

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Jednotka automatiky pro otevírání brány

Lukáš Matrka

Bakalářská práce
2014

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Matrka**
Osobní číslo: **I11280**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Jednotka automatiky pro otevírání brány**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

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.

1. Nastudujte si základní principy ovládání vrat a bran.
2. Navrhněte hardwarovou realizaci jednotky.
3. Naprogramujte ovládací software pro hardware jednotky.
4. Ověřte požadované funkce jednotky.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

ČSN EN 13241-1. Vrata - Norma výrobku: Část 1: Výrobky bez vlastností požární odolnosti nebo kouřotěsnosti. Srpen 2004. Dostupné z:
<http://csnonline.unmz.cz>

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

VÁŇA, Vladimír. Mikrokontroléry ATMEL AVR: popis procesorů a instrukční soubor. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 335 s. ISBN 80-730-0083-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Roleček

Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce:

20. prosince 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

9. května 2014



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2014

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci 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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 8. 5. 2014

Lukáš Matrka

Poděkování

Tímto bych chtěl v první řadě poděkovat panu Ing. Jiřímu Rolečkovi za všestrannou pomoc při návrhu i realizaci. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi poradili při realizaci řídicí jednotky. Děkuji své rodině za podporu ve studiu.

Anotace

Tato práce se zabývá rozbořem řídících jednotek automatického otevírání brány a jejich externími perifériemi. V úvodu práce je obecný souhrn informací o řídících jednotkách a jejich použití. Praktická část zahrnuje konstrukci a softwarové řízení navržené řídící jednotky automatiky.

Klíčová slova

Řídící jednotka, brána, elektronický zámek, motory, fotobuňky.

Title

Swing Gate Control Unit

Annotation

This work deals with the swing gate control units for opening gate and external peripherals. The introduction is a general summary of the control units and their use. Practical part include the construction and management software designed for swing gate control unit.

Keywords

Control unit, gate, electronic lock, engines, photocell.

Obsah

Seznam zkratek.....	8
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	10
Úvod.....	11
1 Jednotka automatiky pro otevírání brány	12
1.1 Rozdělení bran podle typu.....	12
1.2 Základní rozvržení externích zařízení	13
1.3 Řídící jednotky	14
2 Pohony pro brány	14
3 Elektronické zámky.....	16
3.1 Rozdělení zámků	16
4 Fotobuňky	17
4.1 TSOP – infra přijímač	18
4.2 TSAL – infra vysílač	19
5 Vysokofrekvenční moduly	19
5.1 Možností využití čipů řady SI446x	21
5.2 Vlastnosti	21
5.3 Programování, spárování zařízení	22
6 Obecný zdroj.....	23
7 Praktická část.....	24
7.1 Návrh zdroje	24
7.2 Silová část.....	26
7.3 Procesorová část	28
7.3.1 XMEGA16D.....	28
7.3.2 ENC28J60.....	31
7.3.3 VF modul.....	32
7.4 Dálkové ovládání.....	34
8 Rozmístění součástek.....	35
9 Návod k oživení.....	37
9.1 Oživení silové části.....	37
9.2 Oživení procesorové části.....	38

9.3 Oživení dálkového ovládání	39
9.4 Modifikace brány.....	40
10 Vývojový diagram	41
Závěr	42
Literatura	43
Příloha A – Obrázek řídicí jednotky.....	45
Příloha B – Zdrojový kód – dálkové ovládání, řídicí jednotka	46

Seznam zkratk

ISP	In system programming
VF	Vysokofrekvenční
FSK	Frequency-shift keying
MSK	Minimum-shift keying
DPS	deska plošných spojů
A/D	analogově digitální převodník

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Řídící jednotka [1]	12
Obrázek 2 - Dvoukřídla brána[1]	13
Obrázek 3 – Rozvržení externích komponentů řídicí jednotky[7]	14
Obrázek 4 - Pohon křídlových bran – přímočaré [1].....	15
Obrázek 5 - Pohon křídlových bran – ramenové [1]	15
Obrázek 6 - Mechanický zámek [5]	16
Obrázek 7 – Elektronický zámek [1].....	17
Obrázek 8 – Fotobuňka RIF50 [9].....	18
Obrázek 9 - TSOP – Přijímač [17]	18
Obrázek 10 - TSAL – Vysílač [16]	19
Obrázek 11 – Principiální zapojení SI446x [4]	20
Obrázek 12 - Dálkové ovládání [1]	21
Obrázek 13 - SI446x [4].....	22
Obrázek 14 - Nastavení frekvencí SI446x.....	22
Obrázek 15 - Obecný zdroj [11].....	23
Obrázek 16 - Můstkový usměrňovač [12]	23
Obrázek 17 - Obecný návrh - upravit	24
Obrázek 18 – Napájení	25
Obrázek 19 - Tranzistor jako spínač.....	26
Obrázek 20 - Silová část.....	27
Obrázek 21 - Řídící jednotka.....	28
Obrázek 22- XMEGA16D.....	29
Obrázek 23 - XMEGA16D – piny [3]	30
Obrázek 24 - ENC28J60 – piny [2]	31
Obrázek 25- ENC28J60.....	32
Obrázek 26 - VF modul	33
Obrázek 27 - VF modul	33
Obrázek 28 - Dálkové ovládání	34
Obrázek 29 - DPS – Napájení.....	35
Obrázek 30 - DPS - Silová část	35
Obrázek 31 - DPS - Procesorová část.....	36
Obrázek 32- DPS - Dálkové ovládání	36
Obrázek 33 – Fotografie DPS napájení	37
Obrázek 34 – Fotografie DPS výkonové části.....	38
Obrázek 35 – Fotografie procesorové DPS	39
Obrázek 36 - Fotografie DPS dálkového ovládání.....	40
Obrázek 37 - Fotografie DPS dálkového ovládání.....	40
Obrázek 38 - Vývojový diagram	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rozdělení vlastností SI446x [4]	20
---	----

Úvod

Cílem této bakalářské práce je realizace řídicí jednotky otevírání (křídlové) brány. Řídicí jednotka otevírání brány je zařízení, které umožňuje na základě povelu otevřít a zavřít křídlovou bránu. Ovládání jednotky je realizováno dálkovým ovládáním. Brána je otevírána motorem připojeným a ovládaným právě řídicí jednotkou. Jednotka obsluhuje také připojené periferie, jako je elektricky ovládaný zámek brány a bezpečnostní prvky, v tomto konkrétním případě dvojice fotobuněk, které realizují bezpečnostní závoru pro případ, že auto zůstane stát ve vjezdu nebo osoba prochází prostorem brány.

V první části práce jsou obecně popsány principy otevírání bran, řízení motorů a jejich využití pro různá konstrukční řešení. Dále jsou popsány možnosti uzamčení křídlových bran a jiná využití elektronických zámků. Je zde vysvětlen princip fotobuněk, které slouží jako bezpečnostní systém pro otevírání, jejich rozdělení a použití při testování řídicí jednotky. Část popisu je věnována komunikaci mezi řídicí jednotkou a dálkovým ovládáním za použití vysokofrekvenčního modulu.

V praktické části je popsán návrh zdroje řídicí jednotky a napájení jednotlivých komponentů. Silová část pro spínání výkonových prvků je odvozena pomocí tranzistorového spínače. V poslední části je navržena řídicí jednotka, její jednotlivé funkce včetně popisu zapojení jednotlivých bloků a jejich parametrů.

Závěr je věnován softwarové realizaci a testování řídicí jednotky automatiky pro otevírání brány.

1 Jednotka automatiky pro otevírání brány

Jednotka automatiky pro otevírání brány je zařízení, které je potřebné pro otevírání brány a řízení bezpečnostních čidel. Výhodou je ukládání dat o otevření, zavření brány a identifikace dálkového ovladače. Jednotka automatiky pracuje na klasickém principu pro otevírání brány.

Řídicí jednotky jsou napájeny 230V ze zásuvky. Pomocí transformátoru, stabilizátoru, filtrů a usměrňovačů je dosaženo potřebného napájení pro veškeré prvky na řídicí desce. Deska napájí veškeré externí periférie (motory, elektronický zámek, fotobuňky, maják a přídatné osvětlení). Základní částí je řídicí mikroprocesor, kterým se nastavuje řízení brány (otevírání, zavírání, bezpečnostní zařízení, osvětlení a další). Díky vysokofrekvenčním modulům je dosažena komunikace mezi dálkovým ovládáním a procesorem.



Obrázek 1 - Řídicí jednotka [1]

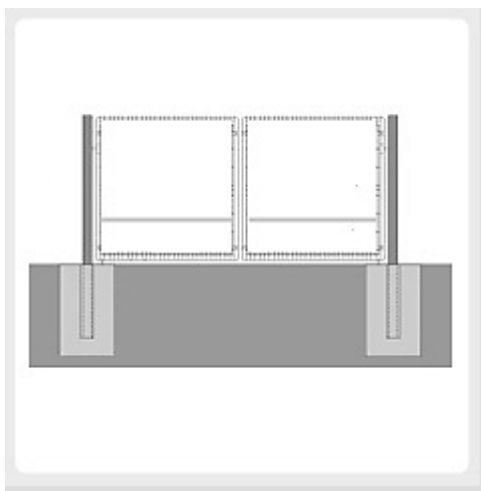
1.1 Rozdělení bran podle typu

Jednotky automatického otevírání brány lze rozdělit do více kategorií. Jednou z hlavních kategorií je podle počtu otevíraných křídel.

- Jednokřídlá brána je brána, kde se využívá pouze jednoho motoru k otevření brány. Do jednokřídlých bran můžeme řadit brány posuvné, (tj. že se nám brána otevírá přímočaře) nebo máme brány ramenné. Dále sem mohou patřit brány s podzemním pohonem.
- Dvoukřídlá brána je otevírána za pomoci dvou motorů, které jsou řízeny procesorem. Tyto brány jsou řazeny do kategorie dvoukřídlých bran.

Dále je můžeme rozdělit podle konstrukce. Nejčastější použití jsou samonosné brány, kolejevé brány a křídlové brány. Samonosné brány využívají principu nosných vozíků, které jsou umístěny na straně otevírání brány. Jejich výhodou je možnost bezproblémového

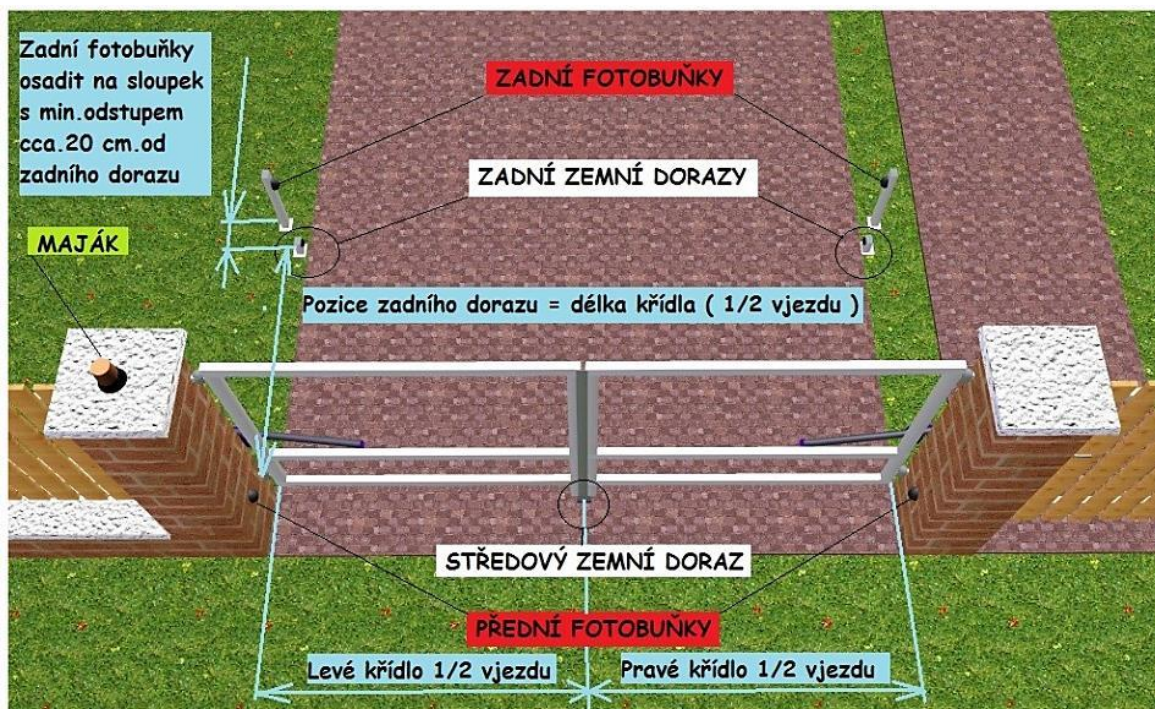
využití brány v zimě, ve sněhu, protože jsou umístěny několik centimetrů nad zemí. Kolejové brány jsou uloženy v kolejnicích po celé délce brány a musí přesahovat až za bránu, kde se mají otevírat. Z toho důvodu je zapotřebí mít větší prostor vedle brány, neboť kolejnice do těchto prostor zasahuje. Křídlové brány jsou ukotveny do nosných sloupů. Křídla brány lze vyrobit rozdílně velká, záleží na prioritách zákazníka. Pokud by jedno křídlo brány bylo menší, může se využít jako vstupní vchod na pozemek. Nevýhodou těchto vrat je zúžený průjezd, který nám zasahuje do prostoru vjezdu. Ovšem je možné zakoupit motory, které mají otevírací úhel větší než 90°. Jsou potřebné v situacích, kde je menší příjezdová plocha. Vozidlo odbočující od prostor brány by si nemuselo vystačit s úhlem otevření 90°, v těchto případech se volí jiný motor, s větší otočnou hlavicí. [10]



