

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**NÁVRH A REALIZACE VÝUKOVÉHO MODELU
AUTOMATICKÉ POJEZDOVÉ DVEŘE**

Radek Řeháček

Bakalářská práce
2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek Řeháček**
Osobní číslo: **I13077**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Název tématu: **Návrh a realizace výukového modelu Automatické pojezdové dveře**
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

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

Cílem bakalářské práce je návrh a realizace laboratorního modelu demonstrujícího funkci automatického vstupního systému s pojezdovými dveřmi. Ke konstrukci řídicí jednotky za řízení bude použit jednočipový mikropočítač fy Atmel, řady ATmega. Výukový model bude disponovat kompletní sadou funkcí, kopírujících věrně chování reálného systému. Součástí práce bude teoretický rozbor řešené problematiky, se zaměřením na jejich technická řešení. Ovládání výukového modelu bude umožněno buď autonomně, přímo mikropočítačem řídicí jednotky zařízení, nebo nadřazeným řídicím systémem, například osobním počítačem, nebo PLC automatem. Komunikace řídicí jednotky s nadřazeným řídicím systémem bude realizována vybraným typem komunikačního rozhraní, například rozhraním USB a galvanicky oddělenými signály pro PLC automat. Součástí práce bude kompletní výrobní dokumentace zařízení, včetně kompletních zdrojových kódů realizovaného software a přehledně zpracovaného uživatelského návodu.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR-3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN - technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4

ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4

MAIXNER, L. a kol., Mechatronika, Brno, Computer Press, 2006, ISBN 80-251-1299-3

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Libor Havlíček, Ph.D.

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

18. listopadu 2015

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. května 2016



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan



L.S.



Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2016

Prohlášení

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.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 18. 5. 2016

Radek Řeháček

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Liboru Havlíčkovi, Ph.D. za odborné rady a pomoc při návrhu a realizaci modelu automatické pojezdové brány. Velké poděkování patří především mé rodině za podporu během celého studia.

V Pardubicích dne 18. 5. 2016

Radek Řeháček

ANOTACE

Práce se zabývá návrhem a sestavením funkčního laboratorního modelu demonstrujícího automatický pojezdový systém otevírání dveří a vrat. Celý model je řízen pomocí řídicí jednotky obsahující jednočipový mikročip firmy Atmel, řady ATmega. K naprogramování řídicí jednotky je použito vývojové prostředí Bascom AVR. Práce obsahuje seznámení s technikou automatických pojezdových systémů.

KLÍČOVÁ SLOVA

ATmega, Atmel, Bascom, logické řízení, automatická vrata, optická závora

TITLE

The teaching model of automatic sliding doors

ANNOTATION

The whole model is controlled by control sytem which includes microcontroller ATmega from Atmel. The software was developed thanks to Bascom AVR software. The work describes introduction to technology of the automatic entrance doors.

KEYWORDS

ATmega, Atmel, Bascom, Logic control, Automatic doors, Optical barrier

Obsah

Seznam zkratk	9
Seznam značek (symbolů proměnných a funkcí)	10
Seznam obrázků	11
Seznam tabulek	12
ÚVOD	13
1 AUTOMATICKÁ VRATA	14
2 DRUHY POHONŮ AUTOMATICKÝCH BRAN	16
3 TEORIE POUŽITÝCH SOUČÁSTEK NA MODELU	18
3.1 PRINCIP ČINNOSTI OPTICKÉ ZÁVORY	18
3.2 INFRA VYSÍLAČ – HIRB5-23C-B	20
3.3 INFRA PŘIJÍMAČ – OSRB38C9AA	20
3.4 KONCOVÉ SENZORY	21
3.5 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA ATMEGA	22
3.6 BASCOM AVR	23
3.7 PWM	24
3.8 H-MŮSTEK	25
3.9 SERVOMOTORY	28
3.10 Maticová klávesnice	28
4 POPIS A STAVBA MODELU	29
4.1 FUNKČNÍ ČÁSTI POJEZDOVÝCH VRAT	29
4.2 SLOŽENÍ POJEZDOVÝCH VRAT	29
4.3 VÝROBA A OŽIVENÍ DPS	34
4.4 POPIS ČINNOSTI VRAT	37
4.1.4 Automatický režim vrat	37
4.2.4 Servisní režim vrat	38
4.5 PROGRAMOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH FUNKCÍ	39
4.1.5 Vstup pomocí maticové klávesnice	41
4.2.5 Pohyb a zastavení motoru	42
4.3.5 Zobrazení stavu brány na displeji	43
4.4.5 Příjem signálu z přijímače optické závory	44
4.5.5 Blikání majáku při pohybu brány	44
4.6 IMPLEMENTACE FUNKCÍ DO HLAVNÍHO PROGRAMU	45

5	ZHODNOCENÍ	49
6	ZÁVĚR	50
	LITERATURA.....	51
	PŘÍLOHY	53

Seznam zkratek

DPS	deska plošných spojů
IC	Integrated Circuit (Integrovaný obvod)
IR	Infra Red (Infračervené)
ISP	In-System Programming
JSA	jazyk symbolických adres
MCU	Microcontroller (Mikrokontrolér)
MISO	Master In, Slave Out
MOSI	Master Out, Slave In
PLC	Program logic controller (programovatelný logický automat)
PWM	Pulse width modulation (pulzní šířková modulace)
RC	Radio Control (Rádiově ovládané)
SCK	Serial Clock

Seznam značek (symbolů proměnných a funkcí)

T	délka periody, s
U	elektrické napětí, V
τ	délka pulzu, s

Seznam obrázků

Obr. 1.1 – Pojezdová brána (Cena pojezdové posuvné brány pro rok 2016, 2016)	15
Obr. 1.2 – Samonosná brána (Cena samonosné posuvné brány pro rok 2016, 2016)	15
Obr. 2.1 – Přímočarý pohon křídlové brány (Automatické brány Čeljabinsk, 2016).....	16
Obr. 2.2 – Pohon posuvných bran (TopVrata.cz, 2016)	17
Obr. 3.1 – Schéma vysílací části optozávory	18
Obr. 3.2 – Schéma přijímací části optozávory	19
Obr. 3.3 – IR vysílač – HIRB5-23C-B (Radiocomponents, 2016).....	20
Obr. 3.4 – IR přijímač – OSRB38C9AA (ecom.cz, 2016)	21
Obr. 3.5 – Mikrospínač – koncový senzor (Enika, 2016).....	21
Obr. 3.6 – Mikrokontrolér ATmega32 (FindParts.in, 2016)	22
Obr. 3.7 – Rozložení výstupů na ATmega32 (ATmega32, 2011).....	22
Obr. 3.8 – Vývojové prostředí Bascom AVR	23
Obr. 3.9 – Průběh PWM signálu (CCP Modules, 2016).....	24
Obr. 3.10 – Schéma zapojení H-můstku (Motor controller: H-Bridge, 2016).....	25
Obr. 3.11 – Schéma zapojení L298.....	26
Obr. 3.12 – Servomotor (Amazon.com, 2016)	28
Obr. 3.13 – Maticová klávesnice (KB304 12KEY BLACK, 2016)	28
Obr. 4.1 – Fotografie modelu pojezdových vrat	30
Obr. 4.2 – Fotografie spodní strany modelu pojezdových vrat	31
Obr. 4.3 - Blokové schéma řídicí elektroniky modelu brány.....	33
Obr. 4.4 - Návrh DPS v programu Eagle – budič motoru	34
Obr. 4.5 - Vyvrtané DPS připravené k osazení součástkami	35
Obr. 4.6 – DPS budiče motoru osazená součástkami	36
Obr. 4.7 – Ukázka programu obsluhující displej a klávesnici	43
Obr. 4.8 – Vývojový diagram řídicího programu	47

Seznam tabulek

Tab. 3.1 – Tabulka stavů H-můstku.....	26
Tab. 3.2 – Tabulka stavů L298N	27
Tab. 4.1 – Tabulka zapojení všech periférií.....	48

ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je návrh a realizace laboratorního modelu demonstrujícího funkci automatického vstupního systému s pojezdovými dveřmi. Celý systém bude ovládán řídicí jednotkou, která bude obsahovat kompletní sadu funkcí, kopírující věrné chování reálného systému.

Řídicí jednotka ovládá motor, který pohybuje mechanickou částí automatického pojezdového systému. Obsluhuje také připojené periferie jako je maticová klávesnice, LCD displej, či budič motoru, který disponuje mimo jiné i bezpečnostními prvky.

První kapitola se zaměřuje na seznámení s problematikou automatických pojezdových systémů, druhů automatických bran, jejich výhod a nevýhod.

Druhá kapitola slouží pro seznámení s nejčastějšími druhy pohonů, které se u automatických bran používají a proč právě tyto pohony jsou nejrozšířenějšími ze všech pohonů v dané oblasti.

Třetí kapitola je zaměřena na teoretický rozbor všech součástí a principů používaných v modelu. Uváděny jsou především složitější funkce a součásti, které jsou pro model stěžejní.

Ve čtvrté kapitole je popsán model jako celek. Jsou zde rozebrány všechny části modelu automatického pojezdového systému, popis DPS, vysvětlení funkce programu jako celku a jednotlivých podprogramů. Dále také popis činnosti celého systému a jeho funkční režimy.

1 AUTOMATICKÁ VRATA

Automatická vrata, někdy nazývaná jako automatické brány, se rozlišují na posuvná a křídlová vrata. Jedním z nejdůležitějších parametrů pro výběr vrat je pracovní prostor vrat. Ať už se jedná o použití do privátních, či průmyslových objektů, vždy je klíčovým faktorem výběru vrat prostor, který lze během otevírání a zavírání vrat zabrat. Křídlová vrata jsou tedy nevhodná pro malý dvůr, na který se vejde jedno auto, protože s velkou pravděpodobností by zaparkované auto mohlo stát v rádiu otevírání brány a mohlo by tak dojít ke škodě na majetku.

Používanější jsou vrata posuvná. Jejich největší výhodou je úspornost místa při otevřeném i zavřeném stavu. Zatímco u křídlových vrat lze uvažovat o jedno, či dvoukřídlové variantě, u posuvných vrat by to nebylo vhodné z několika důvodů, jedním z nich je rostoucí složitost a potřeba více motorů. Obecně se posuvné brány dělají jen v „jednobraném“ provedení, u kterého si vystačíme jen s jedním motorem. Vrata se otevírají podél plotu posunem do strany.

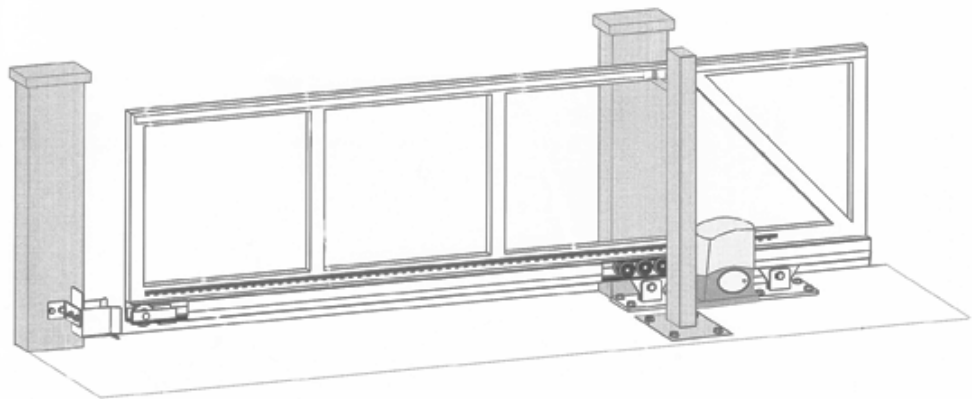
Posuvná vrata se dále dělí na vrata samonosná a vrata pojezdová. Pojezdová vrata jsou založena na principu pohybu na kladkách po zabetonované vodící kolejnici, či úhelníku. Samonosná vrata jsou z ocelové konstrukce, ke které je připevněn samonosný C profil. Tento C profil se pohybuje po pevně zakotvených vozících.

Výhodou samonosných vrat je jejich stabilní konstrukce. Další velkou předností je jejich pohyb nad povrchem země ve výšce od 5 cm do 10 cm a lze je díky tomu instalovat i na ne úplně rovném, či mírně svažitém terénu, dle požadavku.

