

# Model robotického vozidla řízený mikropočítačem

Michal Žampach

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Žampach**  
Osobní číslo: **A11183**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Model robotického vozidla řízený mikropočítačem**

Téma anglicky: **A Model of a Robotic Rover with a Microcontroller**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte a popište principy a využití mobilních robotů.
2. Zvolte koncepci mobilního robota vhodného pro demonstraci principů detekce překážek v podmínkách výukové místnosti.
3. Vytvořte model mobilního robota zvolené koncepce.
4. Sestavte a odladte programové vybavení pro řídicí mikropočítač umožňující robotu vyhýbat se překážkám.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. BARR, Michael a Anthony J MASSA. Programming embedded systems. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006, xxi, 301 s. ISBN 978-0-596-00983-0.
2. CATSOULIS, John. Designing Embedded Hardware. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005. ISBN 978-0-596-00755-3.
3. MCROBERTS, Michael. Beginning Arduino. New York: Apress, 2010. ISBN 978-143-0232-414.
4. NOVÁK, Petr. Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení, Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN/EAN 80-7300-141-1 / 9788073001414.
5. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Dolinay, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

**6. března 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**22. května 2015**

Ve Zlíně dne 6. března 2015



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*

L.S.

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*ředitel ústavu*


### Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 20.5.2016

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je vytvořit robotické vozidlo řízené mikropočítačem s funkcemi pro vyhýbání překážek a dálkovým ovládním některých funkcí. Vyhýbání se překážkám je řešeno pomocí mikropínačů, ultrazvukového a dvou infračervených senzorů. Náplní je popis konstrukce a samotná realizace vozidla včetně programování řídicího mikropočítače. V rámci práce byl vytvořen model robota poháněný dvěma elektromotory, řízený vývojovou deskou Arduino. Robot je osazen senzory pro detekci překážek a infračerveným přijímačem pro možnost dálkového ovládní.

Klíčová slova: Arduino, mikropočítač, senzory, robot

## **ABSTRACT**

The goal of this bachelor thesis is to create a mobile robot controlled by microcontroller with avoiding obstacles functions and remote control some of the functions. Avoiding obstacles is solved by microswitches, ultrasonic sensor and two infrared sensors. Thesis describes rover realization including programming microcontroller. As a part of this thesis a model robot driven by two electromotors. Robot is equipped with sensors for avoiding obstacles and infrared receiver for remote control.

Keywords: Arduino, microcontroller, sensors, robot

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D., za rady a připomínky, které mi dával během konzultací, a pomohly mi ke zdárnému vypracování celé práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

*„...létat je umění, nebo spíš fígl. Ten fígl spočívá v tom,  
že se naučíš praštit sebou o zem a netrefit se.“*

Douglas Adams

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 ROBOT</b> .....	<b>11</b>
1.1 DĚLENÍ ROBOTŮ .....	11
1.1.1 Rozdělení robotů dle systému řízení .....	12
1.2 ROBOTI S KOLOVÝM PODVOZKEM .....	12
1.2.1 Diferenciální podvozek .....	13
<b>2 MIKROPOČÍTAČ</b> .....	<b>14</b>
2.1 ZAPOJENÍ POČÍTAČE .....	14
2.1.1 Paměť programu.....	14
2.1.2 Paměť dat .....	15
2.1.3 Periferní obvody.....	15
2.2 VÝVOJOVÉ DESKY S MIKROPOČÍTAČI.....	15
2.3 PLATFORMA ARDUINO .....	16
2.3.1 Modely Arduino .....	17
2.3.1.1 Popis Arduino Mega 2560.....	19
2.3.2 Vývojové prostředí Arduino .....	20
<b>3 POHONNÉ JEDNOTKY</b> .....	<b>22</b>
3.1 STEJNOSMĚRNÉ MOTORY .....	22
3.2 KROKOVÉ MOTORY .....	23
3.3 SERVOMOTORY .....	23
<b>4 SENZORY</b> .....	<b>24</b>
4.1 TAKTILNÍ SENZORY .....	24
4.2 INFRAČERVENÉ SENZORY .....	24
4.3 ULTRAZVUKOVÉ SENZORY .....	25
<b>5 BEZDRÁTOVÉ OVLÁDÁNÍ POMOCÍ IR ZÁŘENÍ</b> .....	<b>27</b>
5.1 ZDROJE RUŠENÍ .....	28
5.1.1 Optické zdroje rušení .....	28
5.1.2 Modulace IR záření .....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>29</b>
<b>6 KONSTRUKCE ROBOTA</b> .....	<b>30</b>
6.1 ZAPOJENÍ KOMPONENT .....	32
6.1.1 Stavba robota.....	35
6.2 POHONNÝ SYSTÉM ROBOTA.....	38
6.2.1 Ovládání motorů – můstek L298N.....	39
6.2.2 Stabilizační bod robota.....	40
6.3 SENZORY ROBOTA .....	40
6.3.1 Ultrazvukový senzor HC-SR04.....	41
6.3.2 Infračervený senzor E18-D50NK .....	41
6.4 BEZDRÁTOVÉ OVLÁDÁNÍ ROBOTA.....	41
6.4.1 Přijímač HS0038 .....	41