Obrázek 2 - Dvoukřídlová brána[1]

1.2 Základní rozvržení externích zařízení

Základem každé brány jsou motory pro řízení otevírání brány. U dvoukřídlové brány je potřeba na každé křídlo jeden motor umístěný na betonovém sloupku. Motory jsou voleny podle velikosti brány a její váhy, tento fakt je nutno dodržet. Tyto betonové sloupky jsou ve vzdálenosti, kterou si volí samotný zákazník, podle toho se také volí motory, které musejí být patřičně silné na konstrukci brány. Nejčastěji je křídlo, konstrukce brány, do poloviny celkové délky mezi sloupky. Uprostřed je zemní doraz křidel. Na konstrukci se přidává elektronický zámek, který slouží pro uzamčení brány proti nežádoucímu otevření. Na tyto sloupky se dále umísťuje první pár ochranných fotobuněk, které nás ochraňují před vstupem do prostoru otevírání brány. Druhý pár fotobuněk je umístěný na druhé straně brány ve vzdálenosti přibližně dvacet centimetrů od nosných sloupů. Funkčnost druhého páru je stejná jako u prvního páru. Na jeden z nosných sloupů se umísťuje maják, který nám signalizuje otevření brány. Maják signalizuje tak dlouho, dokud se brána otevírá nebo zavírá, poté se automaticky vypne. Je možnost nastavit i časovou prodlevu signalizace. Dále se do prostoru brány může umístit externí osvětlení. Externí osvětlení lze nechat ve dne vypnuté a v noci nebo při snížené viditelnosti ho lze zapnout. [7]



Obrázek 3 – Rozvržení externích komponentů řídicí jednotky[7]

1.3 Řídicí jednotky

Řídicí jednotky jsou konstruovány tak, aby s nimi byla snadná práce, dobrá manipulace, také byly skladné a bezúdržbové. Každá řídicí jednotka se dá upravit dle potřeby. Je možnost si u každé jednotky samostatně nastavit rychlost zavírání a otevírání brány, to jak hardwarově, tak i softwarově. Lze nastavit i časové prodloužení otevření brány. Některé řídicí jednotky umožňují otevření brány automaticky v předem nadefinovaném čase. Pro důkladnější zabezpečení si jednotka zaznamenává jednotlivé časy o otevření, zavření a informaci o dálkovém ovladači, který jí aktivoval. Tyto data může ukládat do vlastní paměti nebo je posílat do externího zařízení.

2 Pohony pro brány

Pro pohon pro dvoukřídle brány se používají nadzemní nebo podzemní motory s dálkovým ovládáním. Nadzemní motory se montují na sloupek, kde je otočné rameno na konstrukci křídla brány. Podzemní motory se montují pod křídlo brány, kterou mají ovládat, s branou jsou spojeny čepem a ovládací pákou. Tato kategorie motorů je určena do jakéhokoliv sektoru, jak průmyslového tak i pro domácnosti. Záleží pouze na volbě správného pohonu. V průmyslu, kdy se brána častěji otevírá, jsou potřeba motory masivnější a s větší účinností, ovšem pro domácnosti stačí obyčejný motor, protože se předpokládá, že brána není tak často využívána.



Obrázek 4 - Pohon křídlových bran – přímočaré [1]

K ovládní posuvných (kolejnicových) bran se používají pozemní motory řízené na dálku. Pohony se nejčastěji instalují za betonový sloupek nebo přímo k němu. Pohyb je přenášen ozubeným pastorkem, zapadajícím do ozubeného hřebenu na bráně. Tato kategorie je vhodná pro využití v průmyslu. V domácnosti opět záleží na četnosti otevírání brány, tudíž na jejímu namáhání. V místech, kde je brána často otevírána, se doporučují kvalitnější motory, které nepotřebují velkou časovou prodlevu při otevírání a zavírání.



Obrázek 5 - Pohon křídlových bran – ramenové [1]

Pohony můžeme dále dělit i podle napájení, váhy a rozměru křídla brány. Nejčastější napájení je 230V. Při tomto napětí jsou motory nejvyšší kvality a mohou mít vysokou nosnost konstrukce. Rozsah, ve kterém se hmotnost pohybuje, je v intervalu od 300kg do 600kg v maximálních hodnotách. Průjezdová světlost je minimálně 2,5 metru a maximálně 6 metrů. Průjezdová světlost je maximální možná vzdálenost mezi sloupy, tzv. délka brány. V případě, že bychom měli motory napájené 24V, získali bychom menší nosnost konstrukce, ale zároveň menší průjezdovou světlost. Hmotnost brány je maximálně od 200 do 300 kilogramů, průjezdová světlost se pohybuje maximálně od 2 do 3 metrů. [1]

3 Elektronické zámky

Elektronické zámky jsou využívány v prostorách s vysokou četností otevírání. Zámky jsou montovány do dveří nebo přímo do brány. Obecně se mohou použít v různých přístrojích, například jsou montovány jako zámky kol. V tomto případě se jedná o zámky kódové. Dále se využívají v trezorech, kde jsou zámky otevírány běžně číselným kódem. V některých případech mohou mít sekundární zabezpečení jako je otisk prstu nebo jiný přístupový kód. Tyto sekundární parametry se nastavují pro případ zapomenutí kódu.

3.1 Rozdělení zámků

Zámky dělíme na mechanické a elektronické. Oba principy mají stejný úkol a to zabezpečení objektu. Mechanické zámky jsou ovládány pomocí klíče. V dnešní době se mohou využívat samozamykací mechanické zámky. Principem těchto zámků je, že při uzavření dveří se automaticky uzamknou vysunutím závory a zablokováním střelky, zámek je tedy uzamčen ve dvou bodech. Zámky jsou konstruovány tak, aby se daly zevnitř otevřít bez použití klíče. Stisknutím vnitřní kliky dojde k automatickému otevření západky i střelky a tím se dveře otevrou. Levnější varianty tuto bezpečnostní výjimku nemají a musejí se otevírat pouze za pomoci klíče nebo přiložením kódového čipu pro otevření. [5]



Obrázek 6 - Mechanický zámek [5]

Elektronické zámky jsou dnes využívány v různých zařízeních. Jsou mechanicky instalované do pevného dveřního křídla proti střelce mechanického zámků. Pracují na formě přivedení elektrického stejnosměrného nebo střídavého napětí, kdy při příchodu napětí se západka při otevření uvolňuje blokovanou střelku zámků. Po stisknutí tlačítka dálkového ovládání lze otevřít dveře zatlačením nebo přitažením.

K otevírání dvoukřídlých bran se využívají elektronické zámky, které jsou řízeny stejnosměrným napětím od 12-24V s odběrem přibližně 0,25A. Tyto zámky jsou nízkoodběrové, tzn., mají malou spotřebu energie ze zařízení. Některé elektronické zámky lze ovládat pomocí střídavého napětí v rozmezí od 6-12V nebo 24V, ovšem odběr proudu mají značně vyšší, řádově od 0,5 do 1,5A. Jsou řízeny pomocí dálkového ovládání, které dá impuls do procesoru a ten přivede požadované napětí do elektronického zámku, čímž dojde k jeho otevření. Při otevírání střídavým napětím dochází k charakteristickému zvuku „bzučení“, které signalizuje otevírání nebo zavírání. U stejnosměrných variant dochází pouze ke cvaknutí, je tedy vhodné instalovat světelnou signalizaci. [1]



Obrázek 7 – Elektronický zámek [1]

4 Fotobuňky

Fotobuňky jsou zařízení, která se skládají z vysílače a přijímače. Vysílač vysílá úzký paprsek nebo více paprsků do přijímače, který přijme paprsek, případně paprsky a vyhodnotí jejich možné přerušení. Fotobuňky, infrazávory a infrabariéry se využívají pro detekci pohybu přes paprsek buňky. Využívají se především pro hlídání pozemku, plotu, cesty a vjezdů. Lze je použít pro různé vzdálenosti, vše záleží na typu zařízení. Může se také nastavit a upřesnit směr vyzařování paprsku. [8]

Na příjezdovou bránu jsou vždy umístěovány dva páry fotobuněk. Na nosné sloupky se umísťuje první pár. Při otevírání brány se automaticky buňky aktivují a vysílají, hlídají nám vstup do objektu. Druhý pár fotobuněk je umístěn přibližně 20cm za zemním dorazem brány. Tento pár buněk hlídá výstup z objektu do prostoru vjezdu, tím se zamezí nežádoucímu vstupu do oblasti, kde se brána otevírá nebo zavírá. V případě zaznamenání vstupu do této oblasti se automaticky motory zastaví v poslední pozici. Poté je nutné znovu stisknout tlačítko dálkového ovládání pro chod pohonů. Norma ČNS EN 12453 udává přesné údaje o použití bezpečnostních zařízení a jejich umístění, dále pojednává o celkovém chodu křídlové brány.

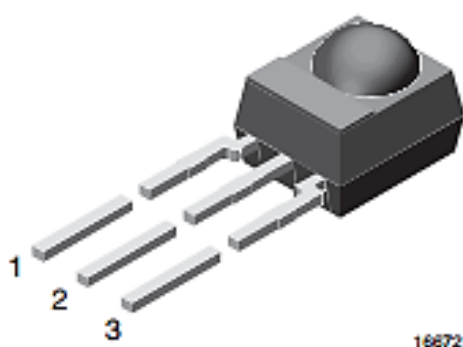
Zařízení řady RIF50 jsou bezpečnostní systémy pro průjezdy, průchody a prostory, ve kterých jsou nainstalované brány nebo vrata. Tyto systémy jsou určeny pro detekci překážek a kontrolu silničních průjezdů nebo průchodů pro chodce. [9]



Obrázek 8 – Fotobuňka RIF50 [9]

4.1 TSOP – infra přijímač

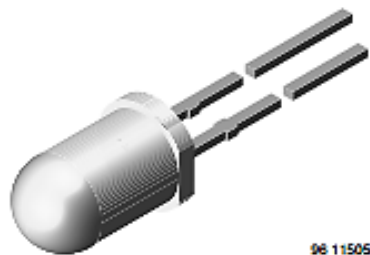
Infra přijímače typu TSOP jsou miniaturizované přijímače pro infračervené dálkové ovládání systémů. PIN dioda a předzesilovač jsou montovány na montážní rámeček a jsou navrženy jako IR filtry. Výstupní demodulovaný signál může být dekódován přímo mikroprocesorem. Výhodou těchto přijímačů je nízká spotřeba energie, TTL a CMOS kompatibilita, dobré stínění, vnitřní filtr pro PCM signály a výbornou odolnost proti okolnímu světu. [17]



Obrázek 9 - TSOP – Přijímač [17]

4.2 TSAL – infra vysílač

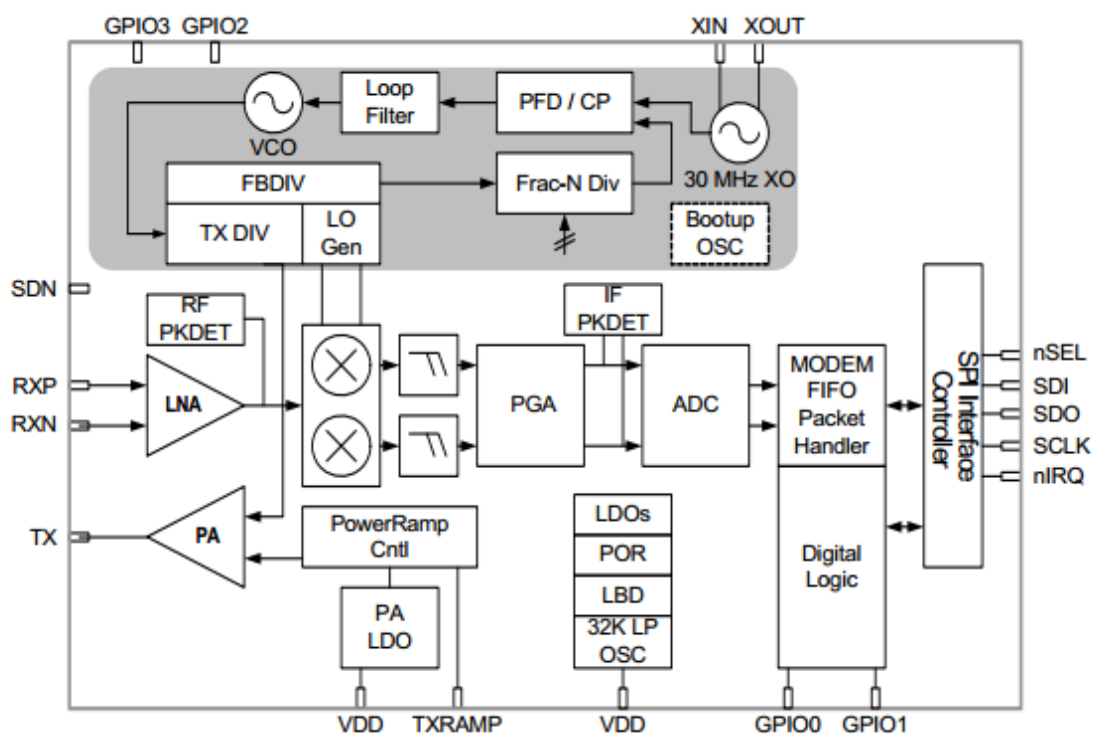
TSAL je infračervená dioda na vlnové délce 940nm. GaAlAs / GaAs technologie vyniká vysokým výkonem záření. Mezi hlavní vlastnosti patří vysoká intenzita záření, nízké napětí v propustném směru, dobrá spektrální shoda s SI fotodetektořem. TSAL je vhodná pro pulzní operace a má poloviční úhel svítivosti $\varphi = 22^\circ$. [16]