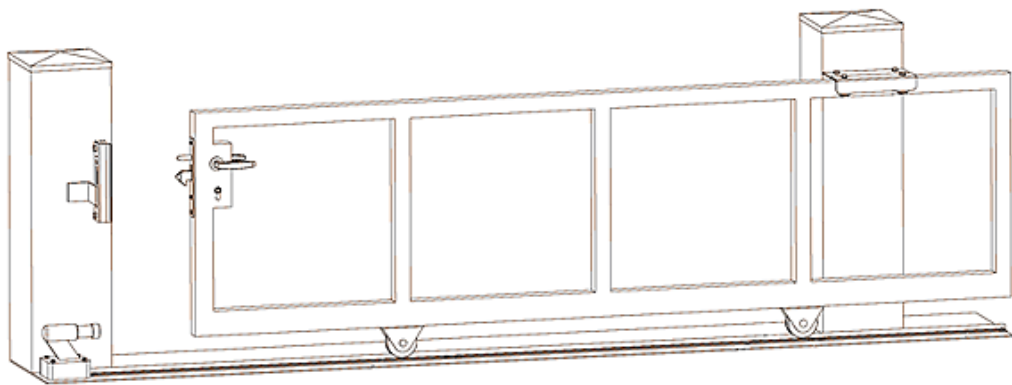
Nevýhodou samonosných vrat je jejich velikost. Aby vrata mohla fungovat správně, jsou konstruována tak, že šířka vrat je větší než šířka průjezdu. Vrata jsou přibližně o jednu třetinu širší než průjezd, a proto je potřeba počítat s tím, že bude nutno mít pro jejich plné otevření k dispozici prostor o šířce průjezdu plus jedna třetina šířky vrat.

Výhodou pojezdových vrat je jejich pořizovací cena a velikost, respektive šířka, která je téměř shodná s šířkou průjezdu. Zároveň zde nejsou žádná omezení, co se týče výšky, šířky a hmotnosti vrat.

Nevýhodou pojezdových vrat je jejich vyšší náročnost na údržbu především v zimním období kdy napadne sníh. Pojezdová vrata nejsou vhodná do horských oblastí, kde dochází k častým sněhovým srážkám.



Obr. 1.2 – Samonosná brána (Cena samonosné posuvné brány pro rok 2016, 2016)



Obr. 1.1 – Pojezdová brána (Cena pojezdové posuvné brány pro rok 2016, 2016)

2 DRUHY POHONŮ AUTOMATICKÝCH BRAN

Při výběru pohonu automatických bran záleží především na parametrech, které si zákazník vyžádá. V dnešní době není problém zabudovat celý pohon do země, aby nekazil estetickou stránku zákazníkova vjezdu na dvůr, či vzhled samotné brány. Je tomu tak především v případě křídlových bran, které mají dvě řídicí jednotky. U těchto bran lze oba pohony zabudovat do země.

Vedle výběru pozice pohonu, jestli nad zemí nebo pod zemí, se lze dále rozhodovat, jestli chceme pohon, který nám dokáže bránu otevřít během jednotek sekund, popřípadě jestli nám stačí otevírání trvající patnáct až dvacet vteřin. Ve všech případech jsou toto až druhotné parametry, při výběru brány je vždy nejdůležitější vybrat pohon takový, aby konstrukci brány dokázal utáhnout a zároveň aby nebyl zbytečně předimenzovaný. V případě, že motor je zkonstruován na posouvání třikrát těžší brány, než která je ve výsledku použita, je vhodné se raději porozhlédnout po jiném, často levnějším řešení.

Pro pohon křídlových bran se využívá motorů buď přímočarých, nebo ramenových, které lze vidět na obr. 2.1. U těchto bran je nutno použít dva motory a dvě řídicí jednotky. Pro každé křídlo jeden motor a jedna řídicí jednotka. Nejedná se o pravidlo, ale ve většině případů by při použití jen jednokřídle varianty docházelo k velkému úbytku místa ve vjezdu z důvodu zvětšeného pracovního rádiusu brány.



Obr. 2.1 – Přímocharý pohon křídlové brány (Automatické brány Čeljabinsk, 2016)

Pro otevírání posuvných bran se používá jen jedna řídicí jednotka, která se nachází v samotném pohonu brány. Pohony posuvných bran se instalují k betonovému sloupku brány nebo kousek od něho. Tyto brány vynikají svou jednoduchostí, protože není potřeba kupovat a instalovat každé zařízení dvakrát. U těchto typů pohonů se již používá pozemního uložení motoru a neinstaluje se do země jako to lze udělat u křídlových bran.



Obr. 2.2 – Pohon posuvných bran (TopVrata.cz, 2016)

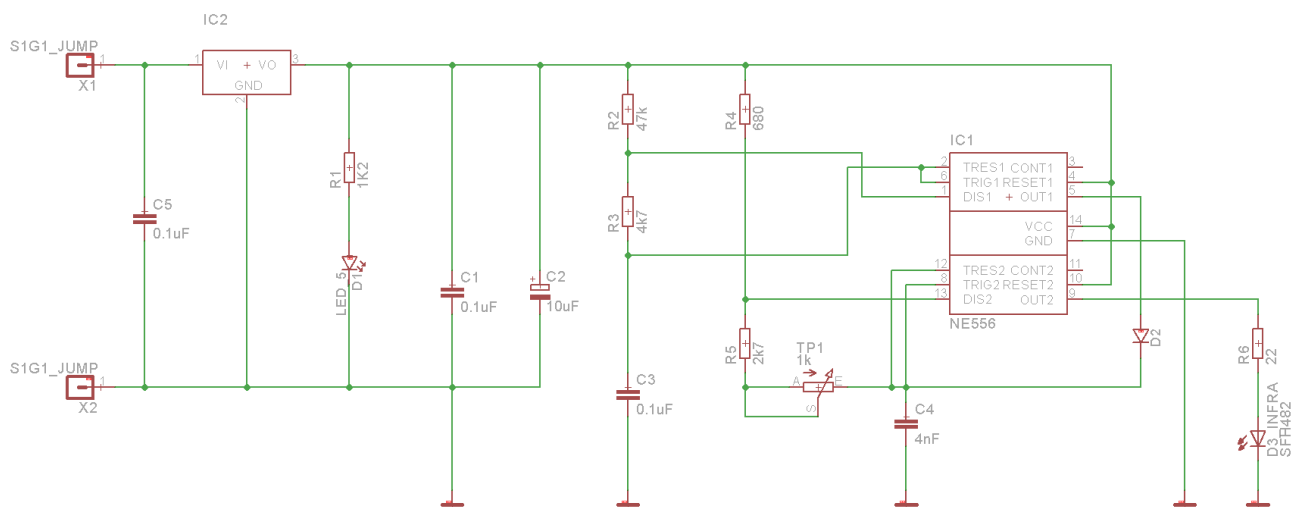
3 TEORIE POUŽITÝCH SOUČÁSTEK NA MODELU

3.1 PRINCIP ČINNOSTI OPTICKÉ ZÁVORY

Optická závora neboli optozávora pracuje v infračerveném světelném spektru, které je pro lidské oko neviditelné. Díky modulaci nosného kmitočtu na 38 kHz dojde k značnému odstranění vlivu denního světla (možné ztlumení) a lze tak zatížit vysílací prvek mnohem vyšším proudem a zvýšit tak dosah až na několik metrů bez přidané optiky.

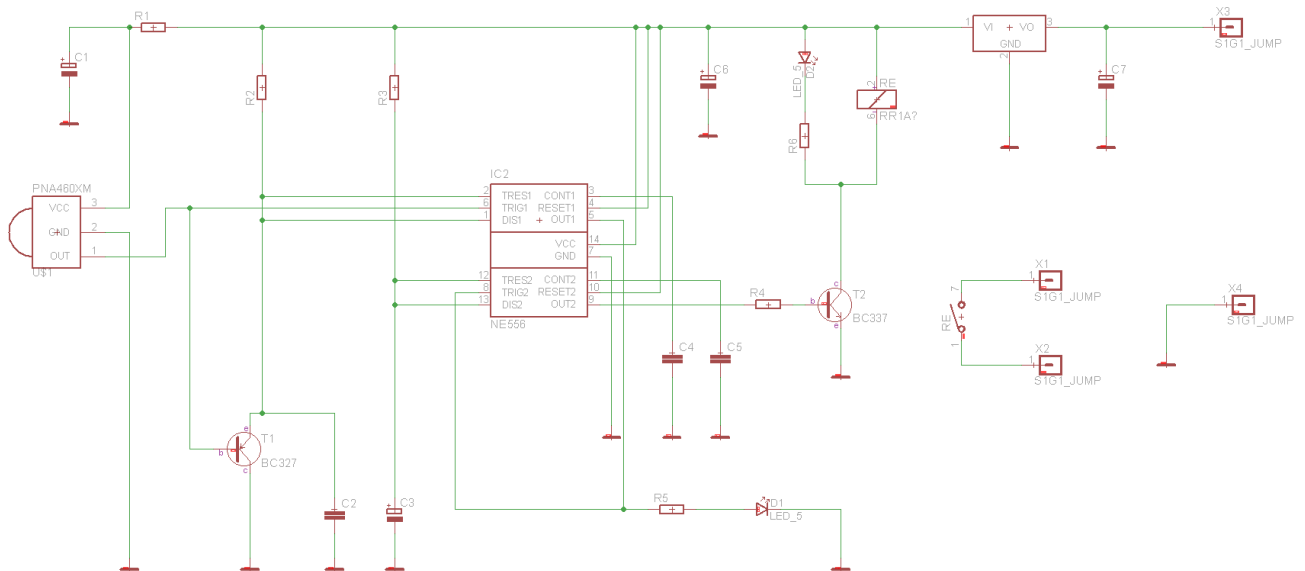
Optozávora se skládá ze dvou částí, vysílací a přijímací. Jedna část slouží pro vygenerování zamodulovaného signálu a druhá část tento modulovaný signál použije jako informaci o přítomnosti předmětu v trajektorii světelného paprsku.

Vysílací část optozávory nejprve vygeneruje nosný kmitočet o frekvenci 38 kHz pomocí integrovaného obvodu NE556, kondenzátoru C4 a trimru TP1. Následně dojde k modulaci signálu pomocí druhé části NE556 generátorem 330 Hz a diodou D2. Kmitočet a střihu modulačního kmitočtu určují odpory R2, R3 a kondenzátor C3. Modulační proud je přibližně 50 mA a je jím buzena infradioda D3.



Obr. 3.1 – Schéma vysílací části optozávory

Přijímací část optozávory obsahuje přijímač infračerveného světla, v mém případě se jedná o elektronickou součástku OSRB38C9AA od firmy Optosupply. Za přijímačem je zapojen dvojnásobný časovač NE556. První polovina je zapojena jako monostabilní klopný obvod, který je doplněn o detektor vynechání impulsu T1. Doba překlopení monostabilního klopného obvodu musí být delší, než je interval mezi jednotlivými skupinami modulačního kmitočtu. Tranzistor T1 je spínán v rytmu demodulovaného kmitočtu a vybíjí kondenzátor C2, čímž neumožní spustit monostabilní klopný obvod. V případě, že dojde k vynechání impulsu, první monostabilní klopný obvod se překlopí a spustí tak druhý monostabilní klopný obvod, který následně sepne přibližně na dobu jedné sekundy cívku relé a rozsvítí indikační LED diodu D2. Pokud zůstane paprsek stále zacloněn, návrat obou klopných obvodů bude blokován. Pomocí LED diody D1 se indikuje přítomnost nosného kmitočtu.



Obr. 3.2 – Schéma přijímací části optozávory

3.2 INFRA VYSÍLAČ – HIRB5-23C-B

Použitý infra vysílač HIRB5-23C-B slouží k vytvoření světelného toku, který spojí vysílací a přijímací část optické závory použité k zabránění jejího zavření v případě, že je přerušen světelný tok.

Tento typ infra vysílače se vyznačuje vysokou spolehlivostí, co se týče stabilních charakteristik výstupního emitovaného infračerveného záření. Další předností tohoto vysílače jsou jeho přesné pozorovací úhly, tedy směr, kterým se šíří emitované záření.

Vyzařované infračervené světlo má vlnovou délku 940nm, jedná se tedy o elektromagnetické záření, které není viditelné lidským okem. Světlo se z tohoto typu IR vysílače šíří pod úhlem 20°.



