovém prohlížeči v sekci „Události“.

Závěr

V práci byl popsán návrh a realizace řídicí jednotky dvoukřídle brány. Do jednotky jsem implementoval Wi-Fi konektivitu pro snadné nastavení přes webové rozhraní. K otevírání brány je použito bezdrátového ovladače na frekvenci 868 MHz.

Silové spínání motorů je řešeno pomocí triaků, které mají oproti běžným relé prakticky neomezenou životnost. Pro měření proudu pohonů jsou využity integrované obvody užívající princip Hallova snímače. Pokud je detekován nadproud, tedy nadměrné zatížení motoru, dojde k zastavení brány a zpětnému chodu.

Bezpečnost zařízení je zajištěna nadproudovou ochrannou motorů a také použitím infrazvukových blokujících spouštěcí v případě přerušeného paprsku. Dále je obsažen spínací kontakt pro výstražný maják.

Jednotka také obsahuje obvod reálného času se zálohovaným napájením. Dále zde naleznete čtečku micro SD karet, která slouží pro ukládání informací o pohybech brány.

Ovládání je možné pomocí dálkového ovladače nebo přes webové rozhraní. Zařízení pomocí vnitřního webového serveru prezentuje dohromady 4 stránky. Je zde možno bránu otevírat a zavírat, nahlížet do historie událostí, měnit aktuální čas a datum. Samozřejmostí je také webová stránka s konfigurací nadproudové ochrany, časového zpoždění mezi křídly a času pojezdu jednotlivých křídel.

V otázce elektrické bezpečnosti je zde použito dostatečných izolačních mezer a frézování mezi částí nízkého napětí a částí malého ovládacího napětí. Pro napájení zařízení jsem použil certifikovaný spínaný zdroj umístěný v modulu na desce plošných spojů.

Deska plošných spojů navíc obsahuje přípravu pro GSM modul. Po menší úpravě programu je tedy možné využít ovládání přes mobilní síť.

Literatura

- [1] Návod k montáži, provozu a údržbě Hörman RotaMatic. *Www.globetrade.cz* [online]. 2010 [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: https://www.globetrade.cz/cz/ke-stazeni/download/Automatick%C3%A9%20pohony%20vrat%20a%20bran/Pohony%20H%C3%B6rmann/Pohon_otocnych_vrat_RotaMatic.pdf
- [2] Pohony garážových a vjezdových bran Hörmann. *Www.hormann.cz* [online]. 2019-10 [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: https://cdn.hoermann-cloud.de/fileadmin/_country/kataloge/pdf/85945_Garagen_EinfahrtstorAntriebe_CS.pdf?v=1600335095
- [3] Návod k obsluze a instalaci řídicí elektronické jednotky RJ 44. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.pohonservis.cz/montaze/RJ-44/>
- [4] RJ-44. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.pohonservis.cz/vrata/images300/RJ-44.jpg>
- [5] Montážní návod pro TURN 100, 200, 300. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.pohonservis.cz/montaze/TURN-2020/>
- [6] TURN-200. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.pohonservis.cz/vrata/images300/c.jpg>
- [7] Montážní návod ARM24. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.pohonservis.cz/montaze/ARM24/>
- [8] ARM24. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: <https://www.pohonservis.cz/vrata/images300/ARM24.jpg>
- [9] Návod k montáži a obsluze FIT. *Www.pohonservis.cz* [online]. [cit. 2021-08-10]. Dostupné z: https://www.pohonservis.cz/montaze/FIT_2016/
- [10] Hormann-hsm4-remote-control. *Https://manualzz.com/doc/4615719/hormann-hsm4-remote-control* [online]. [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: <https://manualzz.com/doc/4615719/hormann-hsm4-remote-control>
- [11] *Hackrfone* [online]. [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: <https://greatscottgadgets.com/hackrf/one/>

- [12] CC1101_datasheet. *Www.ti.com* [online]. [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1101.pdf?ts=1628826360790&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [13] RX_MULTI. *Www.ddtechnik.cz* [online]. [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: https://www.ddtechnik.cz/zbozi-prilohy/6207_1_manual_rx-uni.pdf
- [14] IRM-10-12. *Www.gme.cz* [online]. 2014 [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.332-945.1.pdf>
- [15] LM2575. *Www.gme.cz* [online]. 2004-08 [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.330-086.1.pdf>
- [16] WILSON, Peter. *The circuit designer's companion* [online]. 4th ed. Oxford: Elsevier, 2012 [cit. 2021-08-13]. ISBN 978-0-08-097138-4. Dostupné z: https://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCDCE0022/viewerType:toc//root_slug:circuit-designers-companion/url_slug:circuit-designers-companion?b-q=The%20circuit%20designer%20C2%B4s%20companion&include_synonyms=no&q=The%20circuit%20designer%20C2%B4s%20companion%20&sort_on=default
- [17] Heatsinkcalculator. <https://heatsinkcalculator.com> [online]. [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: <https://heatsinkcalculator.com/pcb/free-calculator.html>
- [18] Esp32-wroom-32. *Www.espressif.com* [online]. [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf
- [19] Esp32_datasheet. *Www.espressif.com* [online]. [cit. 2021-08-13]. Dostupné z: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [20] MOC3041_datasheet. *Www.gme.cz* [online]. [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.523-277.1.pdf>
- [21] BT137_datasheet. *Www.gme.cz* [online]. 2001 [cit. 2021-08-15]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.225-003.1.pdf>
- [22] ACS712_datasheet. <https://www.allegromicro.com/> [online]. 2020-01 [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: <https://www.allegromicro.com/en/products/sense/current-sensor-ics/zero-to-fifty-amp-integrated-conductor-sensor-ics/acs712>
- [23] DS3231_datasheet. <https://datasheets.maximintegrated.com> [online]. 2015-03 [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>

- [24] SD_card_datasheet. *Www.kingston.com* [online]. [cit. 2021-08-14]. Dostupné z: https://www.kingston.com/datasheets/SDCIT-specsheet-8gb-32gb_en.pdf
- [25] CC1101_modul. *Https://dratek.cz* [online]. [cit. 2021-08-16]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1401-cc1101-bezdratovy-modul-868mhz-m115-pro-prenos-na-dlouhe-vzdalenosti-plus-antena.html>
- [26] SIM800L. *Https://dratek.cz* [online]. [cit. 2021-08-16]. Dostupné z: https://dratek.cz/arduino/7569-bezdratovy-gsm-gprs-modul-sim800l-v2.0.html?gclid=CjwKCAjwmeiIBhA6EiwA-uaeFb4qHgLx70Av9wmLdOMW9tdk8RE3n-Qfa0nvIokJ0-TG3m2O2FRfuRoCKXIQA_vD_BwE