Obrázek 10 - TSAL – Vysílač [16]

5 Vysokofrekvenční moduly

Základním rozdělením těchto jednotek je SI4460, SI4461, SI4463 a SI4464. Každý procesor má jiné možnosti. SI446x je zařízení pro přijímání a vysílání bezdrátového signálu. Je vysoce výkonný, pracuje v pásmu 119-1050MHz. Součástí jsou i rádiové kanály, které pokrývají širokou škálu aplikací. Veškerá řada typu SI má vynikající citlivost -126dBm při dosažení extrémně nízké spotřeby proudu v aktivním režimu. Čip SI4464 nabízí větší frekvenční rozsah v různých pásmech než ostatní typy procesorů, jedná se nestandardní pásma nebo o licenční pásma. Vstupní výkon o 20dBm vyšší s vynikající účinností nabízí čipy SI4464 nebo SI4463. Vysoký vstupní výkon (146dBm) a citlivost umožňuje rozšířené rozsahy a vysoce stabilní komunikaci. SI4460 má v aktivním režimu TX spotřebu proudu 18mA při výkonu 10dBm a v RX režimu spotřebu proudu 10mA, ve spojení s extrémně nízkou pohotovostí a rychlým přechodem z režimu spánku. Díky tomu se ušetří velká kapacita baterie, která poté vydrží i v nejnáročnějších aplikacích. Všechna zařízení jsou navržena tak, aby byla v souladu s 802.15.4g a s inteligentními standardy měření. Zařízení jsou velice flexibilní. [4]



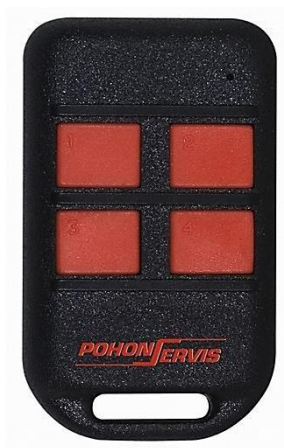
Obrázek 11 – Principiální zapojení SI446x [4]

Tabulka 1 - Rozdělení vlastností SI446x [4]

Zařízení	Max. výstupní výkon	Frekvence	RX proud	TX proud
SI4464	+20dBm	119-960MHz	10,6/13,6mA	915MHz 85mA
SI4463	+20dBm	142-1050MHz	10/13mA	169MHz 70mA
				915MHz 85mA
SI4461	+16dBm	142-1050MHz	10/13mA	+13dBm: 29mA
SI4460	+13dBm	142-1050MHz	10/13mA	+14dBm: 33mA
				+10dBm: 18mA
				+11dBm: 20mA

5.1 Možností využití čipů řady SI446x

Možností využití je celá řada. Nejčastěji se využívají pro přenos signálu z dálkového ovládání do zařízení, které signály má přijímat a dále zpracovávat. Dalšími možnostmi použití jsou domácí alarmy a zabezpečovací systémy, telemetrie, garážová vrata a otvírače, domácí automatizace, senzorové sítě, monitorování zdraví nebo nalezneme jejich využití i v průmyslu.



Obrázek 12 - Dálkové ovládání [1]

5.2 Vlastnosti

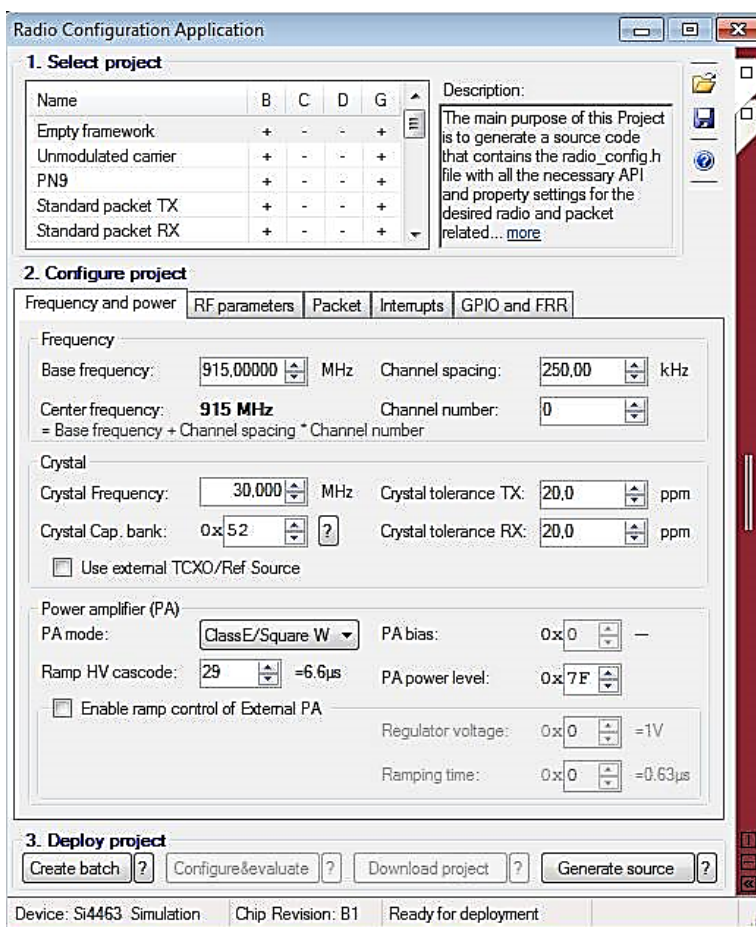
- Frekvence, které se mohou použít, mají rozsah od 119 do 1050MHz
- Citlivost čipů SI446x je -126dBm
- Povolené modulace jsou (G) FSK, 4(G) FSK, (G) MSK
- Maximální vstupní výkon
 - +20dBm pro SI4463 / SI4464
 - +16dBm pro SI4461
 - +13dBm pro SI4460
- Nízká aktivní spotřeba
- Ultra nízké proudové režimy
- Odběr 30nA při vypnutí a 50nA při režimu spánku
- Rychlost přenosu dat je 100bps až 1Mbps
- Rychlé probuzení z režimu spánku
- Anténní rozmanitost a ovládání
- Teplotní čidlo [4]



Obrázek 13 - SI446x [4]

5.3 Programování, spárování zařízení

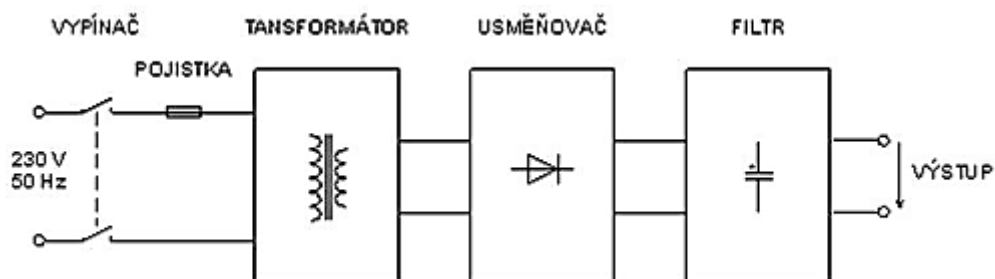
Spárování čipů SI446x se dělá za pomoci programu Wireless Development Suite, kde se mohou nastavit veškeré potřebné vlastnosti. Nastavuje se frekvence na spojení zařízení, frekvence krystalu, frekvenční tolerance režimů TX a RX. Veškeré potřebné vlastnosti jsou znázorněny na obrázku. Spojením dvou čipů se získá komunikace mezi ovladačem (vysílačem) a přijímačem.



Obrázek 14 - Nastavení frekvencí SI446x

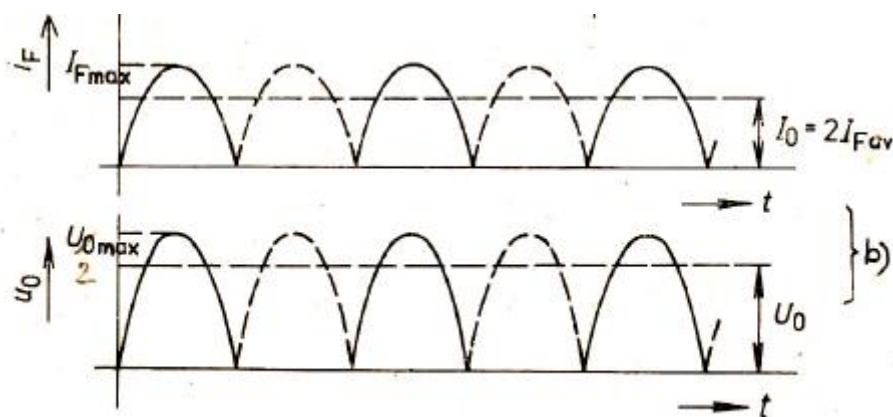
6 Obecný zdroj

Zdroj se skládá ze tří základních částí - síťového transformátoru, usměřovače a filtru. Tyto tři části jsou spojeny a vytváří napájecí zdroj nebo vstupní měnič.



Obrázek 15 - Obecný zdroj [11]

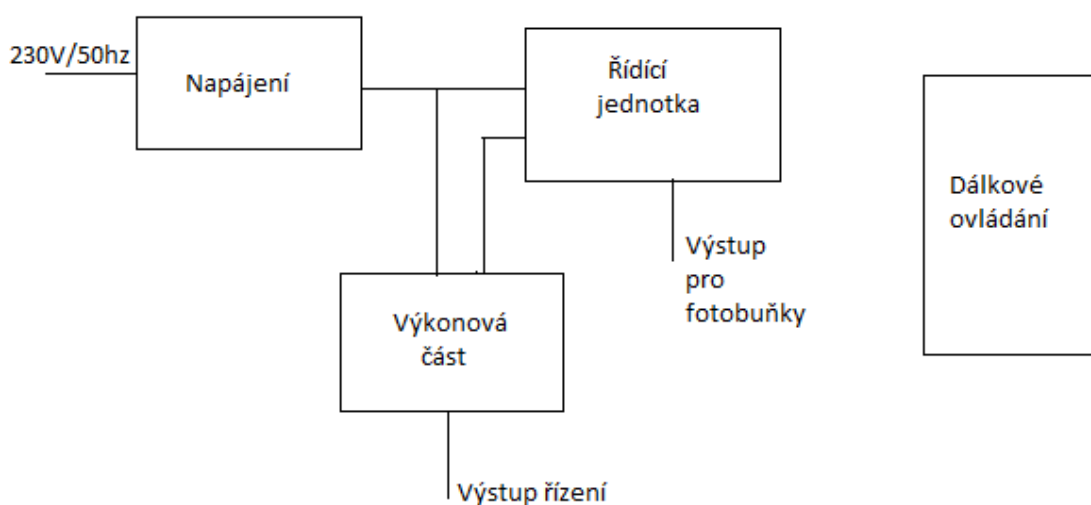
Síťový transformátor slouží pro změnu napětí ze sítě na požadované napětí. Ovšem napětí zůstává střídavé (sinusové). K odstranění záporné složky sinusového signálu, slouží usměřovač. Jako jednoduchý a jednocestný usměřovač poslouží dioda. Samotná dioda ořízne zápornou část signálu a kladnou propustí. Dvoucestný usměřovač funguje na principu dvou zapojených diod, které jsou zapojené ve výstupu transformátoru. Tím se získají dvě půlvlny v kladné části. Po stabilizaci dosáhneme potřebného výsledku. Podobného výsledku se dosáhneme v případě použití můstkového zapojení diod. Filtry se využívají ke zmenšení zvlnění stejnosměrného napětí usměřovače. [11], [12], [13] [14]



Obrázek 16 - Můstkový usměřovač [12]

7 Praktická část

Řídící jednotka automatického otevírání brány se skládá z několika bloků spojených pomocí svorkovnic. V případě poruchy se může vyměnit pouze jeden blok a ne celá řídící jednotka. Řídící jednotka se skládá ze zdrojové části, a tou je napájení potřebné pro externí příslušenství nebo přímé napájení součástek na desce plošných spojů. Silová část slouží jako spínač externích periférií, které jsou náročné na výkon, a mohly by poškodit procesor. Procesorová část je řídicí částí celé jednotky. Vykonává veškeré potřebné úlohy a rozděluje jednotlivým zařízením jejich spouštění. Poslední částí je dálkové ovládání, tím je řídicí jednotka pro otevírání brány řízena.