Obr. 3.3 – IR vysílač – HIRB5-23C-B (Radiocomponents, 2016)

3.3 INFRA PŘIJÍMAČ – OSRB38C9AA

Infra přijímač OSRB38C9AA (OSRB38C9AA: Infrared Receiver Module, 2016) je skvělou volbou pro konstrukci optické závory a to z několika důvodů:

- miniaturní rozměry,
- široký úhel snímání,
- příjem signálu z velké dálky (vysoká citlivost),
- odolnost vůči šumu,
- vysoká odolnost vůči dennímu světlu,
- kovový kryt,
- schopnost příjmu IR signálu z více směrů naráz.

Díky svým vlastnostem je tento typ přijímače velice vhodný pro použití v systémech, jako je dálkové ovládání televize, DVD přehrávače, klimatizace, ventilátoru, světla a dalších domácích spotřebičů, které je potřeba ovládat bezdrátově. V neposlední řadě se dá využít jako přijímací část optické závory jako v tomto případě.

OSRB38C9AA je vybaven vlastním integrovaným obvodem obsahujícím frekvenční filtr, Schmittův klopný obvod, demodulátor, integrátor, zesilovací členy a další prvky, které se starají o zpracování vstupního signálu, jeho zesílení a následné odstranění šumu.



Obr. 3.4 – IR přijímač – OSRB38C9AA (ecom.cz, 2016)

3.4 KONCOVÉ SENZORY

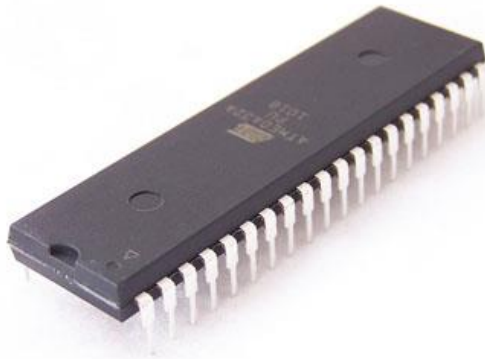
Pro kontrolu dosažení úplného otevření/uzavření brány jsou použity koncové senzory ve formě mikrospínače. Jedná se v podstatě o mechanické tlačítko, které při svém sepnutí/rozepnutí indikuje stavy zapnuto/vypnuto. Na vstupu řídicí jednotky se tedy objeví logická 1 nebo logická 0. Díky této informaci se řídicí jednotka dozví, když vrata dosáhnou koncové polohy a zabrání motoru v dalším pohybu tím, že již dále neodesílá řídicí signál do budiče, který dále přivádí napájení do servomotoru.



Obr. 3.5 – Mikrospínač – koncový senzor (Enika, 2016)

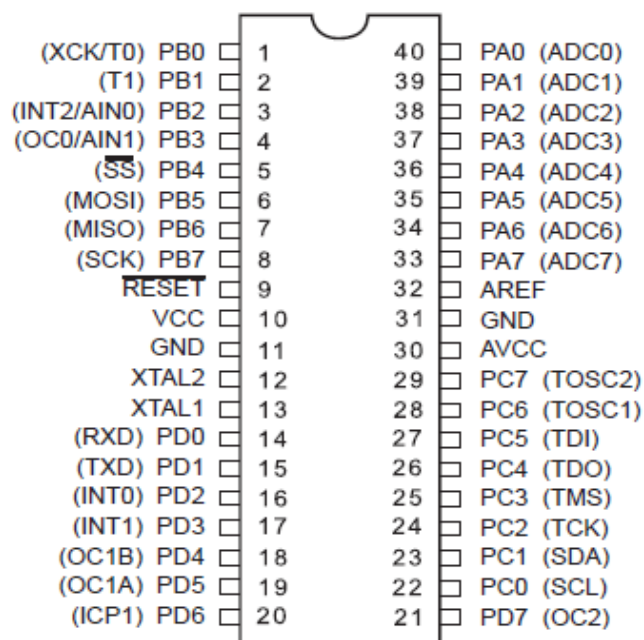
3.5 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA ATMEGA

Pro řízení chodu automatické brány je použit mikrokontroler AVR ATmega32 od firmy Atmel (EvB 5.1 v5: Uživatelská příručka, 2011). Jedná se o jednočipový 8bitový mikropočítač, který používá redukovanou instrukční sadu RISC s harvardskou architekturou.



Obr. 3.6 – Mikrokontrolér ATmega32 (FindParts.in, 2016)

Mikrokontrolér ATmega32 obsahuje 32 pracovních 8bitových registrů. Do těchto registrů lze uložit adresy i data. Paměť pro program a data je oddělená, jelikož mikroprocesory AVR využívají harvardskou architekturu.



Obr. 3.7 – Rozložení výstupů na ATmega32 (ATmega32, 2011)

Programování mikroprocesorů AVR lze provádět buď paralelně, což znamená, že je potřeba čip odpojit od všech obvodů a umístit do programátoru, nebo lze mikroprocesor naprogramovat sériově díky tzv. ISP neboli In-System Programming. Při této metodě se využívá signálů MOSI, MISO, SCK a RESET. Při sériovém programování není potřeba vypojoovat mikroprocesor z obvodu, což je pro uživatele mnohem příjemnější. Program do mikroprocesoru lze díky tomu nahrát rychleji.

3.6 BASCOM AVR

K programování mikrokontrolérů Atmel AVR lze použít více programovacích jazyků. Tím nejzákladnějším programovacím jazykem je JSA neboli jazyk symbolických adres, který pro překlad do strojového kódu používá právě překladač nazývaný assembler. Tyto dva názvy bývají často nesprávně zaměňovány. Jedná se o tzv. nižší programovací jazyk, který vznikl v padesátých letech. Firma Atmel má pro programování v jazyce symbolických adres připraveno vývojové prostředí s názvem AVR studio.

Druhým velmi populárním programovacím jazykem, kterým lze programovat mikropočítače AVR je jazyk C, který je označován za vyšší programovací jazyk, jež poskytuje uživateli mnohem vyšší abstrakci a větší komfort při psaní kódu. Pro programování v tomto jazyce lze použít program Atmel studio.

Třetím způsobem jak programovat mikroprocesory od firmy Atmel je programování v jazyce BASCOM a vývojovém prostředí Bascom AVR, což je v podstatě soubor nástrojů pro programování a kompilaci programů pro mikroprocesory od firmy MCS electronics.

Pomocí programovacího jazyka BASCOM je naprogramována i řídicí jednotka tohoto modelu automatické brány. Jedná se o vhodný způsob programování, jelikož pro správnou funkci brány není nejdůležitějším parametrem rychlost provádění instrukcí, ale správná funkce všech vstupně/výstupních operací závislých na logickém řízení.



Obr. 3.8 – Vývojové prostředí Bascom AVR

3.7 PWM

Pulse Width Modulation neboli česky pulzní šířková modulace slouží pro přenos analogového signálu, který je modulovaný pomocí dvouhodnotového signálu o různé šířce pulzů. Tento dvouhodnotový signál může být přenášen pomocí napětí, proudu, či světelného toku.

Pulzní šířková modulace je jednoduše dvoustavový periodický signál, obsahující logické hodnoty 0 a 1, který pomocí změny šířky pulzů říká zařízení kdy je zapnuto, či vypnuto. Poměru mezi těmito logickými hodnotami, dobou kdy je obdélníkový signál v logické jedničce nebo nule, se říká střída. Cyklu, kdy dochází k přenosu jedné střídy, se říká perioda. Kdyby tedy například byla střída impulzu 1:1, pak by byl logický signál zapnuto/vypnuto stejně dlouhý a PWM modulace by byla 50 %.

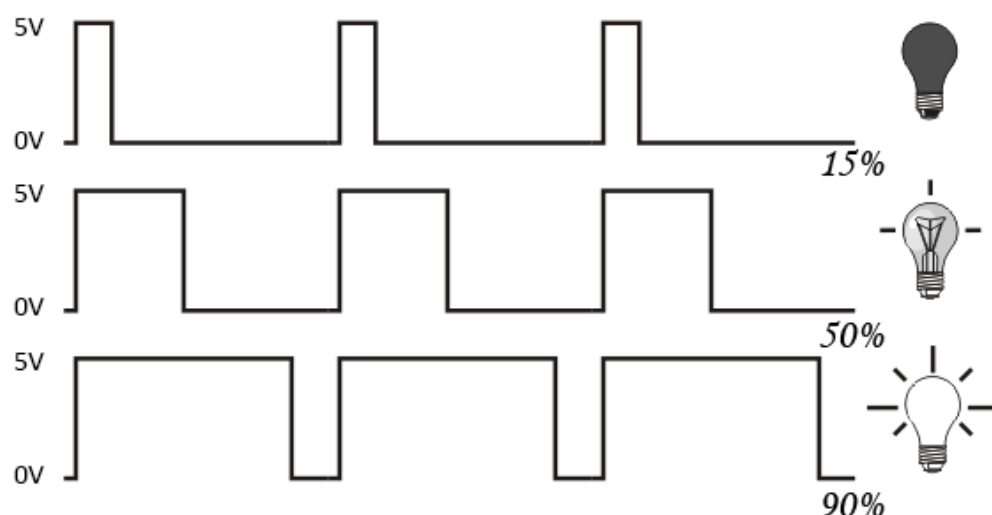
Střída DCL se vypočítá vztahem

$$DCL = \frac{\tau}{T \times 10}, \quad (3.1)$$

kde τ je délka pulzu, s,

T je délka periody, s.

Výsledná střída DCL vychází v procentech, což je malou nevýhodou u pulzní šířkové modulace, protože se jedná o relativní vyjádření informace v rozsahu 0 – 100 %. Je tedy nutné znát poměr mezi procentuálním vyjádřením a reálnou hodnotou.

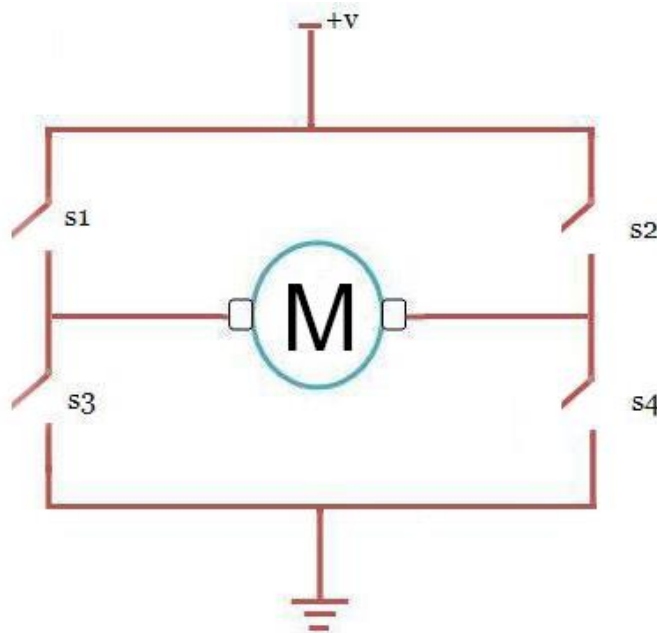


Obr. 3.9 – Průběh PWM signálu (CCP Modules, 2016)

3.8 H-MŮSTEK

H-můstek, jehož schéma zapojení a popis je v katalogovém listu (Dual full-bridge driver, 2016), je elektronická součástka, která se používá v zařízení zvaném „budič motoru“, na jehož výstupu je možné dosáhnout napětí obou polarit, díky tomu lze ovládat stejnosměrné motory používané například v robotice a automatizaci. Toto zařízení lze koupit jako celek nebo ho lze sestavit z diskrétních součástek, které jsou běžně k dostání v obchodech zaměřených na jejich prodej.

Základem budiče motoru je tento tzv. H-můstek. Jeho jméno vychází z jeho konstrukčního zapojení a především z grafického znázornění připomínající písmeno H. Typicky se jedná například o integrovaný obvod L298, který se skládá ze čtyř spínačů, konkrétně tranzistorů. Při použití diskrétních součástek lze uvažovat o spínání pomocí relé namísto tranzistorů. Obě možnosti jsou vhodné, avšak každá z nich má své pro a proti. Největší výhodou tranzistorů je především rychlost jejich spínání, zatímco u relé lze spínat mnohem větší výkony než pomocí tranzistorů, avšak u relé dochází k postupnému opotřebovávání pohyblivých součástí uvnitř relé.