6.4.2	Vysílač Creative RM820 .....	42
<b>7</b>	<b>PROGRAMOVÁ ČÁST ROBOTA .....</b>	<b>43</b>
7.1	VÝVOJOVÝ DIAGRAM .....	43
7.2	POPIS FUNKCÍ .....	44
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>47</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>48</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>50</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>54</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>55</b>

## ÚVOD

V dnešní době se s přístroji řízenými mikropočítači střetáváme takřka na každém kroku. Stejně tak slovo robot známe už nějakou dobu. Vždyť název dokonce pochází z našich krajů. Karel Čapek zmínil poprvé slovo robot ve své divadelní hře R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti). Kde robota prezentoval jako uměle vytvořenou bytost, schopnou samostatného rozhodování a jednání. Tento robot měl být jakýmsi otrokem a ve své podstatě usnadňovat práci lidem. Záměr usnadnění práce zůstává dodnes, i když v drtivé většině případů lidsky nevypadají, zatím.

Současně se roboti používají snad všude, kde je to jen možné. Například domácí vysavače a čističe bazénů jsou běžné. Častěji jsou použity v průmyslové výrobě, kdy roboti díky své přesnosti v podstatě nahradili lidský faktor. Na silnicích dnes jezdí nespočet aut vybavených systémy na kontrolu okolního prostředí vozidla a zvyšují tak bezpečnost provozu. Existují i koncepty robotů, kteří by měli nahradit dělníky při výstavbě výškových budov, kde je vysoké riziko újm na zdraví.

Bakalářská práce popisuje návrh robota, který se bude v první řadě autonomně vyhýbat překážkám v prostředí výukové místnosti. To znamená, že se bude snažit detekovat případné překážky pomocí senzorů, reagovat na ně a zabránit tak střetům s nimi. V druhé řadě bude možné ovládat některé funkce robota pomocí infračerveného dálkového ovladače.

Teoretická část práce popisuje roboty jako takové a jejich rozdělení podle různých kritérií, popis senzorů a komponent využitých při konstrukci.

Praktická část dokumentuje konstrukci samotného robota, jeho charakteristiku, průběh stavby, využití komponenty a jejich umístění. Po konstrukční části přichází programová část, kde je popis vykonávaného programu doplněn o vývojový diagram a popis samotných funkcí prováděných robotem.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ROBOT

Mnoho lidí si pod slovem robot představí mechanického humanoida schopného vlastního rozhodování. Podobně si ho představoval i Karel Čapek ve své divadelní hře R.U.R. a slovo robot se tak stalo světově známým a dnes hojně používaným.