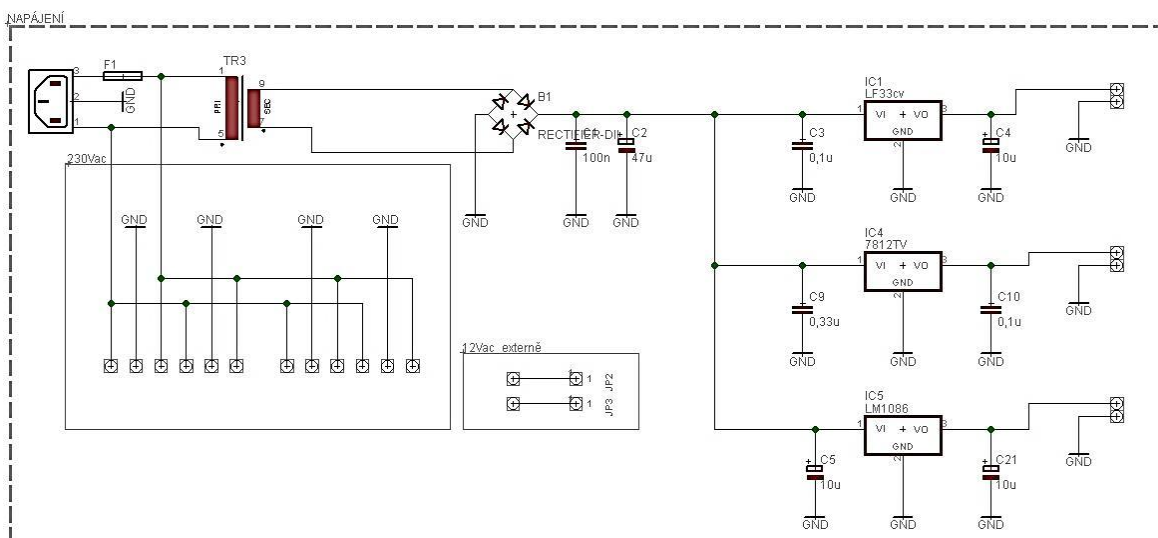


Obrázek 17 - Obecný návrh - upravit

7.1 Návrh zdroje

Zdroj byl zkonstruován za pomoci hlavního napájení za sítě 230V přivedeného euro konektoru. Toto napájení je přímo vedené na svorkovnice, které napájejí motory, maják a externí osvětlení. Pojistka F1 nám slouží k zamezení špičkového napětí, které by poškodilo obvod. Transformátor převádí napětí 230V na 12V. Transformátor jsme neosadili a místo něj bylo použito externě přivedeno napájení 12V, které je pomocí jumperů propojeno na výstup transformátoru. Kdyby byl transformátor osazen, jumpry by se odpojily a odvod by byl stále funkční. Výstupní napětí transformátoru je 12V střídavých. Na převedení kladné a záporné půlplny, pouze na kladnou půlplnu slouží jednocestné usměrňovače. Jednocestné usměrňovače měly tu nevýhodu, že zápornou půlplnu odřízly, ovšem můstkové zapojení nebo dvoucestné usměrnění udělalo to, že kladnou půlplnu propustily a zápornou půlplnu převedly na kladnou. Kondenzátory C1 a C2 slouží jako vyhlazovací filtry. Jejich úkolem je zmenšit zvlnění výstupního napětí.

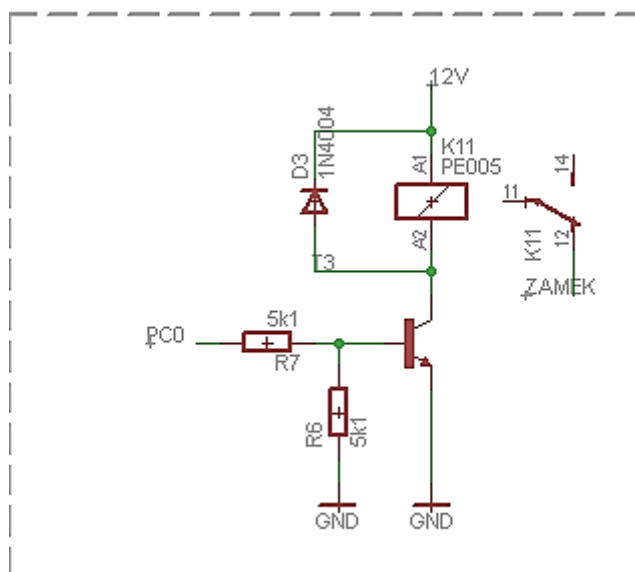
Poslední potřebnou součástí je stabilizátor. V návrhu jsou použity 3 stabilizátory, protože je třeba třech různých napětí. Obecně stabilizátory slouží pro usměrnění napětí na napětí stejnosměrné, dodávají pevné výstupní napětí i při změně zátěže nebo celého obvodu. První stabilizátor LF33cv je stabilizátor, který převádí napětí z 12V na 3,3V, tato hodnota je potřeba k napájení procesorů a přijímače signálu z dálkového ovládání. Stabilizátor 7812 převádí ze střídavého napětí o velikosti 12V, stejnosměrné napětí o velikosti 12V. Toto napětí je potřebné k napájení silových částí relé a elektronického zámku. Na závěr je zde stabilizátor LM1086, který je laditelný v rozsahu od 1,24V do 24V. Stabilizátor se nastavil na 5V, tato hodnota je potřebná k napájení použitých fotobuněk. Kondenzátory slouží jako ochrana integrovaného obvodu.



Obrázek 18 – Napájení

7.2 Silová část

Silová část se konstruovala pomocí tranzistorového spínače, jelikož samotný procesor by nedokázal řídit jednotlivé prvky, které jsou na něho připojeny, procesor by se zničil. Proto bylo použito silového spínacího prvku, konkrétně relé. Relé je napájeno 12V ze stabilizátoru v napájecí části, silové relé má označení RM40-P-12. Diody slouží jako ochranný prvek obvodu. Tranzistor je v režimu spínače. Napájen je napětím 3,3V, které se přivedlo z procesoru. Odpory se dopočítaly tak, aby se zajistila správná funkčnost obvodu:



Obrázek 19 - Tranzistor jako spínač

$$I_c = \frac{U_{cc}}{R_{RE}} = \frac{12V}{720\Omega} = 16,7mA \quad (4.2)$$

kde I_c - proud kolektoru tranzistoru

U_{cc} - napájecí napětí relé

R_{RE} - odpor relé

$$I_{\min} = \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{16,7mA}{160} = 0,104mA \quad (4.3)$$

kde I_{\min} - nejnižší hodnota proudu pro sepnutí relé, při protýkání proudu báží

h_{FE} - proudový zesilovací činitel tranzistoru

$$I_B = k \times I_{\min} = 5 \times 0,104mA = 0,522mA \quad (4.4)$$

kde I_B - proud báží

k - konstanta od 3 do 5

$$U_T = U_1 - U_{BE} = 3,3V - 0,7V = 2,6V \quad (4.5)$$

kde U_T - napětí tranzistoru

U_1 - napětí přivedené z procesoru

U_{BE} - napětí přechodu báze emitor, pro sepnutí tranzistoru

$$R_1 = R_2 = \frac{U_T}{I_B} = \frac{2,6V}{0,522mA} = 4,98k\Omega \rightarrow 5,1k\Omega \quad (4.6)$$

kde R_1, R_2 - odpory báze

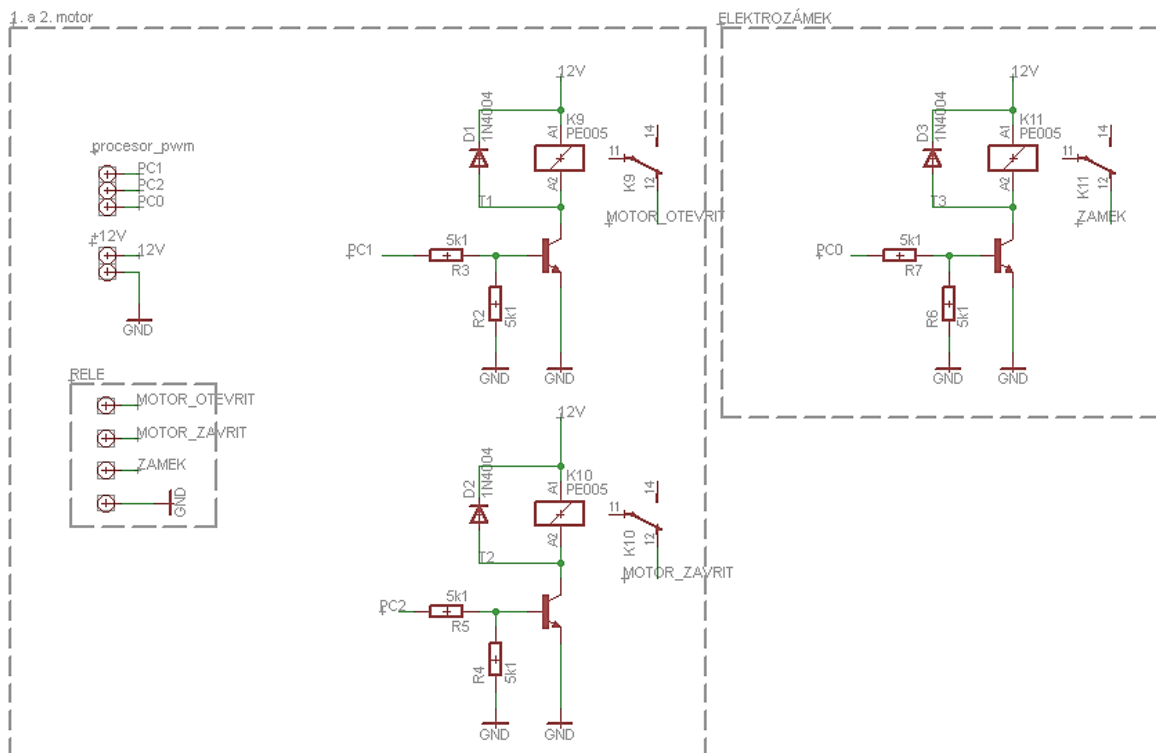
$$I_B = \frac{U_T}{R_1} = \frac{2,6V}{5100\Omega} = 0,509mA \quad (4.7)$$

Kde I_B - nově přepočtená hodnota proudu báze s daným odporem R_1

$$I_{BR} = I_B - \frac{U_{BE}}{R_1} = 0,509mA - \frac{0,7V}{5100\Omega} = 0,384mA \quad (4.8)$$

kde I_{BR} - proud dostačující k plnému otevření tranzistoru

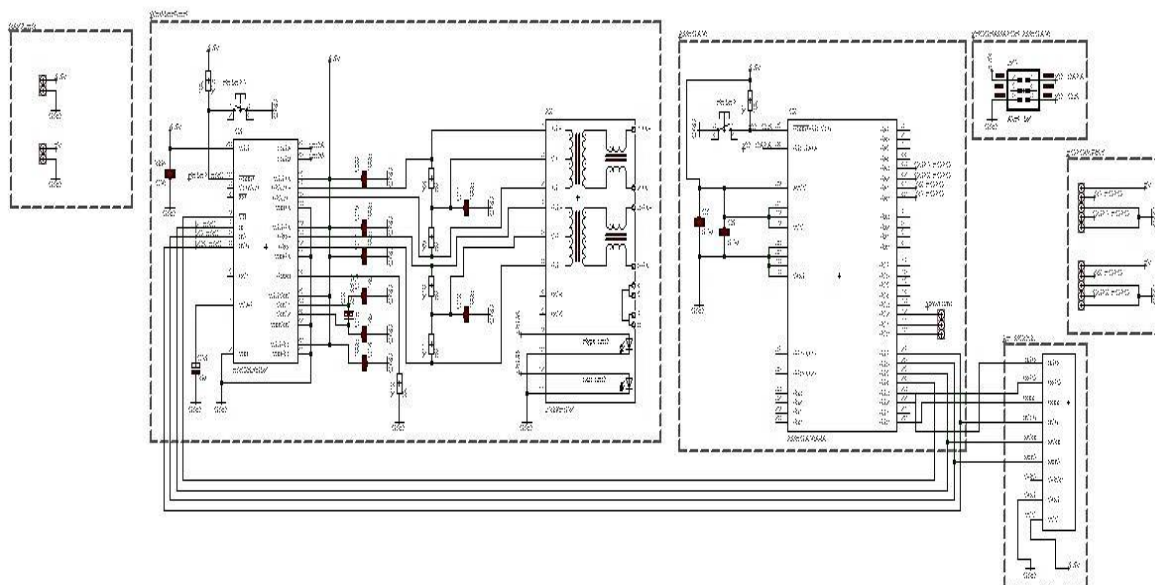
Tímto způsobem se vypočítaly hodnoty odporů pro tranzistorový spínač s relé na výstupu. Jeden z výstupů relé je připojen na svorkovnici, řídicí sepnutí motorů nebo rozepnutí elektronického zámku. [6]