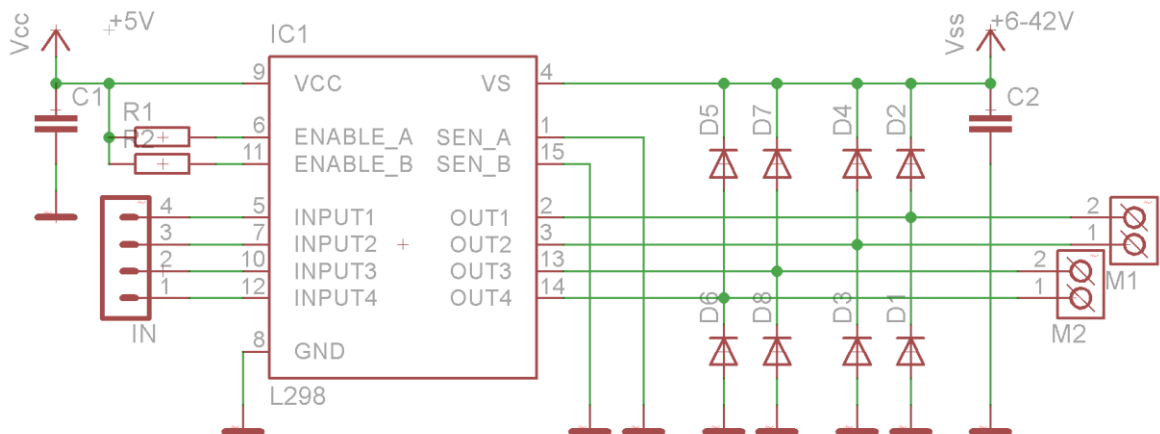
Obr. 3.10 – Schéma zapojení H-můstku (Motor controller: H-Bridge, 2016)

Pomocí H-můstku lze tedy ovládat směr otáčení motoru a to díky nastavení cesty průchodu proudu motorem prostřednictvím obsažených spínačů. K zobrazení stavu motoru pro určitou kombinaci vstupních kombinací spínačů slouží následující tabulka.

Tab. 3.1 – Tabulka stavů H-můstku

S1	S2	S3	S4	Stav motoru
0	0	0	0	Motor neběží (odpojené napájení)
1	0	0	1	Motor se otáčí vpravo
0	1	1	0	Motor se otáčí vlevo
1	1	0	0	Motorová brzda
0	0	1	1	Motorová brzda
1	0	1	0	Zakázaný stav (zkrat)
0	1	0	1	Zakázaný stav (zkrat)
1	1	1	1	Zakázaný stav (zkrat)

Z tabulky je patrné, že existují i stavy, které nesmí nastat, protože by mohly způsobit zkrat napájecího obvodu a jeho následné poškození. Tyto stavy však bývají ošetřeny už přímo v integrovaném obvodu od výrobce a není potřeba se o ně tedy starat. V případě sestavení obvodu z diskretních součástí je zapotřebí vyvarovat se nežádoucích/zakázaných stavů.



Obr. 3.11 – Schéma zapojení L298

Na předchozím obrázku je znázorněno konkrétní zapojení budiče motoru v podobě integrovaného obvodu IC1. Konkrétně se jedná o obvod L298, který dokáže řídit až dva motory naráz, protože ve svém vnitřním zapojení obsahuje dva oddělené H-můstky.

Tyto H-můstky se řídí pomocí třech signálů, jedná se o signály přicházející na vstup L298 v podobě pinu INPUT1, INPUT2 a ENABLE A pro první můstek. Pro druhý můstek je použit signál INPUT3, INPUT4 a ENABLE B.

Příchozí signál na vstup ENABLE povoluje nebo zakazuje chod motoru. V podstatě se jedná o odpojení motoru od napájení. V momentě, kdy na vstup ENABLE nepřichází logická 1 o hodnotě +5 V, motor se nebude točit. Vstupní signál může být také ve formě PWM signálu, díky čemuž je možné řídit rychlost motoru a to buď pomocí generátoru pulzů spolu s trimrem, kterým lze nastavovat střihu pulzu. V této bakalářské práci je použito řízení motoru pomocí PWM signálu, který generuje přímo řídicí jednotka ATmega32. Výhodou tohoto způsobu řízení je možnost měnit rychlost motoru přímo v programu a lze nastavit i různé funkční režimy kdy se motor otáčí rychleji nebo pomaleji právě v závislosti na příchozím PWM signálu.

Pokud je tedy na vstup ENABLE přiveden signál, poté už záleží jen na tom, jaká kombinace signálů přichází na vstupy INPUT. Jedná se o logickou hodnotu 0 a 1, tedy napěťovou hodnotu 0 V a +5 V. Reakce H-můstku na kombinaci vstupních signálů je vidět v následující tabulce.

Tab. 3.2 – Kombinace vstupních stavů L298N

INPUT 1	INPUT 2	Stav motoru
0	0	Motorová brzda
0	1	Motor se otáčí vpravo
1	0	Motor se otáčí vlevo
1	1	Motorová brzda

3.9 SERVOMOTORY

Servomotory, někdy také zkráceně serva, jsou motory, u kterých lze nastavit přesnou polohu natočení osy na rozdíl od běžných motorů. Jejich využití je velmi široké v mnoha oborech ať už v průmyslu pro ovládání CNC a jiných strojů, v počítačích k nastavování čtecí hlavičky u pevných disků nebo například jako malá modelářská serva u RC modelů.



Obr. 3.12 – Servomotor (Amazon.com, 2016)

Existuje vícero druhů servomotorů. V každém případě se jedná o zařízení, která se skládají z motoru, převodovky a servoměniče. Servoměnič je v podstatě frekvenční měnič, který obsahuje obvod zpětné vazby. Zpětná vazba je zajištěna pomocí enkodéru na hřídeli servomotoru. Enkodér snímá úhel natočení a otáčky servomotoru, čímž informuje řídicí systém o poloze zařízení. Namísto enkodéru lze použít i další druhy zpětné vazby např.: potenciometrickou, selsynovou, atd.

3.10 MATICOVÁ KLÁVESNICE

Pro zadávání čtyřmístného bezpečnostního kódu a volbu režimu brány je použita maticová klávesnice s celkem 12 tlačítky, která je připojena přímo na vstupní piny řídicí jednotky ATmega32. Výhodou maticové klávesnice 3×4, obsahující 3 sloupce a 4 řádky tlačítek, tedy celkem 12 tlačítek je ta, že potřebujeme pouze 7 vstupních pinů namísto 12. Díky zapojení tlačítek do matice se tedy ušetří spousta vstupních pinů, na které je poté možno připojit jiné nezbytně nutné periferie.



Obr. 3.13 – Maticová klávesnice (KB304 12KEY BLACK, 2016)

4 POPIS A STAVBA MODELU

4.1 FUNKČNÍ ČÁSTI POJEZDOVÝCH VRAT

Celý model pojezdových vrat lze rozdělit celkem na čtyři části. Senzorickou, procesorovou, aktorickou a signalizační část.

Senzorická část obsahuje prvky potřebné pro správnou detekci objektu poblíž/v prostoru vrat. Jedná se o optickou závoru, označenou jako S1, následují dva koncové senzory Sk1 a Sk2, které signalizují koncovou polohu vrat, tedy úplné otevření, či úplné zavření. Dále pak ovládací pult s klávesnicí, přes kterou lze zadat přístupové heslo a zvolit funkční režim vrat. Výstup sensorické části slouží procesorové části jako podklad pro správnou funkci.

Procesorová část obsahuje desky plošných spojů obstarávající správnou funkci vrat vzhledem k zvolenému režimu a v závislosti na datech, která obstará sensorická část. Tyto desky obsahují napájecí část, procesor ATmega32, driver ovládající motor a obvody potřebné pro nahrání programu skrz USB.

Aktorická část obsahuje elektromotor M s převodovkou. Energie se z motoru skrze převodovku přenáší na ozubený řemen, který je mechanicky spojený s pohyblivou částí vrat.

Signalizační část se skládá z majáku E a LCD displeje. Díky majáku je možné signalizovat, zda jsou vrata v pohybu a tudíž dát vizuálně najevo, aby do prostoru brány nikdo nevházel/nevjížděl. Pomocí majáku tak lze zamezit nežádoucí kolizi osoby/auta s bránou. Pro případ, že by uživatel nedbal světelné výstrahy majáku, je tu již zmíněná optická závora, která je schopna okamžitě uvést motor brány do klidu a odvrátit hrozící nebezpečí. LCD displej je určen pro zobrazení funkčního režimu vrat a stavu ve kterém se právě brána nachází.

4.2 SLOŽENÍ POJEZDOVÝCH VRAT

Model automatických pojezdových vrat, který je zobrazen na obr. 4.1, je postaven v měřítku 1:18, tedy 1 cm na tomto modelu je 18 cm na skutečné bráně. Celý model stojí na dřevěné platformě, konkrétně se jedná o voděodolnou překližku o rozměrech 45 cm na délku a 60 cm na šířku.

Do platformy jsou zasazeny dva nosné sloupky o rozměrech 17×2,2×2,2 cm, na kterých jsou uchyceny koncové senzory Sk1 a Sk2. K pravému sloupku je upevněn držák nesoucí infračervenou LED diodu, která je emitorem elektromagnetického záření

v infračerveném spektru světla a oranžovou LED diodu, která simuluje funkci majáku signalizující pohyb brány. Ke druhému sloupku je upevněn držák spolu se snímačem infračerveného záření a vymežovací profil ve tvaru písmena „C“, který zajišťuje správný pohyb křídla brány a zabráňuje jejímu vyklání, které by bylo nežádoucí.

Křídlo brány, tedy pohyblivá část modelu, je vyrobena z duralu, který zajišťuje nízkou hmotnost brány a poskytuje větší pevnost než obyčejný hliník. Na toto křídlo je zesponu přilepený ozubený hřeben, který dosedá na pastorek (ozubené kolo), který je přilepený na hřídeli motoru.

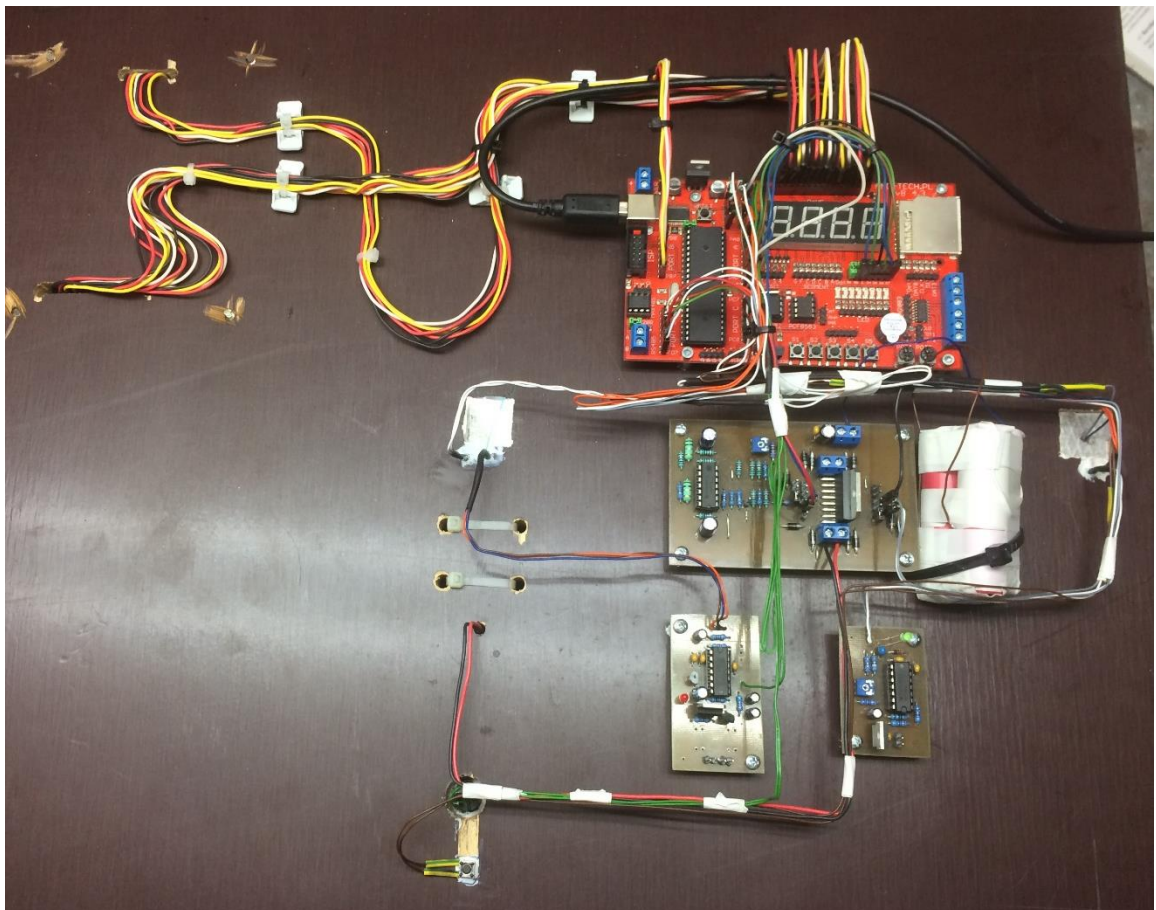


Obr. 4.1 – Fotografie modelu pojezdových vrat

Celý systém automatických pojezdových vrat je poháněn stejnosměrným elektromotorem s převodovkou. Motor je napájen napětím o hodnotě +12 V. Vzhledem k tomu, že se jedná o stejnosměrný motor, můžeme měnit směr otáčení hřídele přepólováním motoru, tedy změnou polaritv vstupního napětí, čehož je docíleno pomocí motorového budiče, který obsahuje H-můstek ovládaný mikroprocesorem. Motor připevněný k dřevěné platformě se při uvedení do chodu ukázal jako velice hlučný kvůli vibracím, které způsobuje rotační pohyb jeho hřídele, proto je pod motorem gumová izolační vrstva, která z velké části eliminuje hluk motoru během otáčení.