Jestli bychom hledali přesné vyjádření či definici slova robot, mohli bychom například narazit výraz ze slovníku cizích slov:

*„Zařízení automaticky reagující na podněty okolí a současně na toto okolí zpětně působící“ [1]*

### 1.1 Dělení robotů

Roboty můžeme dělit do několika kategorií. Podle jejich účelu, schopností nebo i podle jejich konstrukčních proporcí. Jestliže je budeme dělit podle konstrukce, můžeme dostat dvě základní odvětví:

- Stacionární roboty
- Mobilní roboty

Přičemž první skupina, jak už název napovídá, je skupinou, kdy nejsou roboti schopni se sami přemísťovat. Druhou skupinou jsou konstrukce robotů, které jim dovolují pohybovat se vlastní silou. [2]

Mobilní roboty pak můžeme dělit do dalších podkategorií:

- Létající roboty
- Pod/vodní roboty
- Pozemní roboty

Jestliže půjdeme ještě dál, můžeme rozdělit pozemní roboty na další kategorie podle způsobu, jakým se po zemi pohybují:

- Kráčející roboty
- Roboty s kolovým podvozkem [2]

Tato práce se konkrétně zaměřuje na roboty s kolovým podvozkem.

### 1.1.1 Rozdělení robotů dle systému řízení

Rozdělíme-li roboty dle systému řízení, dostaneme tři kategorie:

- Autonomní roboty
- Roboty řízené operátorem
- Kombinované řízení

Autonomní řízení je nejpokročilejší, ale i nejnáročnější způsob, jak řídit roboty. Autonomní roboti jsou pak schopni provádět činnosti zcela samostatně bez nutnosti vnějšího zásahu. Když si vezmeme typ mobilního robota s autonomním řízením a použijeme senzory, může se pak takový robot orientovat a dynamicky rozhodovat v závislosti na okolí. Druhou a též nejběžnější skupinou robotů jsou roboti řízení operátorem. Tito roboti jsou většinou využíváni například při manipulaci s těžkým nákladem nebo jako chirurgičtí roboti, kde je kladen důraz na přesnost. Poslední kategorií jsou kombinovaně řízení roboti, kde se kombinuje autonomnost s roboty řízené operátorem. V současnosti nejefektivnější způsob řízení robotů. Tento typ používají například vesmírné sondy. [2]

## 1.2 Roboti s kolovým podvozkem

Nejrozšířenější skupinou mobilních robotů jsou roboti s kolovým podvozkem. Kola podvozku mohou být buď vlečná, nebo poháněná, například motorem. Kol máme několik typů – standartní, všesměrové, Weisnerovy, článkové atd. Společným kritériem kol je počet stupňů volnosti při jejich pohybu. Obvykle používaná jich mají jeden nebo dva. Jeden stupeň volnosti mají kola, která se odvalují po povrchu podél své osy (hřídele). Kola s více stupni volnosti se pohybují kolem dvou os, které mohou být rovnoběžné s povrchem nebo jedna osa rovnoběžná a druhá kolmá – například přední kolo u auta. [3]

Počet kol dělí roboty do několika kategorií:

- jednokolové
- dvoukolové
- tříkolové
- čtyřkolové
- šestikolové
- osmikolové
- zvláštní konstrukce

Kategorie tříkolového podvozku je nejjednodušším typem podvozku, kdy jsou využívána dvě diferenčně řízená kola a jedno otočné kolo (Obrázek 1). [3]

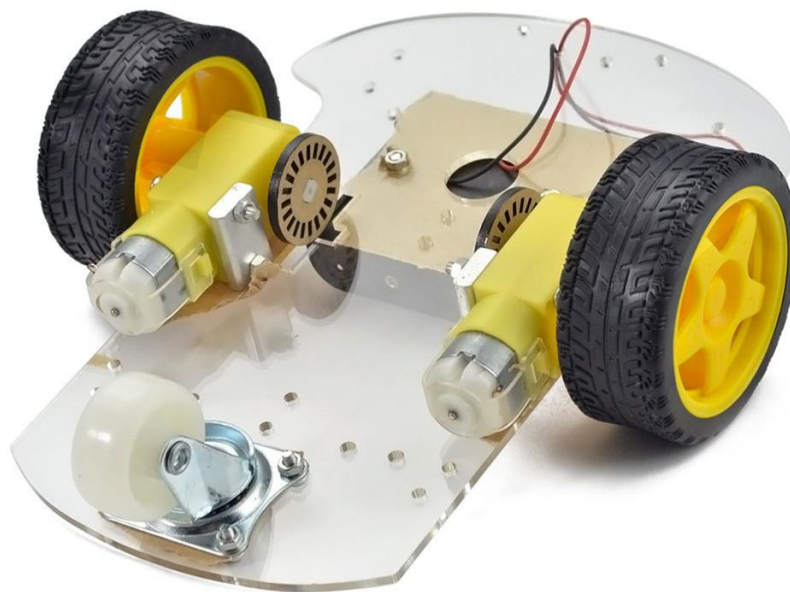
Ve své práci používám tříkolové konstrukce s diferenčně řízenými koly. Další část práce tuto konstrukci popisuje.