Obrázek 20 - Silová část

7.3 Procesorová část

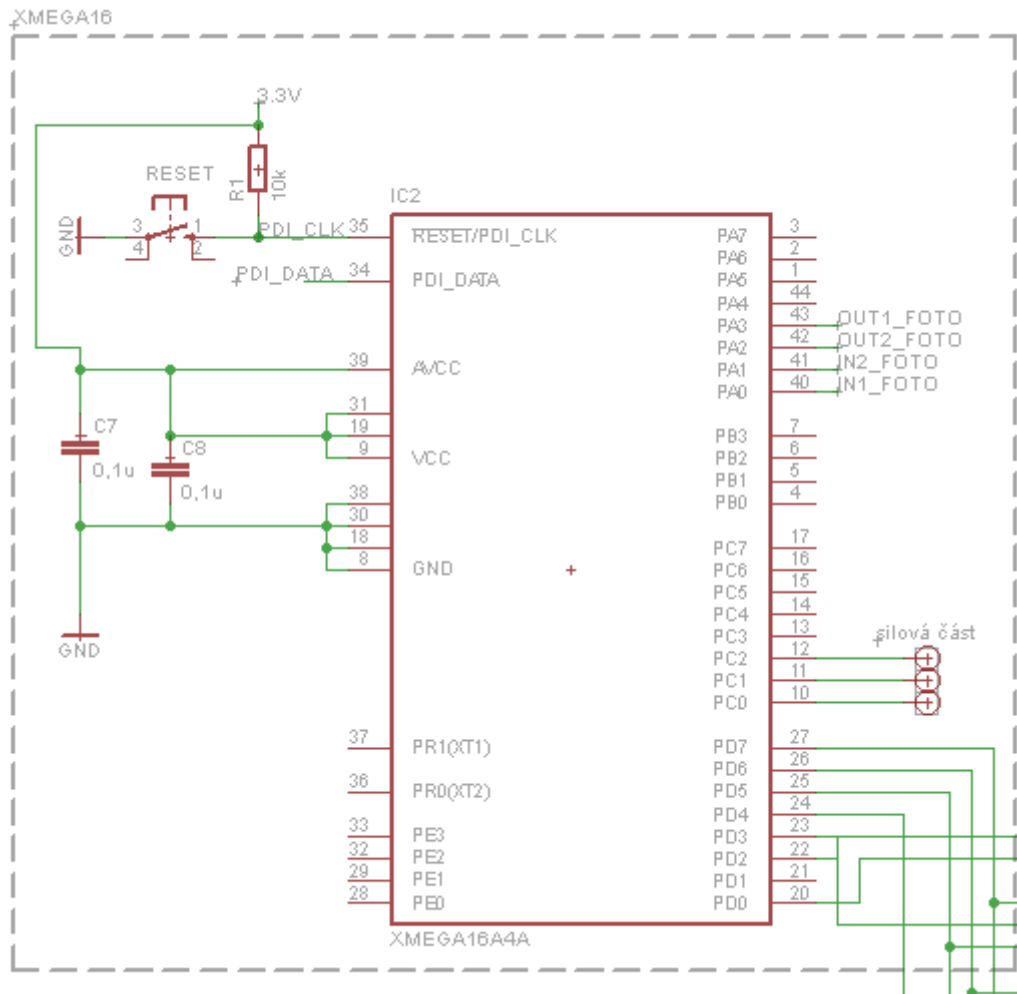
Řídící jednotka celého zařízení se skládá z více bloků. Čipy, které byly použity, mají svou vlastní podstatu a funkci. Každý z čipů se spojil na společnou zem i na společné napájení. Taktéž programátor AVR-ISP je pro všechny mikročipy stejný, mají stejné piny na programování.



Obrázek 21 - Řídící jednotka

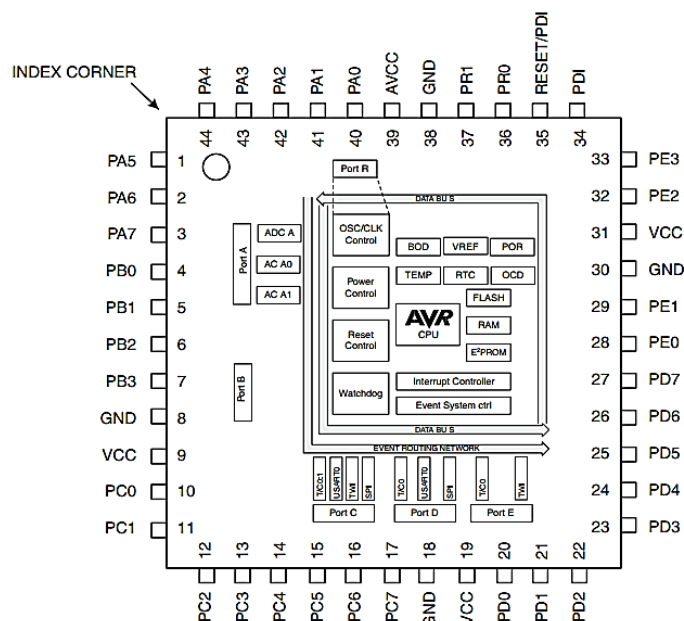
7.3.1 XMEGA16D

Základem procesorové části je XMEGA16D. Napájen je ze svorkovnice, vedoucí do napájecí části s napětím 3,3V. Na vstup procesoru se připojilo tlačítko s funkcí resetu, tzn., když se přenastaví základní nastavení, rychlost otevírání, prodleva otevření nebo automatické otevření v určitou dobu, může se po stisknutí tlačítka navrátit k původnímu nastavení. Kondenzátory C7 a C8 mají funkci blokovacího kondenzátoru. Princip je v tom, že blokují nežádoucí napětí, tudíž procesor dostává pouze potřebné napětí, neodchází k jeho zničení. XMEGA je připojena na vysokofrekvenční modul, procesor ENC28J60, programátor a svorkovnice.



Obrázek 22- XMEGA16D

Svorkovnice pro řízení motoru a elektronického zámku se připojila na porty 10,11,12. Fotobuňky jsou připojeny na porty 43,42,41 a 40. Fotobuňky nepotřebují žádné spouštěcí prvky např. motory či zámek, nejsou tak náročné. Rozdělily se na dvě části TSAL, infra vysílač a TSOP, infra přijímač. Principiálně fungují jako bezpečnostní systém, při ztrátě spojení vydá infra přijímač signál do procesoru o zastavení motorů brány. Na nožičky procesoru 20-27 se připojil vysokofrekvenční modul, který přijímal signál z dálkového ovládání a čip ENC28J60. Na vstup procesoru byl napojen programátor, který je společný pro všechny čipy na této desce.



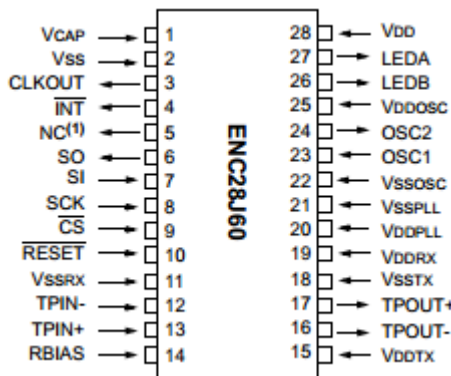
Obrázek 23 - XMEGA16D – piny [3]

Vlastnosti procesoru:

- 34 programovatelných pinů
- Provozní napětí 1,6-3,3V
- Rychlost:
 - 0-12MHz – 1,6 – 3,3V
 - 0-32MHz – 2,7 – 3,6V
- Periferní vlastnosti:
 - Čtyř kanálový systém událostí
 - Čtyři 16b čítače/časovače
- Tři časovače/čítače se čtyřmi výstupními komparátory nebo vstupními snímacími kanály
- Jeden časovač/čítač s dvěma výstupními komparátory nebo vstupními snímacími kanály
- Rozšíření čítače/časovače
 - 2x UART
- 16b reálný časovač s oscilátorem
- 12b A/D převodník
- Dva analogové komparátory s možností porovnávání funkcí
- Vnitřní a vnější hodiny s PLL
- Režimy spánku
- Pokročilé programování, testování a ladění rozhraní [3]

7.3.2 ENC28J60

Čip ENC28J60 je pro funkci ethernetu. Za pomoci čipu lze naprogramovat web server, díky kterému by se dala nastavovat brána na internetu. Veškeré nastavení by se odehrávalo za pomoci serveru, který by proto byl určen. Dále je zde možnost zapojení bezpečnostního systému na zaznamenávání času otevření nebo zavření brány a identifikování toho ovladače, kterým by byla brána aktivována.



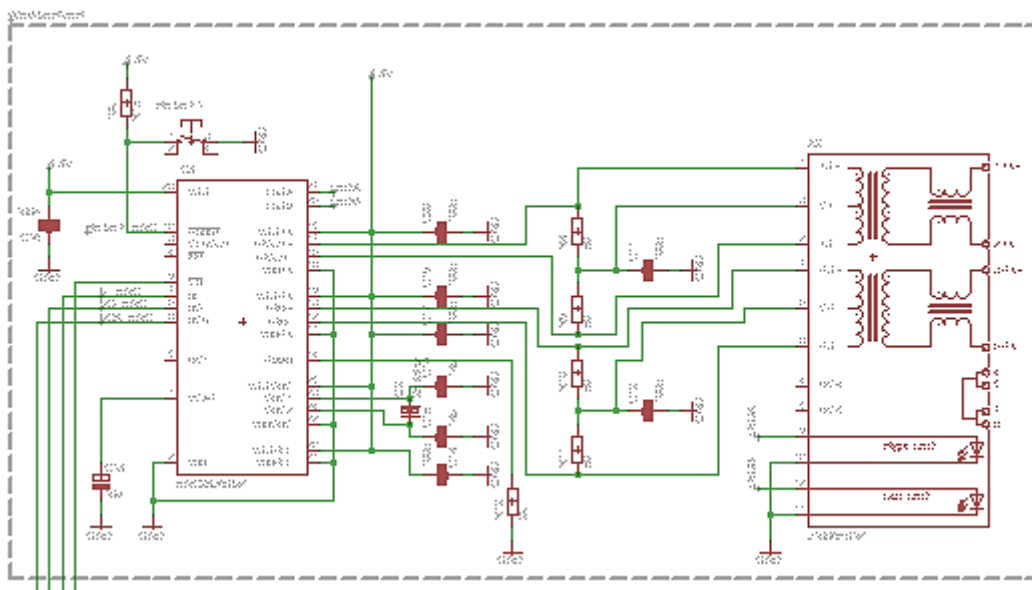
Obrázek 24 - ENC28J60 – piny [2]

Vlastnosti mikroprocesoru:

- IEEE 802.3 kompatibilní ethernet
- Podporuje FULL a HALF duplexní režimy
- Programovatelné automatické opakování přenosu
- Programovatelné automatické zamítnutí chybné pakety
- SPI rozhraní s hodinami, rychlost až 20MHz
- 6 přerušení zdroje a 1 přerušení výstupu
- 25MHz vstupní časovač
- Provozní napětí 3,1V až 3,6V (optimálně 3,3V)
- Teplotní rozsah: -40°C až +85°C [2]

Napájení čipu je přivedeno ze svorkovnice, napětí 3,3V. Napájí se resetovací tlačítko, které po stisknutí přivede procesor do původního nastavení, továrního nastavení. Vymaže nastavení, které bylo upraveno samotným uživatelem, ovšem jediné co nelze upravit je bezpečnostní zálohování dat o průjezdu branou. Toto tlačítko se propojilo přes odpor s pinem pro reset. Každý napájecí pin procesoru je uzemněn přes filtrační kondenzátor, který zajistí, aby nepřešla nežádoucí složka napětí do procesoru. Tím se ochrání proti zničení. Velikost kondenzátorů je 100nF (doporučená hodnota výrobcem). Z pinu 1 je připojen elektrolytický kondenzátor spojený se zemí, jeho hodnota je 10 μ F. Vývody 26 a 27 se připojily přímo na konektor na lan kabel, na něm jsou dvě integrované diody, které se rozsvěcejí podle nastavení, podle přenosu dat na web server. Krystal je uzemněný přes kondenzátory, s kapacitou 18pF a připojený na piny 24 a 23. Krystal slouží k rozkmitání procesoru, při programování se může použít pro snazší výpočet časových konstant. Není

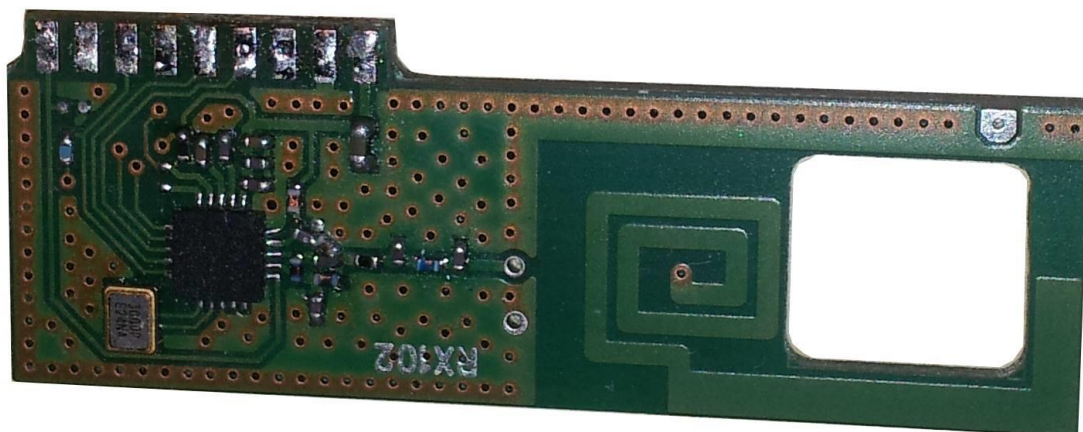
nezbytně nutné, aby byl připojený, ale poté je práce ztížena. RBIAS je spojený s odporem o velikosti $2k\Omega$, na společnou zem, kde funguje jako zátěž. Piny číslo 12,13,16,17 se připojily na konektor, připojení na internet. Každý z vývodu je připojen na odpor o velikosti 50Ω , ten je připojen na kondenzátor s hodnotou $100nF$, který slouží jako blokovací kondenzátor. Tento kondenzátor je spojen se zemí. Programovací výstupy jsou spojené s procesorem XMEGA16D a ten programován ze stejných výstupů programátoru.