Uživatelským vstupem je v tomto případě maticová klávesnice 3×4, která je umístěna v levém spodním rohu dřevěné platformy. Společně s displejem je klávesnice ohraničena polykarbonátovou deskou, což společně tvoří uživatelské rozhraní, jež by se ve skutečných vratech nacházelo na sloupku vyvedeném ze země do úrovně okna běžného automobilu.

Za bránou je vyvedeno červené tlačítko, které simuluje skutečné tlačítko s funkcí otevřít/zavřít. Lze ho použít v případě, že si uživatel přeje zavřít bránu dříve, než vyprší časový interval do zavření brány. Primárně je však určeno pro otevření brány tehdy, když chce uživatel opustit například svůj pozemek. Předpokládá se, že je to autorizovaná osoba, která dovnitř patří a není tedy třeba jí tam držet i v případě, že heslo nezná. Otevřít bránu zevnitř lze tedy kdykoli bez nutnosti zadávání bezpečnostního hesla.



Obr. 4.2 – Fotografie spodní strany modelu pojezdových vrat

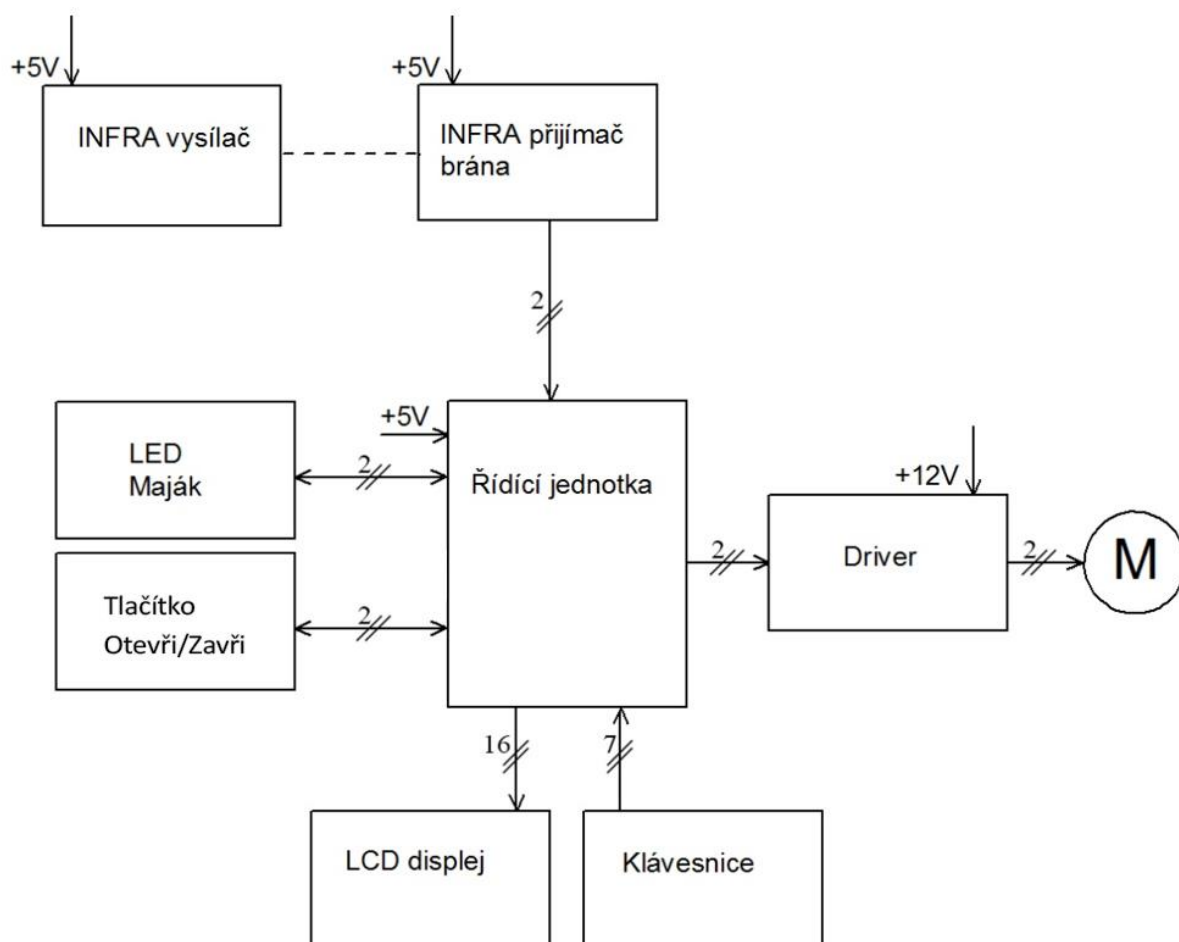
Jak lze vidět na obr. 4.2, na druhé straně platformy jsou umístěny všechny řídicí desky potřebné pro správný chod pojezdových vrat. Nachází se zde řídicí deska, konkrétně vývojový kit EvB 4.3, který obsahuje mikropočítač ATmega32 firmy Atmel, pak také obvody pro naprogramování řídicího mikropočítače, vstupní a výstupní rozhraní v podobě konektorů typu jumper male (samice), obvody s funkcí čítače a časovače, kterých je využito pro řízení rychlosti otáčení motoru pomocí PWM signálu. Dále jsou zde A/D převodníky, ty jsou používány pro čtení vstupního signálu z přijímače optozávory. A spousta dalších obvodů, které vývojový kit obsahuje. Pro správnou funkci modelu postačí výše vypsane obvody.

Kromě desky obsahující mikroprocesor je zde deska plošných spojů, která má funkci emitoru infračerveného záření, obsahuje konkrétně jednu infračervenou LED diodu, generátor pulzů NE556, který moduluje výstupní signál a lze díky němu zvýšit proud procházející LED diodou, aniž by došlo k jejímu poškození a zvýšit tak její dosah až na 10 metrů bez přídavné optiky.

O příjem infračerveného záření se stará deska plošných spojů, která nese přijímač toho záření a generátor pulzů NE556, který je v tomto případě zapojen jako monostabilní klopný obvod. Tento monostabilní klopný obvod dokáže detekovat i vynechání jediného pulzu a dát o tomto stavu informaci na svém výstupu. Výstupem je sepnuté relé, jehož kontakty jsou spojeny s vstupy mikrokontroléru, který je informován o změně stavu na výstupu.

Poslední deskou, kterou model pojezdových automatických vrat disponuje, je tzv. driver. Jedná se o budič motoru, který obsahuje H-můstek, jehož funkce je popsána v teoretické části. Díky tomuto budiči je možné řídit směr otáčení hřídele motoru.

Spodní strana obsahuje celkem čtyři desky plošných spojů, kabelové propojky mezi deskami a jejich periferiemi a je zde také umístěno jedno tlačítko ve formě mikrospínače, které má funkci simulace přerušení optického paprsku v optozávore. Tímto tlačítkem lze ověřit správnou reakci brány na přerušení infračerveného paprsku.



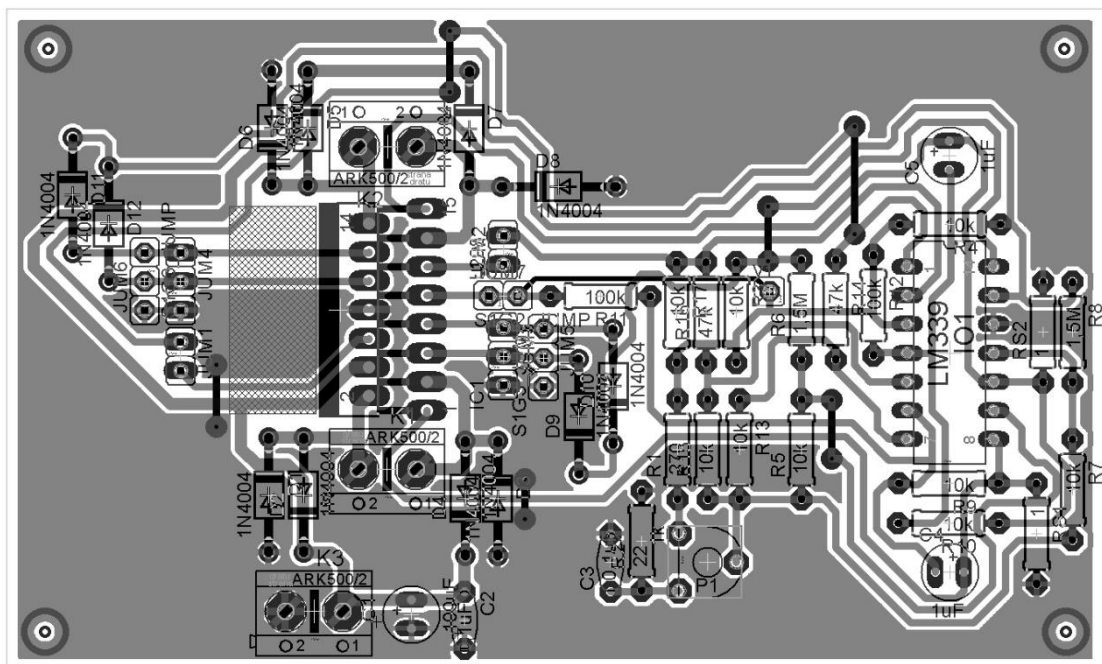
Obr. 4.3 - Blokové schéma řídicí elektroniky modelu brány

4.3 VÝROBA A OŽIVENÍ DPS

Všechny desky plošných spojů společně se schémata, které obsahuje tento model automatických pojezdových vrat, byly navrženy v programu Eagle, pocházející od firmy Cad Soft Computer. Slovo Eagle je zkratkou pro celý název – Easily Applicable Graphical Layout.

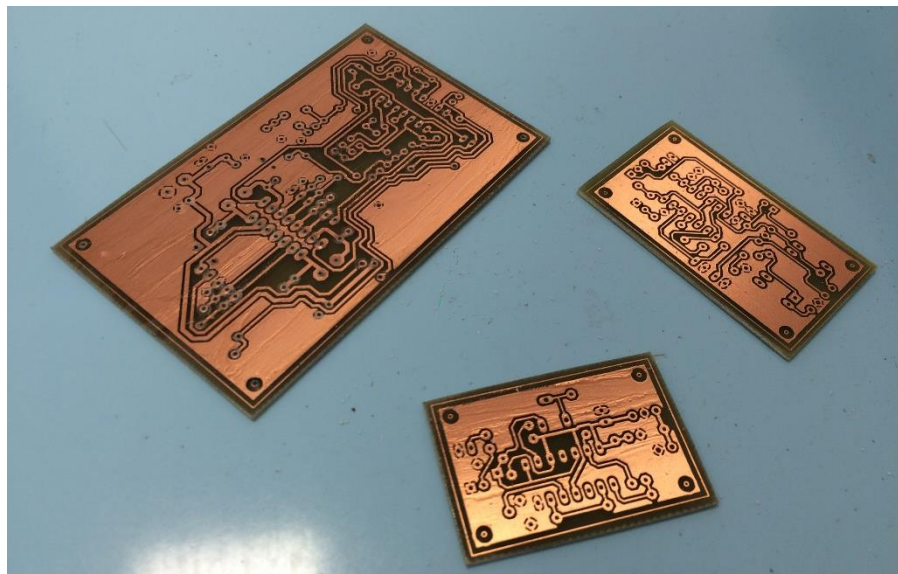
Jedná se o velice oblíbený profesionální program, který slouží pro návrh schémat a desek plošných spojů. Program se příjemně používá, protože má jednoduché grafické rozhraní a celkem intuitivní design, ve kterém se po několika hodinách práce uživatel dobře orientuje. Poskytuje spoustu šikovných nástrojů, bez kterých si návrh desek lze jen těžko představit.