### 1.2.1 Diferenciální podvozek

Jak už bylo zmíněno výše, jedná se o nejjednodušší a robustní typ podvozku. Nejčastěji se používá u robotů menších rozměrů s aplikací ve vnitřních prostorách budov. Podvozek pohání dvě na sobě nezávislá kola, díky kterým robot může jet dopředu a dozadu. Diferenciálně podvozek nazýváme, protože změna směru pohybu robota je závislá na změně rychlosti otáčení těchto dvou kol. Pro stabilitu celého podvozku pak slouží třetí kolečko s jedním nebo více stupni volnosti. Kolečko může být nahrazeno i vlečným hrotem s kulatou špičkou. Pro pohon dvou hlavních kol jsou nejběžněji použity stejnosměrné nebo krokové motory. [4]

Způsoby řízení diferenčního podvozku:

- Obě kola se otáčejí stejným směrem stejnou rychlostí – robot pojede rovně, dopředu či dozadu.
- Obě kola se otáčejí opačným směrem stejnou rychlostí – robot se bude otáčet kolem osy nápravy. Doprava či doleva.
- Obě kola se otáčejí stejným směrem rozdílnými rychlostmi – robot pojede po kružnici a zatáčet do směru ke kolu s menšími otáčkami. [4]



Obrázek 1 Diferenciální podvozek s opěrným kolečkem [11]

## 2 MIKROPOČÍTAČ

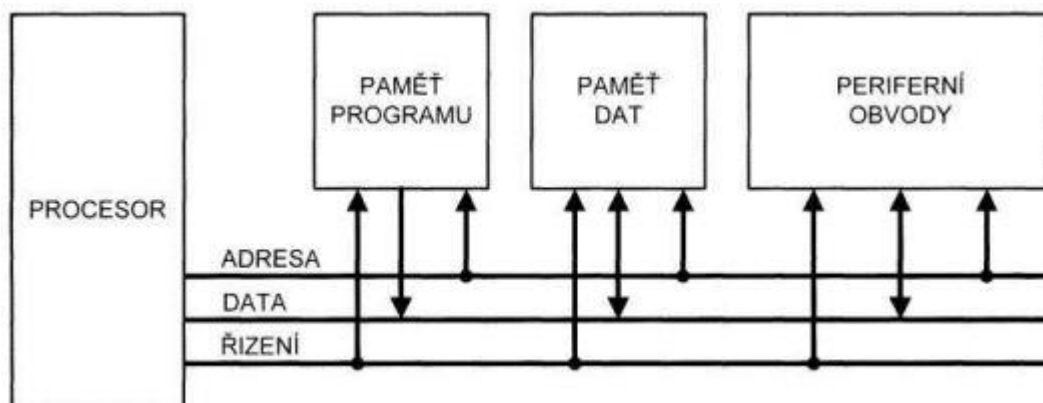
Počítač můžeme rozdělit na několik základních částí:

- Procesor
- paměť programu
- paměť dat
- periferní obvody

Periferní obvody jsou velmi rozsáhlou skupinou a jejich složení se odvíjí od aplikace počítače. Vždy však najdeme vstupní a výstupní obvody, které umožní spojení počítače s vnějším prostředím. [5]

### 2.1 Zapojení počítače

Vzájemné propojení základních částí počítače je umožněno soustavou sběrnic (Obrázek 2). Sběrnice mají tu výhodu, že umožňují rozšiřování počítače o další jednotky, beze změn v zapojení předešlých jednotek. Nevýhodou sběrnic je to, že v kterémkoliv okamžiku na ni může být připojen pouze jeden zdroj dat. Činnost sběrnic je vždy řízena jen jednou z jednotek – obvykle je to procesor. [5]