Obrázek 25- ENC28J60

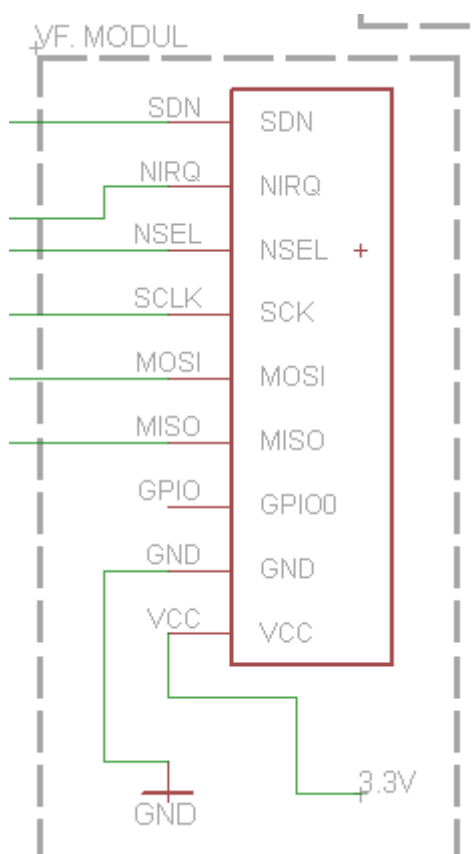
7.3.3 VF modul

Na vysokofrekvenční modul se použila přímo vyrobená deska plošného spoje, která byla předem navržena. Využila se v dálkovém ovládní jako vysílač a v procesorové části jako přijímač. Komunikace se nastavila v programu Wireless Development Suite, ve kterém se přiřadila frekvence a kód dálkovému ovládní a frekvence a kód na přijímací straně. Kód slouží k rozpoznání zařízení. Má bezpečnostní charakter, aby nedošlo k neoprávněnému otevření nežádoucím zařízením nebo cizím uživatelem.



Obrázek 26 - VF modul

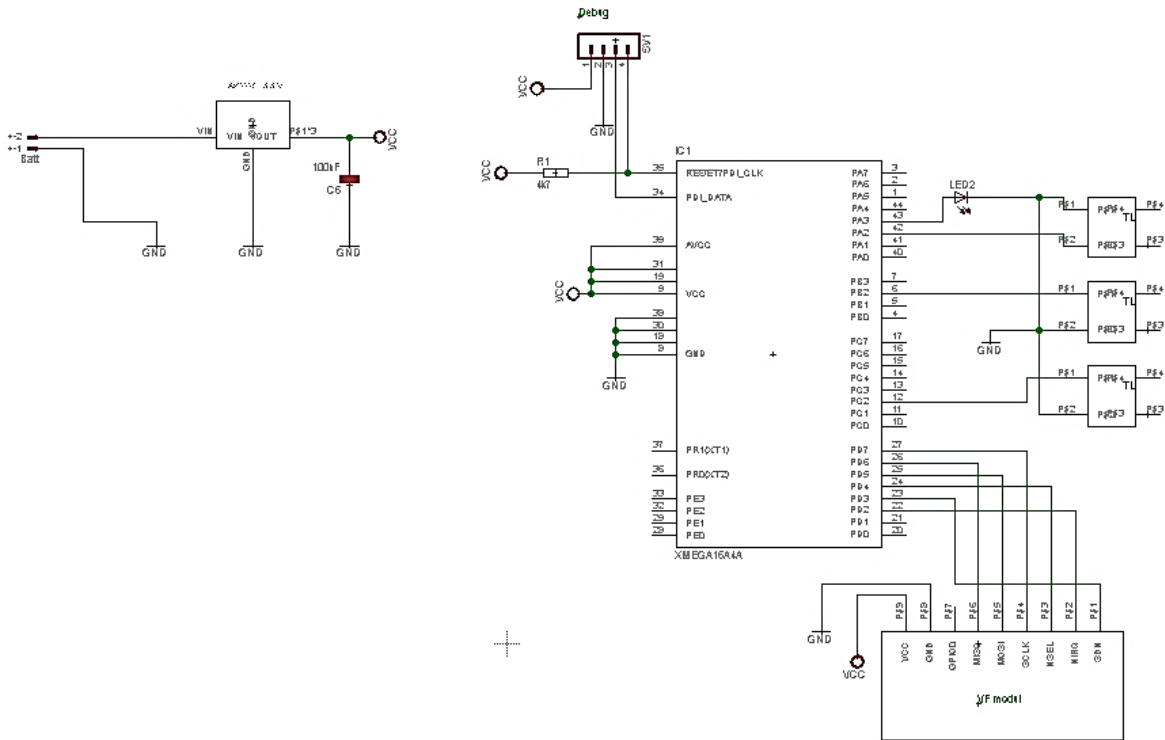
Vývody modulu se připojily na programátor AVR-ISP, další piny se připojily přímo do procesoru XMEGA16D. Napájení je 3,3V, které se odebírá ze svorkovnice z napájecí desky. Je také možné, aby se napájení připojilo na jakýkoliv vývod z napájení jiného čipu a tím by vzniklo propojení.



Obrázek 27 - VF modul

7.4 Dálkové ovládání

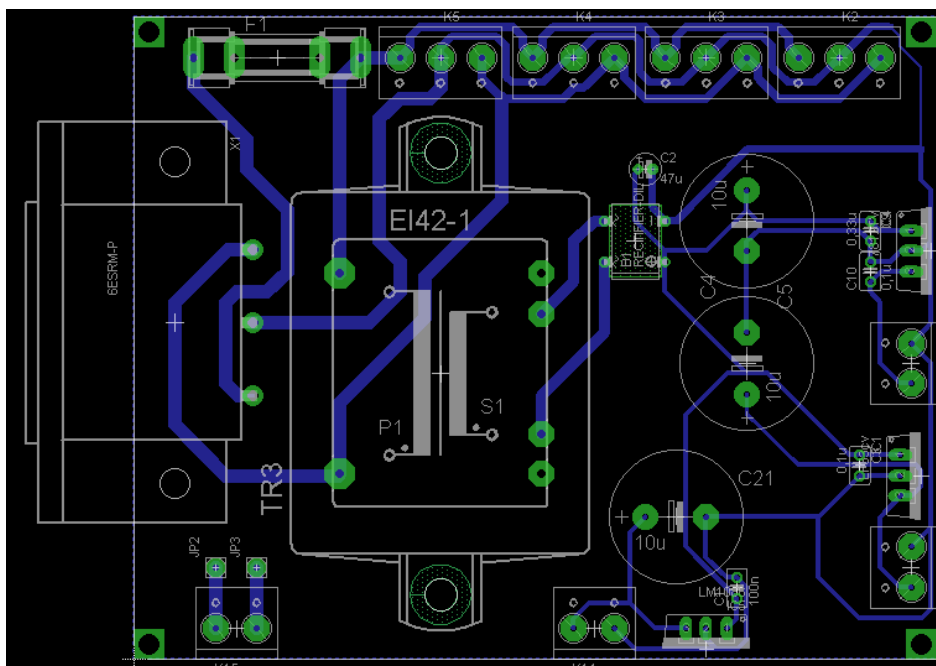
Dálkové ovládání bylo navrženo tak, aby mělo co nejmenší rozměry a co nejmenší odběr energie. Tedy, aby baterie vydržela co nejdéle. Hlavní částí obvodu je procesor XMEGA16D, který by zajišťoval funkčnost zařízení a vysílání signálů do VF modulu. Napájení se přivedlo z baterie, toto napájení je usměrněné na 3,3V. Kondenzátor C6 by sloužil jako filtr pro nežádoucí složky. Napětí 3,3V je potřeba pro napájení procesoru i samotného VF modulu. Programátor je připojen na procesor XMEGA16D, tím je zajištěná možnost naprogramování dálkového ovládání. VF modul je připojen pomocí pinů na procesor a napájení. Použila se tři tlačítka, jelikož je potřeba ošetřit více funkcí brány. Prvním tlačítkem se otevírá nebo zavírá brána, toto tlačítko je navíc ošetřeno LED diodou, která se rozsvítí při stisku tlačítka. Druhé tlačítko by způsobilo otevření pouze jednoho křídla brány, které by bylo předem nadefinováno. Třetí tlačítko by mohlo sloužit na rozsvícení externího osvětlení, otevírání s časovou rezervou, deaktivace fotobuněk nebo by mohlo mít i jiné funkce. Záleží na nastavení programu.