Pro návrh budiče motoru bylo inspirací schéma zapojení z katalogového listu budiče motoru (Monolithic bridge drivers, 2016) obsahující obvod L298N.



Obr. 4.4 - Návrh DPS v programu Eagle – budič motoru

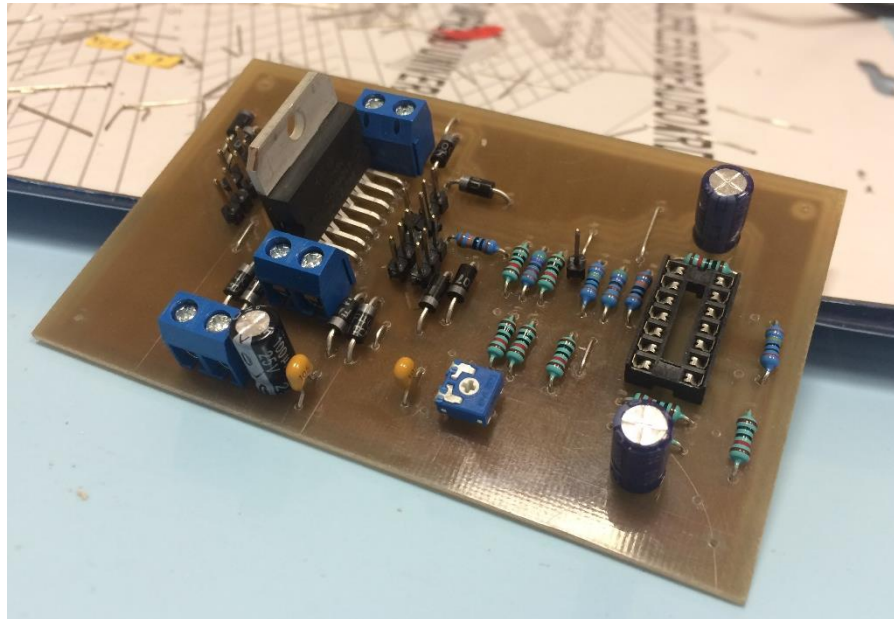
Navržené desky byly vyleptány v univerzitní dílně a následně doupraveny v univerzitní laboratoři. Po vyleptání desek došlo k jejich zarovnání do požadované velikosti, poté byly ošetřeny roztoky, které z desek smyly zbytky fotovrstvy a chrání desky proti korozi.



Obr. 4.5 - Vyvrtané DPS připravené k osazení součástkami

V laboratoři se desky nechali schnout 24 hodin a následně se mohlo přejít k vrtání děr, do kterých se osadily předem nakoupené součástky. Během osazování vše probíhalo hladce a všechny desky byly osazeny během dvou dní.

Na desce budiče motoru je zabudován obvod proti přetížení a zkratu, který měl sloužit k ochraně motoru a majetku, či osob v případě, že se na motoru zvedne odebíraný proud, tedy tehdy, kdy je kladen bráně větší odpor. V tu chvíli by měl budič odpojit napájecí obvod a zastavit motor, avšak tato funkce ve výsledném modelu nebyl využita. Vybraný obvod proti ochraně a zkratu se v tomto případě ukázal být nevhodný pro použití. Motor je řízen za pomoci integrovaného obvodu L298N, který se na této desce také nachází.



Obr. 4.6 – DPS budiče motoru osazená součástkami

Vzhledem k špatně zvolenému obvodu ochrany proti přetížení a zkratu je nutno se spoléhat na informace získané z optické závory, která informuje mikropočítač o přítomnosti cizího předmětu/osoby v pracovním prostoru brány.

Jak se ukázalo, model brány s tímto sestavením v podobě ochrany osob a majetku za pomocí optozávory funguje tak jak se od něho vyžaduje a je zajištěna bezpečnost při vstupu osoby, či vjezdu objektu do prostoru pohybující se brány.

4.4 POPIS ČINNOSTI VRAT

Automatická pojezdová vrata jsou uvedena do chodu (v závislosti na zvoleném režimu, viz. dále) pomocí elektromotoru M. Povel k chodu dostane elektromotor z procesorové části v případě, že jsou splněny předem definované podmínky pro otevření nebo zavření vrat. Základním prvkem automatických vrat je maticová klávesnice 3×4, jež informuje řídicí obvod o přítomnosti objektu žádající průjezd skrz vrata. Uživatel zadá na klávesnici předem definovaný kód, kterým dá mikro počítači najevo, že se nejedná o neautorizovanou osobu.

Po zadání a zpracování bezpečnostního kódu dojde k vyhodnocení požadavku, pokud byl kód zadán správně, vrata se začnou otevírat a je uveden do chodu maják (LED dioda), který pomocí pravidelného blikání informuje své okolí o pohybu brány. Procesor se o úplném otevření/zavření vrat dozví díky koncovým sensorům Sk1 a Sk2. Následuje vypnutí majáku E, což značí, že vrata jsou již v klidu a nehrozí žádné nebezpečí. Během průjezdu vraty zajišťuje bezpečnost osob a objektů optická závora S1, která nedovolí uzavření vrat, dokud se v její operační oblasti nachází nějaký předmět, či osoba. Po bezpečném opuštění vrat je možné bránu zavřít. Signál k zavření brány může vydat buď mikroprocesor, nebo samotný uživatel.

Při otevření brány dojde ke spuštění odpočtu časového intervalu, který má předem nastavenou hodnotu čítající několik desítek vteřin. Po vypršení časového odpočtu a splnění bezpečnostních podmínek jako je opuštění pracovního rádiusu se začnou vrata zavírat.

Druhým způsobem jak zavřít bránu je možnost uživatele smáčknout tlačítko, které vydá příkaz mikrokontroléru pro okamžité uzavření brány bez ohledu na nedokončený odpočet časovače. K uzavření brány však nedojde, pokud opět nejsou splněny bezpečnostní požadavky pro bezpečné otevření/uzavření brány. Toto tlačítko je umístěné v prostoru za branou (na pozemku uživatele).

4.1.4 Automatický režim vrat

Automatická pojezdová vrata jsou od základu nastavena a spuštěna v automatickém režimu. Řídicí jednotka v tomto funkčním režimu vyčkává do doby, dokud nebude zadán předem definovaný bezpečnostní kód. V případě mojí automatické brány jsem zvolil bezpečnostní kód „1378“. Tento kód byl vybrán z toho důvodu, abych poukázal na výhody maticové klávesnice, kterou jsem pro svůj model zvolil. Pro zadání tohoto kódu je totiž zapotřebí programově přečíst každý řádek a každý sloupec klávesnice. Po zadání správného

kódu se vrata začnou otevírat díky uvedení motoru M do pohybu. Pokyn pro uvedení motoru do pohybu je vydán mikroprocesorem v řídicí části, který vyhodnotil, že vstupní heslo je zadáno správně a shoduje se s předem nastaveným heslem. Po dobu otevírání vrat bliká oranžové světlo signalizace E. Vrata se otevírají, dokud řídicí jednotka neobdrží signál z koncového senzoru Sk2, poté se motor zastaví a optická signalizace majáku přestane blikat. Vrata jsou plně otevřena a startuje odpočet doby, po kterou lze branou procházet/projíždět. Po vypršení odpočtu časovače nebo po stisknutí tlačítka za branou, které vydá signál pro uzavření vrat, se opět rozbliká optická signalizace a motor je uveden do pohybu, avšak tentokrát opačným směrem. Brána se zavírá jen do té doby, dokud je splněna bezpečnostní podmínka o prázdném pracovním prostoru brány. Kontrolu této bezpečnostní podmínky opět zajišťuje optozávora S1. Až budou vrata zavřena, koncový senzor Sk1 dá řídicí jednotce informaci o stavu vrat, která deaktivuje motor a signalizaci pohybu brány. Program v MCU tímto krokem začíná od začátku, tedy dalším vyčkáváním na příchozí signál vydaný buď za branou pomocí tlačítka pro otevření/zavření brány nebo zadáním bezpečnostního kódu na klávesnici.

4.2.4 Servisní režim vrat

Po zadání speciálního kódu dojde k aktivaci servisního režimu vrat. V tomto režimu dojde k odstavení veškeré automatické činnosti brány a veškerý pohyb vrat je řízen vstupem od servisního technika, který je oprávněn vrata do tohoto režimu uvést a manipulovat s nimi. Pomocí klávesnice lze tedy ovládat pohyb vrat a to buď po malých krocích, tedy krokováním nebo nechat dojet na svou koncovou polohu. Servisní režim tedy slouží pro kalibraci vrat a koncových senzorů. Při opuštění servisního režimu a zanechání vrat otevřených dojde k uzavření brány ihned, jakmile to jen bude možné. Konkrétně se jedná o stav, kdy je splněna bezpečnostní podmínka pro uzavření, když není přerušen paprsek optické závory a nic nebrání vratům v pohybu. Bezpečnostní kód pro vstup do servisního režimu je nastaven jako „0000“.

4.5 PROGRAMOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH FUNKCÍ

Nejdůležitější částí celého mechanismu brány je jeho programová část. Dokud neexistuje řídicí program, který zastřešuje jakýkoli projekt tohoto typu, je to jen spousta součástek a náhradních dílů. Řídicí program uvede celou soustavu do chodu. Tímto programem se rozumí soubor instrukcí, které jsou vykonávány řídicím počítačem přesně v pořadí, v jakém jsou sepsány. V tomto případě jsou tyto instrukce vykonávány mikropočítačem ATmega32.

Zvolený mikropočítač je velice vhodný z několika důvodů. Tím nejdůležitějším je především jeho velký počet vstupů a výstupů, které jsou pro ovládání takto relativně složitého zařízení potřeba. Bez těchto vstupů a výstupů by se model neobešel. Na vstupy ATmega32 je, jak už bylo řečeno připojena maticová klávesnice, která sama potřebuje pro svou správnou funkci celkem 7 vstupů, respektive 4 vstupy a 3 výstupy. Dále je na ATmega32 připojen LCD displej, který je připojen v „úspornějším režimu“ co se týče spotřeby počtu pinů. I přesto pro svou funkci potřebuje celkem 6 výstupů.

Dalším důvodem pro výběr tohoto mikroprocesoru bylo, že obsahuje čítače a časovače, tedy obvody, pomocí kterých je vytvořen PWM signál, kterým je řízena rychlost otáčení hřídele motoru. Jak bylo popsáno v teoretické části, tento PWM signál v podstatě spíná a rozspíná tak rychle, že se ve výsledku chod motoru jeví jako spojitý. Skutečný pohyb motoru ale udělí až signál přicházející z ATmega, který informuje H-můstek o tom, jakým směrem se má motor točit. Povolení chodu motoru a nastavení jeho směru potřebuje další 3 výstupy.

Celý model obsahuje spoustu dalších komponent, které jsou závislé na signálu vystupujícím nebo vstupujícím z/do mikropočítače, proto byl pro účely této bakalářské práce nejvhodnějším kandidátem přímo vývojový kit EvB 4.3.

Programování jakéhokoli projektu je velice důležité rozvrhnout dopředu a rozmyslet, jakým směrem je vyžadováno, aby se projekt ubíral a jak má ve výsledku pracovat. O to spíš, pokud se k programování používá nižší programovací jazyk jako v tomto případě. Řeč je o programovacím jazyce Bascom AVR, který je výtečným pomocníkem při programování mikroprocesoru ATmega. Jako takový totiž Bascom přináší příjemnou abstrakci nad příkazy, které používali ještě starší programovací jazyky jako je jazyk symbolických adres.