Obrázek 2 Zjednodušené schéma počítače [5]

#### 2.1.1 Paměť programu

Paměť programu obsahuje instrukce, které slouží k provádění požadované činnosti počítače. Může obsahovat i konstanty a neměnné tabulky, používané v programu. V případě, že je obsah paměti programu pro konkrétní aplikaci neměnný, bývá pak bezpečně uložen v paměti ROM (EPROM, EEPROM, FLASH). V jiném případě se programy často potřebují

měnit. Pak musí být programová paměť typu RAM. V takovém případě je pak mikropočítač vybavený ještě o paměť typu ROM, která slouží jako spouštěč programu hned po zapnutí mikropočítače. Tohle řešení je nutné z důvodu náhodného obsahu v paměti RAM. Program v paměti ROM vyvolá čtení z programové paměti RAM a ten následně přebírá řízení počítače. [5]

### 2.1.2 Paměť dat

Paměť dat je typu RAM zprostředkovává dočasné uložení dat, jako jsou hodnoty ze vstupních obvodů, uložení mezivýsledku výpočtu apod. V případě, že i programová paměť je typu RAM, mohou být řešeny jednou sdílenou paměťovou jednotkou. [5]

### 2.1.3 Periferní obvody

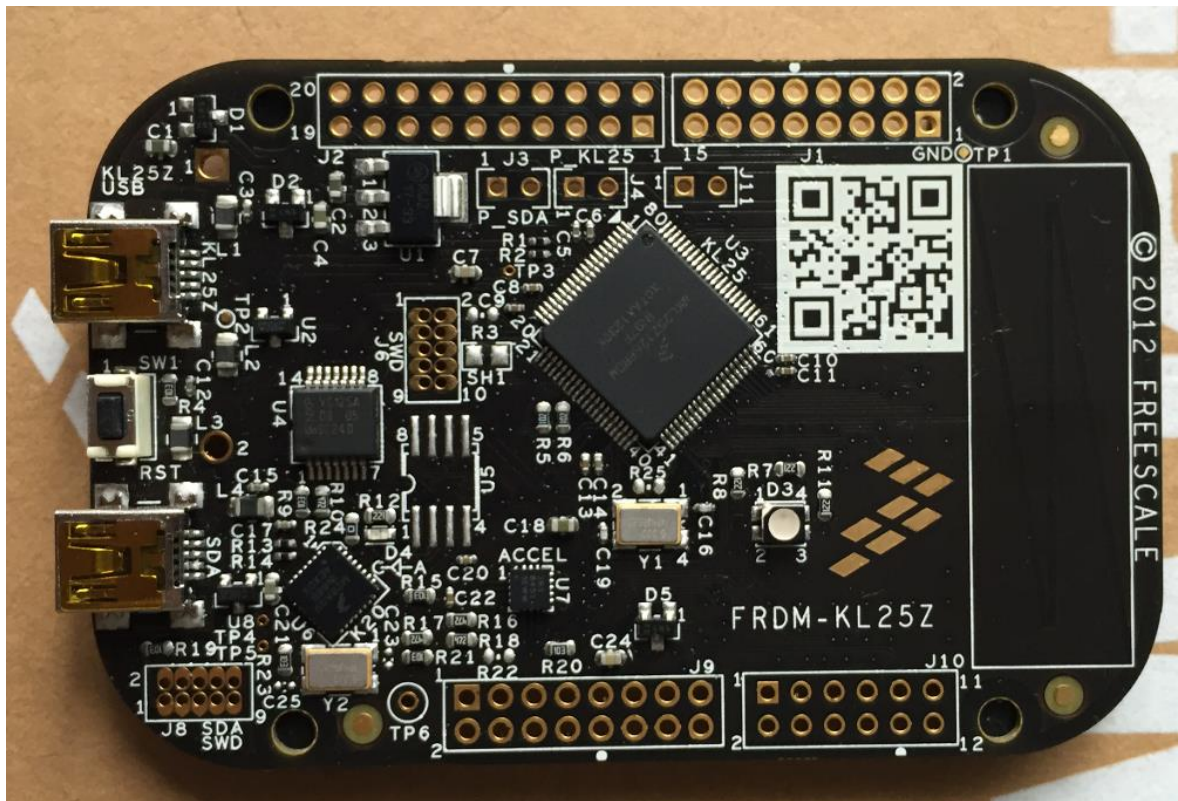
Vstupní a výstupní obvody, anglicky značené Input/Output, dávají počítači možnost komunikace s vnějším prostředím. Většinou obsahují větší počet připojovaných míst – portů. Porty mohou být paralelní nebo sériové. Paralelní přenos znamená, že se čte nebo zapisuje najednou celá skupina signálů – nejčastěji 8bitové slovo. Naopak při sériovém přenosu se data přenášejí postupně bit po bitu. Když si tyto přenosy porovnáme, tak paralelní přenos je mnohem rychlejší než sériový, na druhou stranu sériový přenos potřebuje nižší počet signálových vodičů. [5]