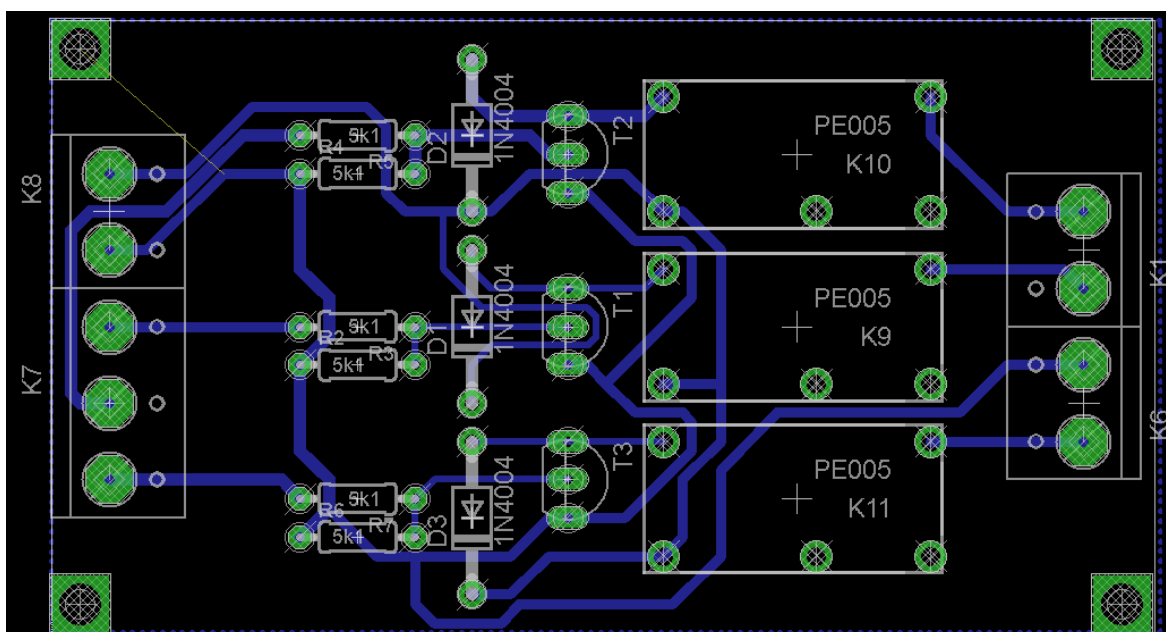
Obrázek 28 - Dálkové ovládání

8 Rozmístění součástek

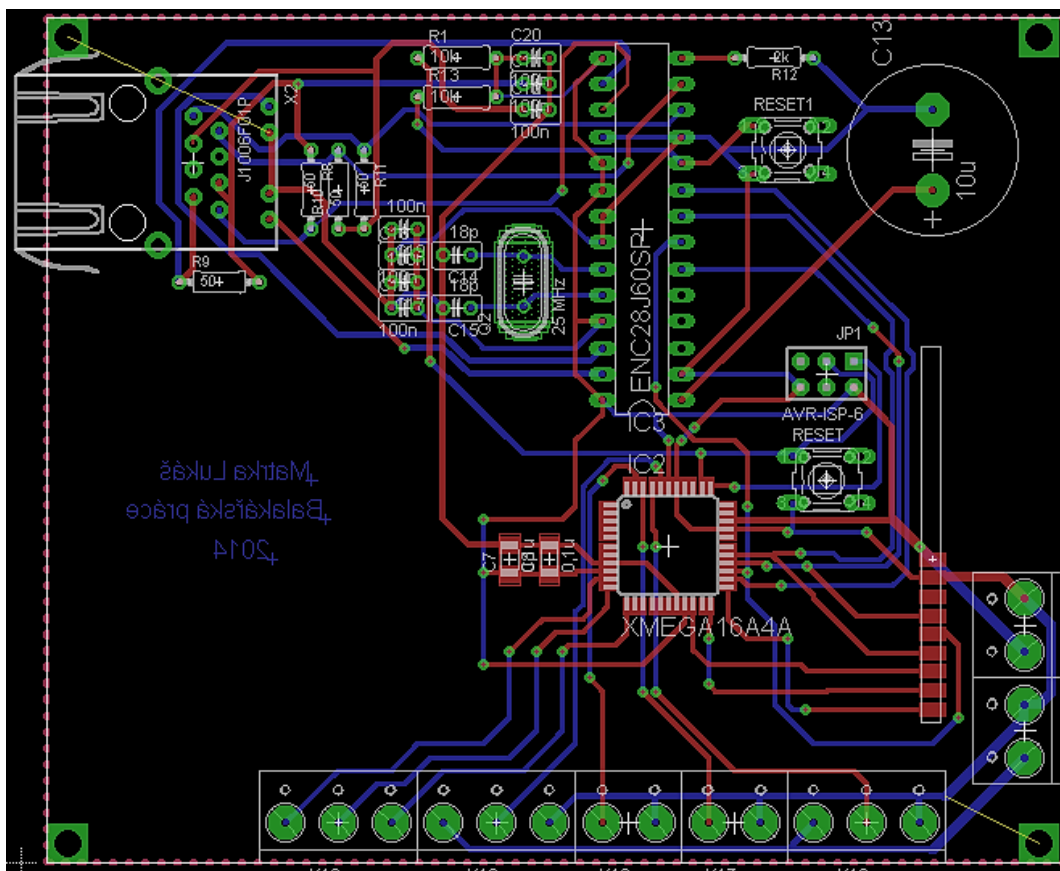
Rozložení řídicí jednotky se zvolilo do tří desek plošných spojů, z důvodu velikosti a praktičnosti. Každá deska má svou funkčnost. Napájecí část je pro napájení veškerých externích součástek i desek. Silová část slouží ke spínání výkonových externích periférií. Procesorová deska je řídicí částí. Při rozdělení na více desek plošných spojů se získala možnost lehčí výměny součástek, případně celého bloku. Poslední DPS je dálkové ovládání.



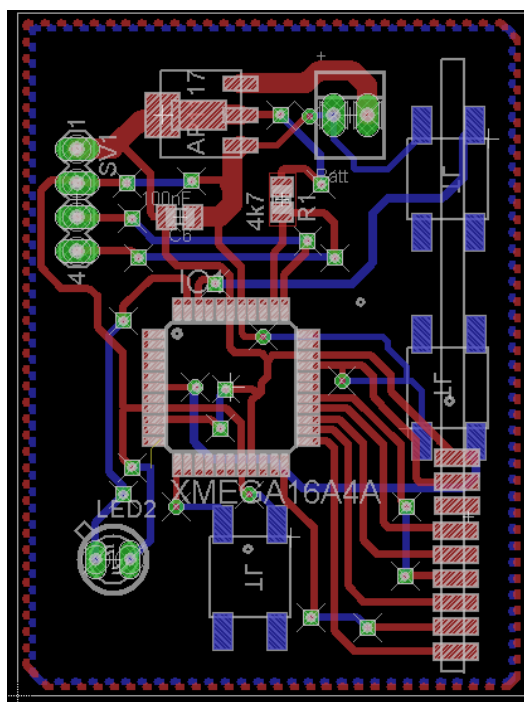
Obrázek 29 - DPS – Napájení



Obrázek 30 - DPS - Silová část



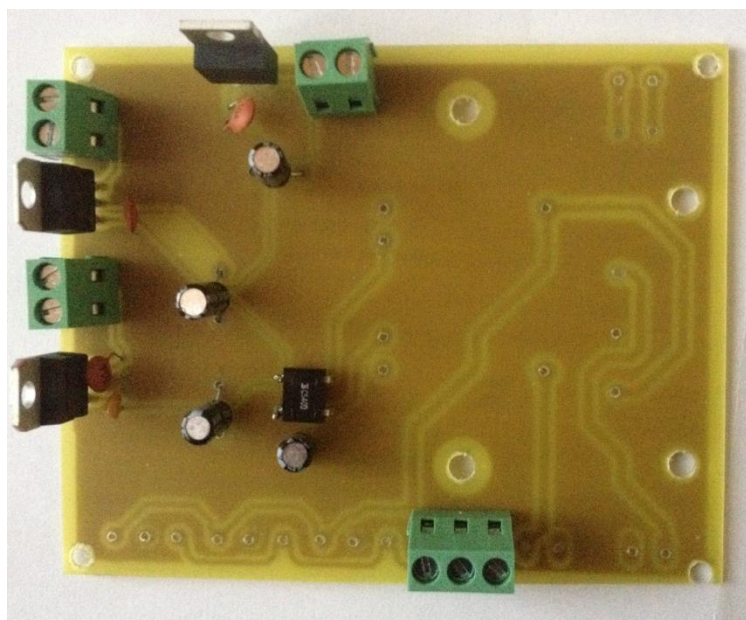
Obrázek 31 - DPS - Procesorová část



Obrázek 32- DPS - Dálkové ovládání

9 Návod k oživení

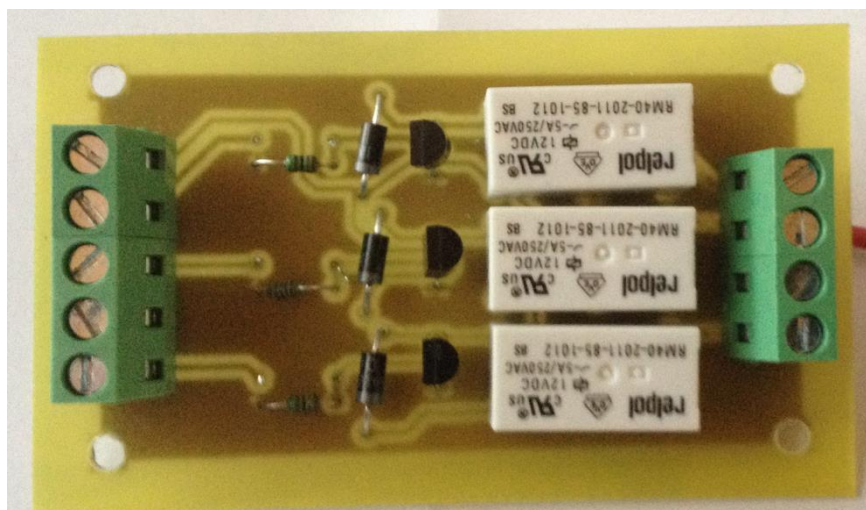
Oživení řídicí jednotky automatiky pro otevírání brány se skládá z několika základních kroků. Zapojením napájecího kabelu do vstupu číslo 1, euro konektoru, se přivede napětí ze sítě 230V/50Hz. V případě je-li zapojený transformátor, není potřeba zapojovat externí napájení 12V vstup číslo 2. Pokud transformátor zapojený není, je potřeba zapojit externí napájení 12V střídavých. Toto napětí se musí propojit pomocí drátu nebo jumperů na výstup, kde jsou vyvrtané díry pro transformátor. Výstupy 1, 2 a 3 jsou pro napájení ostatních desek plošných spojů (silová a procesorová část). Těchto vývodů není nutné si všimnout, jsou propojeny. Výstupy ze svorkovnice 4, 5, 6 a 7 slouží pro napájení externích zařízení, které potřebují napájení o velikosti 230V. V principu nezáleží na tom, do jaké svorkovnice se zapojí libovolná zařízení (motory, osvětlení, maják). Každá z těchto svorkovnic má stejné uspořádání pořadí. Výstup 1.1 je první fáze, 1.2 značí zem a 1.3 je druhá fáze.



Obrázek 33 – Fotografie DPS napájení

9.1 Oživení silové části

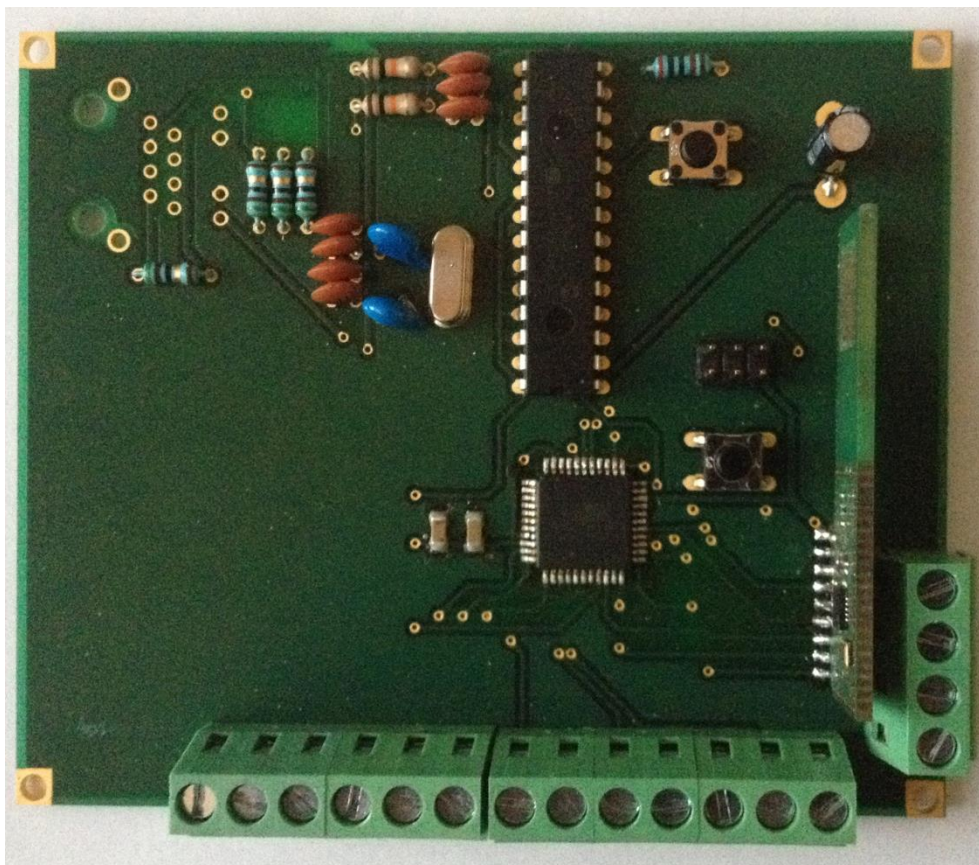
Výstup z napájení se přivedly na svorkovnici 1. Velikost napájení je 12V pro relé. Na svorkovnici číslo 2 jsou přivedeny signály (napětí) z procesoru, tím se spíná tranzistor, který má relé na výstupu v kolektoru to spíná řízení motorů a elektronického zámku. Výstupní svorkovnice jsou dvě. První slouží pro řízení elektronického zámku. V této svorkovnici je jeden výstup na uzemnění zámku a druhý pro přivedení napětí, tím se odemkne západka. Druhá svorkovnice je pro přívod signálu pro motor. První výstup je pro první fázi motor, s funkcí otevření. Druhý výstup je pro druhou fázi motoru, uzavření.



Obrázek 34 – Fotografie DPS výkonové části

9.2 Oživení procesorové části

Procesorová část je napájena 3,3V. Vstupní svorkovnice 1 a 2 slouží k napájení. První vstupní svorkovnice je pro napájení procesorů, druhá svorkovnice pro napájení fotobuněk. Pro případ špatného nastavení mikroprocesoru XMEGA16D zde slouží tlačítko, které procesor resetuje a navrátí do původního stavu. Druhé tlačítko slouží pro resetování čipu ENC28J60. Výstupních svorkovnic je celkem pět. První svorkovnice pro řízení silové části (v základu je tato svorkovnice propojena), druhá a pátá svorkovnice pro napájení jedné z páru fotobuněk (TSOP). Pin A je napájení 5V, výstup B je pro řízení procesoru. Při zaznamenání nežádoucího vniku do prostor otevírání brány dochází k zastavení motorů. Pin C je uzemnění. Svorkovnice 3 a 4 jsou vstupy do fotobuňky (TSAL). Pin D je vstupem do fotodiody, která se přivedením napětí aktivuje a začne vysílat signál do foto přijímače. Výstup E je uzemnění foto vysílače.



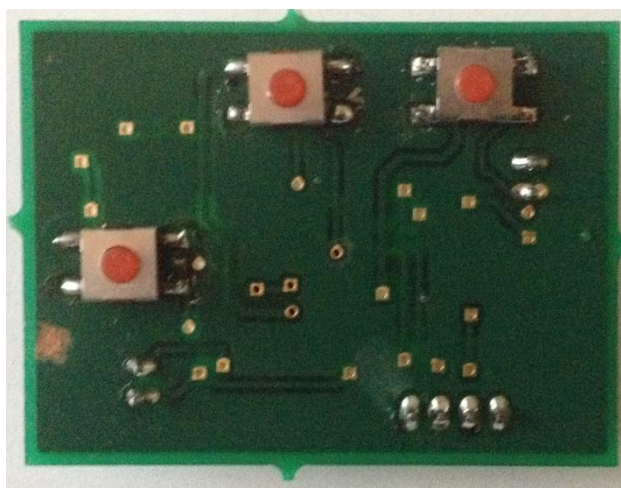
Obrázek 35 – Fotografie procesorové DPS

9.3 Oživení dálkového ovládání

Dálkové ovládání je napájeno z baterie 3,3V. Stisknutím tlačítka je ovladač automaticky v režimu spánku. Tři tlačítka jsou pro ovládání brány. Stiskem prvního tlačítka se odemkne elektronický zámek, oba motory a sepnou se fotobuňky. Druhým stisknutím téhož tlačítka se motory znovu spustí a brána se uzavře, uzavřením se zamkne zámek a vypnou se fotobuňky. Druhé tlačítko slouží pro otevření a zavření pouze jednoho křídla brány, principálně zbytek externích periférií funguje stále stejně. Třetím tlačítkem se může nadefinovat rozsvícení přídatného světla nebo funkce jiného přístroje.