Bascom svým modernějším pojetím usnadňuje programátorovi práci a pomáhá mu psát kód rychleji a čitelněji než by tomu bylo v případě starších jazyků. I přes své výhody se ale stále jedná o velmi starý programovací jazyk, který bohužel nepodporuje objektivě

orientované programování, které je pro použití v tomto modelu automatické pojezdové brány jako „ušité na míru“. Naopak nevýhodou Bascomu je snížení výpočetního výkonu mikropočítače, protože každá větší abstrakce ve vyšších programovacích jazycích, která programátorům usnadňuje práci, totiž způsobuje, že je zapotřebí vyššího výpočetního výkonu, popřípadě delšího času na vykonání požadované instrukce. To se však týká například superpočítačů, kde je potřeba, aby vše bylo dokonale optimalizované a aby například při přistávání znovupoužitelných raket nedocházelo k výpočtu určitého algoritmu ani o setinu sekundy déle než je třeba. V modelu automatické pojezdové brány v žádném případě nesejde na tom, jestli se instrukce provede o 1 milisekundu dříve nebo později. Tím spíš když se v tomto případě jedná o sekvenční logické řízení.

Sekvenční logické řízení je druh řízení, kdy každá operace má svůj výstup podmíněný vstupem a záleží na předešlém dokončení vykonávaného procesu. V případě otevírání brány bych mohl jako příklad uvést dobu otevírání brány. Jednoduše řečeno, nezáleží na tom, jestli se brána otevírá pět nebo deset vteřin. Další operace nezačne do té doby, dokud předešlá operace neskončila. Řídící program tedy například nevypne motor, dokud brána nedosáhne koncového senzoru. Operace zastavení motoru není podmíněna časovou konstantou, ale logickým vstupem informujícím o dokončení operace.

Dalším druhem řízení je programové řízení, jehož příkladem může být pračka prádla nebo myčka nádobí. Tato zařízení mají jasně daný časový program a toho se drží. Nevýhodou tohoto řízení je absence zpětné vazby o dokončení předešlé operace, což v případě automatické pojezdové brány není vhodné řešení, protože by mohlo dojít k nežádoucím nebo dokonce havarijním stavům.

Na začátku bylo potřeba rozvrhnout si, co jsou klíčové funkce brány, bez kterých by se mohla jen těžko obejít. Od začátku celé programování probíhalo tak, že se vytvořili jednotlivé krátké kusy kódu, každý samostatně v jiném programu a každý měl na starost jinou klíčovou funkci. Tím úplně nejzákladnějším bylo podmínění pohybu hřídele motoru a celé brány jen v případě, pokud osoba žádající vstup zná správné vstupní heslo.

Následovala reakce na vstupní heslo, takže byl napsán krátký program pro pohyb motoru tehdy, pokud bylo zadáno správné heslo. V případě, že bylo zadáno špatné heslo, motor zůstal stát a rozsvítila se červená signalizační LED dioda.

Dále bylo potřeba vyřešit zastavení pohybu brány v případě, že byl přerušen infračervený paprsek optozávory. Výstupem z desky optozávory je napětí o hodnotě +3 V, což si vyžádalo použití A/D převodníku a následné využití této hodnoty jako logickou

jedničku nebo nulu. Tímto krátkým a jednoduchým programem tak byla zajištěna bezpečnost osob pohybujících se v prostoru brány.

Nyní když se brána mohla otevírat a zavírat, aniž by hrozilo, že někomu ublíží a byl zabezpečen vstup pouze autorizovaných osob, byl na řadě časový interval, který postupně odčítal od předem zvolené časové hodnoty do nuly.

V neposlední řadě bylo potřeba dát uživateli zpětnou vazbu ohledně jeho používání brány. Konkrétně zápis kódu bez toho, aniž by se uživateli zobrazovalo kolik číslic již zadal, by bylo jistě méně příjemné, zatímco při použití displeje se uživateli dostává mnohem většího uživatelského komfortu.

4.1.5 Vstup pomocí maticové klávesnice

Maticové klávesnice bylo využito z jednoduchého důvodu. Cílem bylo naučit se pracovat a především naprogramovat klávesnici, která využívá maticového zapojení za účelem snížení počtu vyžadovaných vstupů/výstupů vzhledem k počtu tlačítek. Doteď bylo zvykem, že jedno tlačítko rovnalo se jednomu výstupu.

Při použití maticové klávesnice 3×4 tedy bylo docíleno toho, že na celkem 12 tlačítek bylo potřeba jen 7 pinů. Při použití 4×4 by na 16 tlačítek bylo potřeba 8 pinů atd. Úspora vstupů/výstupů se tedy zvyšuje s přibývajícím počtem tlačítek, pokud jsou zapojena do matice.

Menší nevýhodou tohoto řešení je potřeba delšího programu, který ošetřuje vstup z klávesnice tak, aby nedocházelo k záměně za jiná tlačítka. Výhoda ve formě ušetření vstupně/výstupních portů však silně převažuje nad nevýhodami.

V programu obsluhující pouze tlačítka by se tedy napsala podmínka: „Pokud stisknuto, tak udělej něco.“ Pro obsluhu maticové klávesnice bylo navíc použito třídění a povolování detekce přítomnosti napětí na jednotlivých pinech, jelikož jsou tlačítka zapojena tak, že na nich je napětí do té doby, dokud není stisknuto a poté je napětí staženo do země. U maticové klávesnice jsou to 4 výstupy napájené a 3 vstupy uzemněné. Funkce je taková, že při uzemnění napětí při stisku tlačítka dojde ke ztrátě napětí na výstupu jednoho ze čtyř pinů a tím, že je v každou chvíli povolena jen jediná země, s jistotou lze rozpoznat, které tlačítko bylo stisknuto. Program tedy v cyklu povoluje a zakazuje jednotlivé země a zajistí tak schopnost číst vstup od uživatele relativně přesně v závislosti na tom, jak rychle uživatel mačká tlačítka. V programu je také nastaveno zpoždění 200 milisekund, aby uživatel stihl pustit tlačítko dříve, než mikro počítač přijme další vstup.

4.2.5 Pohyb a zastavení motoru

Program pro řízení motoru je napsán tak, aby při splnění konkrétních podmínek, došlo k rotačnímu pohybu jeho hřídele jedním nebo druhým směrem (otevření/zavření). Pro otevření je to správně zadané vstupní heslo a pro zavření je to nepřítomnost cizího tělesa v pracovním prostoru brány.

Celý program „běží“ ve smyčce, která se neustále dotazuje, jestli už byla splněna podmínka pro otevření/zavření brány. Splněním podmínky pro otevření brány dojde k otevírání a v tomto stavu brána setrvává, dokud nenarazí na koncový senzor. Celou dobu během otevírání se tedy brána dotazuje, jestli již došlo ke kontaktu s koncovým senzorem. V momentě, kdy ano, dojde k zastavení brány. U zavírání je to mírně složitější, protože se brána celou dobu dotazuje nejen na to, jestli už došlo ke kontaktu s koncovým senzorem, ale zároveň se stále kontroluje, zda někdo/něco nenarušil/o pracovní prostor brány, tedy jestli nedošlo k přerušení paprsku optozávory.

Od začátku programu je motoru předána číselná hodnota pomocí PWM informace o povolení k chodu. Tím se motoru reguluje rychlost otáčení. Pro jeho skutečné roztočení je ještě potřeba získat směrovací signál (log 1 nebo 0) na konektory budiče motoru.

Pro uzavření brány je naprogramována funkce odpočtu, kdy při otevření dojde k jeho nastartování a vyčkávání do doby, dokud nedopočítá do nuly, poté se brána začne zavírat. Uživatel má možnost pro dřívější uzavření brány stisknout zavírací tlačítko, které se nachází za prostorem brány.

Rychlost otáčení hřídele motoru je po celou dobu jeho dráhy konstantní.

4.3.5 Zobrazení stavu brány na displeji

LCD displej je naprogramován pro funkci ve 4 bitovém režimu. Pro zapojení displeje tedy stačí připojit pouze 6 konektorů. Jedná se tedy o úspornější nastavení namísto použití 8 bitového režimu, který spotřebuje více vstupů/výstupů.

```
'          ZAČÁTEK HLAVNÍHO PROGRAMU
'-----
Hlavniprogram:
  Do
    Gosub Sloupec1
    Gosub Sloupec2
    Gosub Sloupec3
    Gosub Zobrazeni
    If Pomprom = 4 Then Gosub Overenihesla
  Loop
'          PODPROGRAMY
'-----

Overenihesla:

  If Spravneheslo = Zadavaneheslo Then

    Cls
    Lcd "HESLO PRIJATO"

    PORTC.0 = 1
    PORTC.1 = 0
    Wait 5

  Else

    Cls
    Lcd "SPATNE HESLO"

    PORTC.0 = 0
    PORTC.1 = 1
    Wait 5

  End If

  Cls
  Zadavaneheslo = ""
  Pomprom = 0
  PORTC.0 = 1
  PORTC.1 = 1

Return
```

Obr. 4.7 – Ukázka programu obsluhující displej a klávesnici

Program pro displej je napsán tak, aby zobrazoval nápis: „Zadejte heslo:“ a na druhém řádku se uživateli zobrazuje hodnota v podobě hvězdiček. Pro mazání špatně napsaného čísla je naprogramována funkce pro vymazání posledního znaku. K smazání znaku slouží klávesa hvězdička „*“ (na klávesnici vlevo dole).

Pro odeslání hesla k ověření slouží klávesa křížek „#“. Po zkontrolování hesla se vypíše hláška buď: „Heslo přijato“ nebo „Špatné heslo“. Pokud bylo heslo zadáno špatně, vrací se poté program na začátek, kdy opět vyžaduje od uživatele autorizační kód. V případě, že heslo bylo přijato a došlo k otevírání brány, na displeji je nápis: „Otevírání“. Při úplném otevření se na displeji zobrazí nápis: „Čas do uzavření“ a na spodním řádku se zobrazuje číselná hodnota odpočtu.

Při uzavírání vrat se vypíše: „Zavírání“ a při zadání servisního hesla, které je „0000“, dojde k uvedení brány do servisního režimu, což je zobrazeno i na displeji nápisem „Servisní režim“.

4.4.5 Příjem signálu z přijímače optické závory

Pro příjem signálu z přijímače optické závory je použito analogově/digitálního převodníku, který se stará o to, že mikrokontrolér čte i jiné hodnoty napětí než jen hodnoty definované TTL logikou.

Jelikož funkce pro detekci přerušeni infračerveného paprsku není potřeba během celého běhu programu, ale jen v momentě, kdy dochází k uzavírání brány, není nutno, aby program běžel ve smyčce celou dobu. Pro tyto účely je program napsán tak, aby skočil do kontrolní smyčky jen tehdy, kdy dochází k zavírání brány a je tudíž zapotřebí mít neustále aktuální hodnotu z přijímače optické závory. Po uzavření brány je smyčka ukončena a dokud nebude bránu znovu zavírána, nebude se tato smyčka spouštět.

4.5.5 Blikání majáku při pohybu brány

Během pohybu brány (otevírání/zavírání) je spuštěn podprogram pro blikání oranžové LED diody simulující funkci majáku z reálné automatické brány. Funkce této diody je naprogramována jako nekonečný cyklus, kdy se každou vteřinu střídá stav rozsvíceno/zhasnuto. Tento nekonečný cyklus končí ve chvíli, kdy dojde ke stisku koncového senzoru.

4.6 IMPLEMENTACE FUNKCÍ DO HLAVNÍHO PROGRAMU

Poté, co byla naprogramována funkčnost jednotlivých dílčích programů a bylo jisté, že plní svou funkci tak jak bylo zamýšleno, bylo na řadě implementovat tyto podprogramy do jednoho většího celku, který by svým provedením zastřešoval celý model pojezdových vrat.

Jako podklad pro hlavní software brány posloužil původně navržený program pro získání vstupu z klávesnice. Jedná se o konstrukci, obsahující hlavní smyčku, která čeká na zadání vstupu od uživatele. Obsahuje tedy celkem čtyři podprogramy, kde tři z nich slouží pro čtení vstupu z klávesnice a čtvrtým podprogramem je ověření, zda bylo heslo zadáno správně. Z důvodu uživatelského komfortu byla přidána funkce pro mazání zadaných znaků a možnost odeslat kód ke kontrole až po stisku klávesy „#“, která jak již bylo řečeno, simuluje funkci klávesy Enter. Tento program se tedy stal základní konstrukcí celého programového vybavení brány, protože nebyť správně zadaného hesla, brána by se nikdy nemohla otevřít, tudíž bylo vhodné začít tímto programem.

Pro účely zadávání hesla je potřeba mít implementován kus kódu, který by obnovoval informace na displej, aby se uživatel dozvěděl, v jakém stavu se brána nachází. K tomu posloužil předem připravený program pro obsluhu LCD displeje. V hlavním programu to znamenalo přidat další podprogram, který by aktualizoval data na LCD displeji pokaždé, kdy dojde k průchodu cyklu pro čtení vstupu z klávesnice. Nyní je program ve stavu, kdy dokáže číst vstup od uživatele a zobrazovat stav brány na displeji.