## 2.2 Vývojové desky s mikropočítači

Strukturu počítače, kterou jsme si zde popsali, můžeme považovat za obecnou pro počítače. Avšak technologické pokroky, zejména integrovaných obvodů, umožnily takové zmenšení rozměrů, až dosáhli jediného integrovaného obvodu. Zde nám vzniká pojem mikropočítače a mikroprocesor. Předpona „mikro“ představuje fyzické rozměry obvodů bez omezení na původní funkčnosti. Navíc, takové sjednocení umožnilo vývoj velmi složitých architektur s vysokým výpočetním výkonem a velkou rozmanitostí funkcí. Umístění obvodů na jednom čipu umožňuje zkrátit spoje a tím i zpoždění signálu. [5]

Chceme-li si vyzkoušet, jaké to je programovat mikropočítač, máme k tomu hned několik možností, například: Arduino, BeagleBone nebo Raspberry Pi. Jsou to mikropočítače, respektive vývojové desky s mikropočítači, které nejsou nijak složité, a jejich programování je poměrně jednoduché. Tímto vzniká výhoda, kdy se na internetu dá nalézt nespočet článků a projektů věnovaných právě těmto mikropočítačům.

Někteří výrobci vybavují své vývojové desky i o akcelerometr, dotykovou plochu a RGB diodu. Na obrázku níže je konkrétně model Freescale FRDM-KL25Z (Obrázek 3).



Obrázek 3 Freescale FRDM-KL25Z

### 2.3 Platforma Arduino

Platforma Arduino je souhrn vývojové desky, knihoven a vývojového prostředí pro programování konkrétní desky. Arduino je výrobce vývojových desek, taktéž poskytuje vlastní vývojové prostředí a knihovny pro usnadnění programování.

Vývojové desky Arduino jsou standardně vybaveny analogovými a digitálními I/O piny. Některé z nich s možností PWM. Jádrem všech vývojových desek Arduino jsou mikropočítače Atmel.