Obrázek 36 Fotografie DPS dálkového ovládání

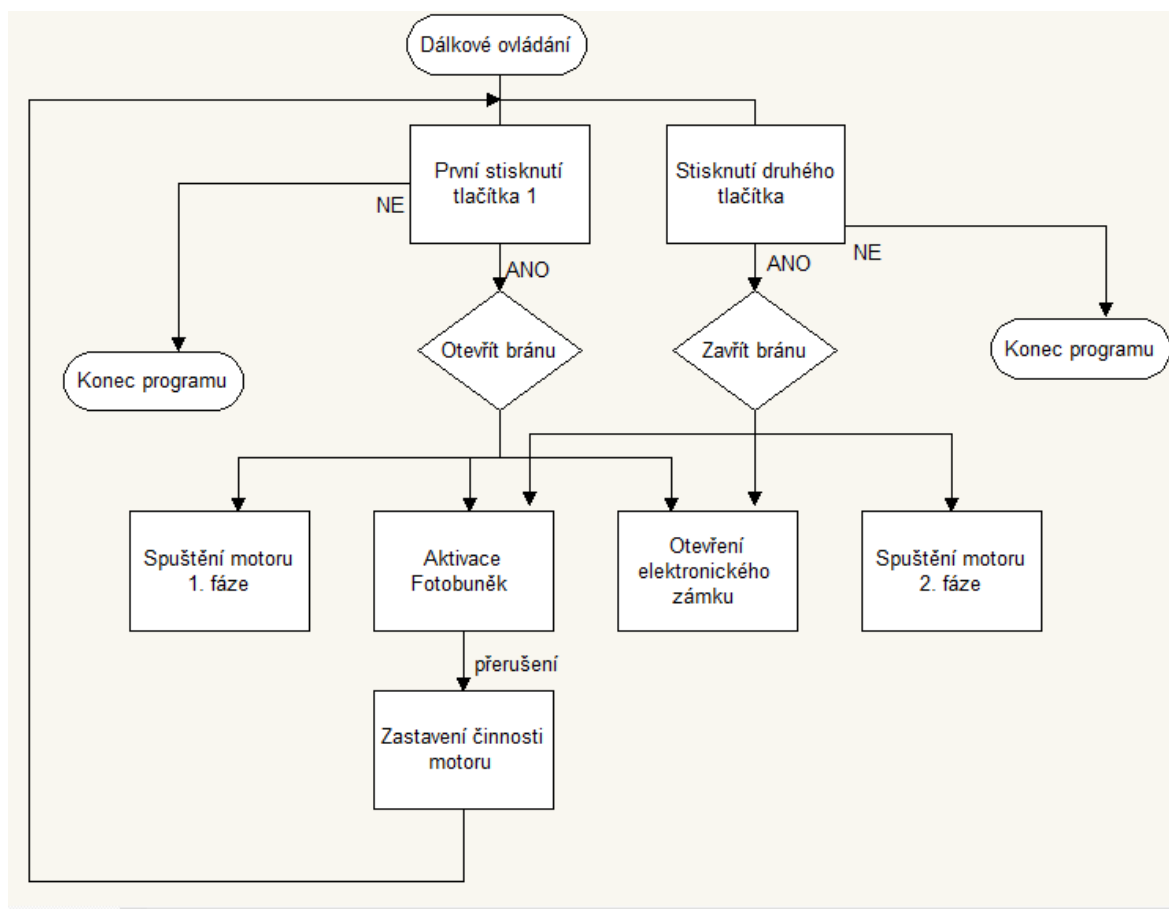


Obrázek 37 - Fotografie DPS dálkového ovládání

9.4 Modifikace brány

Výhodou této jednotky pro otevírání brány je řízení přes internet. Web server slouží jako bezpečnostní zařízení. Mohly by se do něho ukládat informace o čipu, čas otevření zavření brány i informace, které tlačítko bylo stisknuto. Nejdůležitější úlohou serveru se stane možnost nastavování brány. Nastavení může být celá řada, od zpoždění otevírání, deaktivaci některých komponentů po automatické otevření brány v určitý čas.

10 Vývojový diagram



Obrázek 38 - Vývojový diagram

Závěr

Cílem práce bylo navrhnout a zkonstruovat řídicí jednotku automatiky pro otevírání brány. Jednotka reaguje na ovládání pomocí dálkového ovladače, který má 3 ovládací tlačítka. V programu je nastaveno, že na stisk prvního tlačítka se odemkne zámek brány a následně se rozběhne motor, který běží po pevně definovanou dobu (do plného otevření brány). Na opakovaný stisk tohoto tlačítka jednotka dále nereaguje. Druhé tlačítko aktivuje rozběh motoru pro zavření brány a následné uzamčení elektricky ovládaného zámku. Zámek je vždy otevřen jen po nezbytně nutnou dobu.

Řídicí jednotka je připojena ke zdroji napájení, motor křídla brány, fotobuňky a zámek jsou připojeny na svorkovnice jednotky podle popisu. Během testování byl připojen motor, pro který byly následně nastaveny časové konstanty pro otevírání a zavírání brány. Správná funkce bezpečnostní závory byla ověřena průchodem osoby prostorem brány. Provedené operace jsou zaznamenávány do vnitřní paměti jednotky pro případné další zpracování.

Navržená jednotka umožňuje další rozšíření funkčnosti o možnost nastavení parametrů chodu přes ethernet a také přehledný výpis jednotlivých událostí. Jako vhodná se jeví úprava řízení motoru pomocí regulátoru výkonu (tyristor) s možností sledování odebíraného proudu, čímž by byla zajištěna funkce zastavení pohonu brány při nárazu na překážku. Rozšíření jednotky pro ovládání dvou křídel brány je možné připojením dalšího výkonového modulu. I přes tato možná rozšíření je jednotka v současné době připravena k využití na reálné aplikaci.

Literatura

- [1] **Pohon Servis** [online] [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://www.pohonservis.cz/>
- [2] **Mikrochip**. *ENC28J60 datasheet*. [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://datasheet.octopart.com/ENC28J60/SO-Microchip-datasheet-42066.pdf>
- [3] **Atmel**. *XMEGA16D* [Citace 4.5.2014]
Dostupné z:
http://www.tme.eu/cz/Document/807a6d411f110bc3fdb66eba324b287b/atxmega128_64_32_16d4.pdf
- [4] **Silicon Labs**. *SI446x* [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/Si4464-63-61-60.pdf>
- [5] **Maják Plus** [online] [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://www.majakplus.cz/zamky/samozamykaci-zamky-mechanicke/samozamykaci-zamek-el-060.html>
- [6] **Robodoupě** [online] [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://robodoupe.cz/2012/tranzistor-jako-spinac/>
- [7] **B&J metal** [online] [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://www.levne-brany-ploty.cz/data/files/P%C5%99%C3%ADprava%20pro%20k%C5%99%C3%ADdlov%C3%A9%20br%C3%A1ny%20s%20pohonem.pdf>
- [8] **AZ pohony** [online] [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: http://azpohony.cz/page_3.html
- [9] **Technopark**. *RIF50* [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://www.vseprovrata.cz/Fotografie/Soubory/RIF50.pdf>
- [10] **Automatické pohony** [online] [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://www.stavcentrum.cz/pohony/index.htm>
- [11] **ŠTĚPÁNEK Ladislav**. *Koncepce napájecích zdrojů* [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://fei-learn.upceucebny.cz/>
- [12] **ŠTĚPÁNEK Ladislav**. *Usměrňovače* [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://fei-learn.upceucebny.cz/>
- [13] **ŠTĚPÁNEK Ladislav**. *Vyhlazovací filtry* [Citace 4.5.2014]
Dostupné z: <http://fei-learn.upceucebny.cz/>

[14] **ŠTĚPÁNEK Ladislav.** *Integrované stabilizátory* [Citace 4.5.2014]

Dostupné z: <http://fei-learn.upceucebny.cz/>

[15] **BRANČÍK Lubomír.** *Elektrotechnika 1* [Citace 4.5.2014]

Dostupné z: <http://www.unium.cz/>

[16] **Vishay.** *TSAL 6200* [Citace 4.5.2014]

Dostupné z:

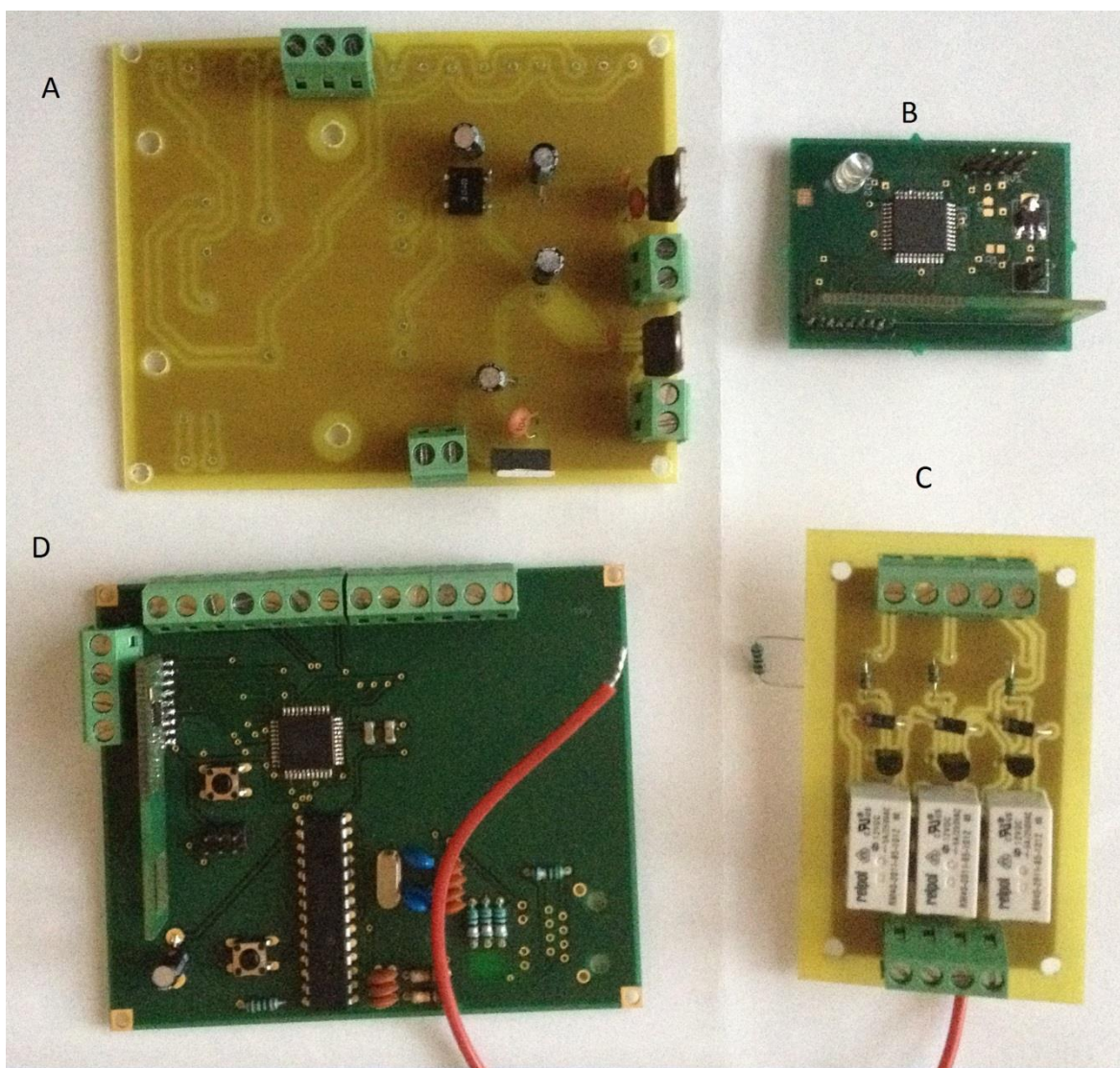
<http://www.tme.eu/cz/Document/2ea1402fdb945d050aadb70426aa402d/tsal6200.pdf>

[17] **Vishay.** *TSOP 4836* [Citace 4.5.2014]

Dostupné z:

<http://www.tme.eu/cz/Document/e8450ca7c0738f49b458f4ffd9fb2f09/tsop48.pdf>

Příloha A – Fotografie řídicí jednotky



A... napájení

B... dálkové ovládání

C... výkonový modul

D... řídicí jednotka

Příloha B – Zdrojový kód – dálkové ovládání, řídicí jednotka

Zdrojový kód je umístěn na CD