Dále je potřeba, aby systém dokázal zareagovat na uživatelův pokyn patřičnou reakcí, tedy bylo na řadě implementovat program, jež ovládá motor v závislosti na tom v jakém stavu se nachází. Konkrétně se tedy přidal předpřipravený podprogram, který po splnění podmínky pro otevření (správně zadané vstupní heslo) uvede motor do pohybu a společně s ním rozbliká signalizační maják. Tento program už se neprochází neustále ve smyčce, jako je tomu například u programu, který čte vstup od uživatele. K vyvolání tohoto podprogramu dojde jen při splnění zadaných podmínek a nelze ho vyvolat, dokud brána opět nebude zavřena, tedy dokud koncový senzor nehlásí, že je brána zavřena celá a smyčka začíná znovu. Po otevření brány dochází k vypnutí blikání a zastavení chodu motoru. Celý systém je nastavený tak, že se neustále dotazuje, zda už bylo dosaženo koncového senzoru, který by dal mikropočítači informaci o tom, že došlo k otevření. Program brány tedy nemá informaci o tom, v jakém stavu se motor nachází, protože zpětnou vazbu mu poskytují pouze koncové senzory signalizující koncové polohy brány (otevřeno/zavřeno). Pokud se zrovna brána nenachází v koncových polohách, motor běží, ale kde se brána nachází už program není

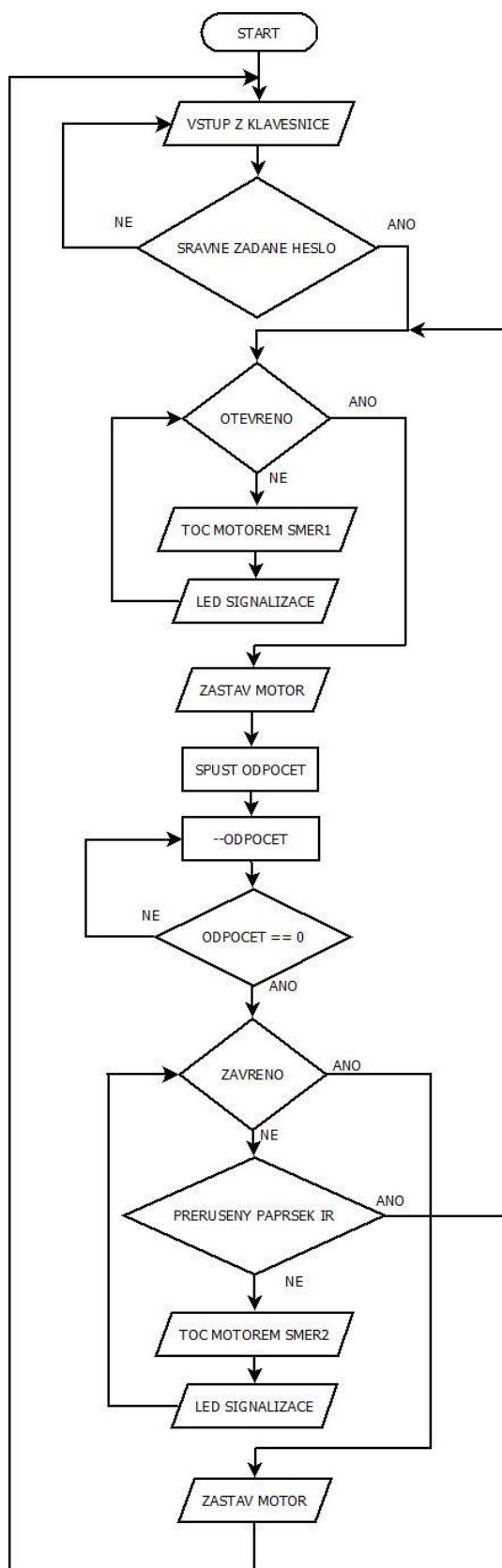
schopen identifikovat. Při otevření brány tedy dojde ke skoku do podprogramu, ve kterém je čekací smyčka společně s běžícím odpočtem časového intervalu a dotazovací rutina, kde je zjišťováno, zda si uživatel nepřeje uzavřít bránu dříve, tedy je zjišťován stav tlačítka nacházejícího se za branou.

V momentě kdy dojde k vydání pokynu pro uzavření brány je v kódu další podprogram, obstarávající zavírání brány, tedy reverzaci směru otáčení motoru. Tento program obsahuje smyčku, ve které se neustále kontroluje, zda nebyl přerušení paprsek infrazávory a tudíž porušení nejdůležitější podmínky pro pohyb motoru. Pokud dojde k přerušení infračervené závory, je motor nucen bránu opětovně otevřít a vyčkat dokud nebude možné ji bezpečně zavřít.

Veškeré programové vybavení brány musí zohledňovat tabulku zapojení, kde je přesně popsáno, kam je který konektor připojen. K programování celého systému automatické pojezdové brány je zapotřebí využít programovací jazyk, který zde obsažený mikropočítač podporuje.

Pro nahrání zkompilevaného řídicího programu je potřeba využít software, který je k tomuto účelu vytvořen. V mém případě se jednalo o program AND-Load.

Vývojový diagram řídicího programu je k vidění na obr. 4.8.



Obr. 4.8 – Vývojový diagram řídicího programu

Tab. 4.1 – Tabulka zapojení všech periférií

Porty	Číslo pinu	PIN	Funkce		
PORT B	1	B0		klávesnice	
	2	B1	tlačítka sloupec 1		
	3	B2	tlačítka sloupec 2		
	4	B3	tlačítka sloupec 3		
	5	B4	tlačítka řádek 1		
	6	B5	tlačítka řádek 2		
	7	B6	tlačítka řádek 3		
	8	B7	tlačítka řádek 4		
PORT D	14	D0		Driver	
	15	D1			
	16	D2	tlač.		Koncový senzor - zavřeno
	17	D3	tlač.		Koncový senzor - otevřeno
	18	D4	tlač.		Otevři/zavři vnitřek
	19	D5	PWM		
	20	D6	Směr - otevírání		
	21	D7	Směr - zavírání		
PORT C	22	C0	GND	Náhradní země (nedostatek GND pinů)	
	23	C1			
	24	C2			
	25	C3			
	26	C4	IR tlačítko	Tlačítko simulující přerušování IR paprsku	
	27	C5	LED maják	Maják signalizující pohyb křídla brány	
	28	C6	RS	LCD	
	29	C7	E		
PORT A	33	A7	D7	LCD	
	34	A6	D6		
	35	A5	D5		
	36	A4	D4		
	37	A3			
	38	A2			
	39	A1			
	40	A0	A/D převodník		IR přijímač - brána
+5V	0		Vref	A/D referenční hodnota napětí	
	1		L298N	Napájení	
	2				
	3				
	4				

5 ZHODNOCENÍ

Výukový model automatických pojezdových vrat je podle zadání řízen mikroprocesorem firmy Atmel, konkrétně typem ATmega32. Tento mikroprocesor je schopný zvládnout funkci řídicí jednotky automatické brány nebo automatických pojezdových dveří se všemi souvisejícími funkcemi jako je obsluha displeje, obsluha vstupů od uživatele a plnění všech bezpečnostních požadavků kladených na ochranu osob a majetku. Společně s deskou obsahující budič motoru, je možné řídit i aktorickou část automatických vrat bez nutnosti složitějšího zařízení.

Lze tedy říci, že v tomto případě se více vyplatí použít mikroprocesor ATmega32, místo použití například PLC automatu, který je ve vyšší cenové kategorii a pro účely řízení automatické brány se všemi jejími periferiemi poskytuje tento mikroprocesor dostatečné množství vstupů/výstupů, obvodů pro zpracování analogového signálu, generátoru pulzů atd. a zároveň neobsahuje zbytečně redundantní množství dalších obvodů, které nejsou pro funkci automatické brány potřeba.

Pro přidávání dalších funkcí do modelu je potřeba připsat příslušný kód do již vytvořeného programu v PC, který je následně zkompileován a nahrán do řídicí jednotky automatické pojezdové brány.

6 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit výukový model automatických pojezdových vrat, ovládaných procesory firmy Atmel ATmega32. Model společně se svým programovým vybavením věrně kopíruje reálné chování automatických pojezdových vrat.

Tato práce mi pomohla rozšířit mé znalosti v oblasti ovládání fyzických zařízení za pomoci mikropočítače a jeho naprogramování. S mikroprocesorem ATmega32 jsem již měl znalosti z výuky a proto se mi při programování pracovalo dobře a rychle. Novinkou pro mě bylo použití A/D převodníku a programování správné funkce maticové klávesnice.

Největším problémem při zprovoznování celého modelu byla absence zkušeností se sestavováním fyzických modelů reprezentujících skutečný objekt, tudíž při stavbě modelu došlo ke spoustě kompromisů jako například v případě vodících koleček a vodící lišty. Došlo k jejich nahrazení vodícím plechem ve tvaru písmene „C“.

Mnou vytvořený model brány by mohl být předlohou pro skutečnou bránu, kterou by bylo možné po mírných úpravách reálně využívat.

LITERATURA

- Amazon.com: Pitsco TETRIX Continuous Rotation Servo: Industrial & Scientific. 2016. [online]. Seattle: Amazon. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.amazon.com/Pitsco-TETRIX-Continuous-Rotation-Servo/dp/B0085YY2T8>.
- ATmega32. 2011. [online]. Datasheet: Atmel Corporation [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>.
- Automatické brány Čeljabinsk: Vorota24.com – prodejce výrobků DoorHan. 2016. [online]. Čeljabinsk: Gate 24, 2016 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://vorota24.com/>.
- CCP Modules: PIC Microcontrollers – Programming in Assembly. MikroElektronika: Development tools, Compilers, Books. 2016. [online]. Bělehrad. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://learn.mikroe.com/ebooks/picmicrocontrollersprogramminginassembly/chapter/ccp-modules/>.
- Cena pojzdové posuvné brány pro rok 2016: Svarmont-kovo. Svarmont-kovo. 2016. [online]. Plzeň. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.svarmont-kovo.cz/cs/cena-pojzdove-posuvne-brany-pro-rok-2016.html>.
- Cena samonosné posuvné brány pro rok 2016: Svarmont-kovo. Svarmont-kovo. 2016. [online]. Plzeň. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.svarmont-kovo.cz/cs/cena-samososne-posuvne-brany-pro-rok-2016.html>.
- Dual full-bridge driver. 2000. [online]. Datasheet: STMicroelectronics. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf.
- Enika. 2016. [online]. Praha. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.enika.cz/>.
- EvB 5.1 v5: Uživatelská příručka. 2011. [online]. Datasheet: And-Tech. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://and-tech.pl/wp-content/uploads/downloads/2013/05/Manual-EvB5.1-v1-eng.pdf>.
- FindParts.in: atmega32. FindParts.in. 2016. [online]. Nové Dillí. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://findparts.in/search/atmega32>.
- KB304 12KEY BLACK: GM electronic. GM electronic, spol. s r. o. 2016. [online]. Praha. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/kb304-12key-black-p637-002>.
- Monolithic bridge drivers. 2016. [online]. Datasheet: SGS-THOMSON Microelectronics. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/application_note/CD00003776.pdf.
- Motor controller: H-Bridge: bOtskOOl. BOtskOOl. 2016. [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.botskool.com/tutorials/electronics/general-electronics/motor-controller-h-bridge>.
- OSRB38C9AA: ecom.cz. Ecom.cz. 2016 [online]. České Meziříčí. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.ecom.cz/osrb38c9aa/>.
- OSRB38C9AA: Infrared Receiver Module. 2016. [online]. Datasheet: OptoSupply. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.optosupply.com/UploadFile/PDF/osrb38c9aa.pdf>.
- Radiocomponents. 2016. [online]. Kyjev. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://radiocom.dn.ua/>.

TopVrata.cz: eshop HORMANN LOCINOX ROLLING CENTER. 2014. [online]. Praha.
[cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://eshop.topvrata.cz/>.

PŘÍLOHY

A – CD

Příloha k bakalářské práci
Návrh a realizace výukového modelu
Automatické pojezdové dveře
Radek Řeháček

CD

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Úplný zdrojový kód zkonstruovaného modelu automatických pojezdových vrat
- 3 Schémata a návrh desek plošných spojů optické závory a budiče motoru
- 4 Tabulka zapojení periférií