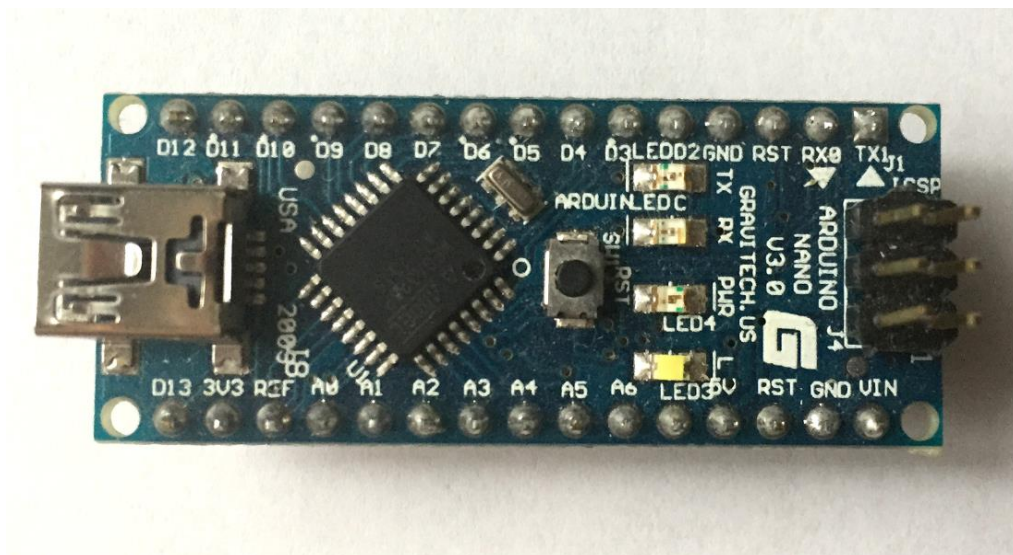
Návodů jak je programovat jsou spousta. Na internetu najdete celé kompletní projekty různých robotů i jiných vynálezů. Nalézt se dají i publikace a knihy na toto téma. Díky jejich rozšířenosti existují i celé řady modulů, které se k Arduino dají připojit pomocí analogových a digitálních I/O pinů. Jsou to například senzory, diody, kamery, displeje, nebo také rozšiřující desky (Shield) poskytující další funkce - čtečky SD karet, připojení Ethernet, Wi-Fi modul a spousta dalších.

### 2.3.1 Modely Arduino

Arduino produkuje hned několik modelů a jejich počet stále přibývá. Tři neznámější modely dle velikosti to jsou: Arduino Nano, Arduino Uno a Arduino Mega 2560. Liší se především svou velikostí, počtem použitelných I/O pinů a velikostí uživatelem využitelné paměti pro nahrání programu, který bude mikropočítač vykonávat. [6]

- Arduino Nano je velmi malé. Svými rozměry připomíná USB Flash disk. Osobně jsem ho používal na testování jednotlivých součástek, které jsem ve finále kompletoval ve své práci. Jeho velikost však omezuje počet použitých pinů, ke kterým se dají připojit jednotlivé součástky. Více pinů by se na něj už opravdu nevlezlo. Na druhou stranu, stejný počet pinů má i podstatně větší Arduino Uno, takže tímto směrem ochuzení nejsme.

Nano poskytuje 14 digitálních I/O pinů, z toho 6 z nich umožňuje PWM výstup. Analogových pinů najdeme pouze 8. Konkrétní délka je 45mm a šířka pouhých 18mm. Uživateli poskytuje 16 nebo 32 KB Flash paměti, záleží na typu použitého mikropočítače – Atmel ATmega169 nebo ATmega328 (Obrázek 4). [6]



Obrázek 4 Arduino Nano s ATmega328

- Arduino Uno je střední velikosti (Obrázek 5). Svými rozměry si jej oblíbili výrobci různých rozšiřujících desek (Shieldů), které se na něj dají přesně nasadit.

Rozměry jsou 68,6mm délky a 53,4mm šířky. Vybaveno je 14 digitálními I/O piny, z toho 6 z nich poskytuje PWM výstup. Analogových pinů najdeme 8. ATmega328 nám poskytne 32 KB Flash paměti pro uchování programu. [6]



Obrázek 5 Arduino Uno [6]

- Arduino Mega 2560 (Obrázek 6) patří mezi ty větší. Celkem disponuje 54 digitálními I/O piny (z toho 15 s PWM výstupem) a 16 analogovými piny. Z toho vyplývá, že Arduino Mega 2560 je určené pro větší projekty, při kterých se používá více externích zařízení připojených k mikropočítači.

Při návrhu a realizaci této bakalářské práce jsem zvolil právě Arduino Mega 2560 a rozeberu ho podrobněji v následující kapitole.



Obrázek 6 Arduino Mega 2560

Vývojová deska Arduino Mega 2560 je založena na mikropočítači Atmel ATmega2560. Pro svou práci jsem jej zvolil, protože nabízí velký počet pinů, ať už digitálních, tak analogových a já se nemusel obávat, že by sem s nimi nevystačil.

### 2.3.1.1 Popis Arduino Mega 2560

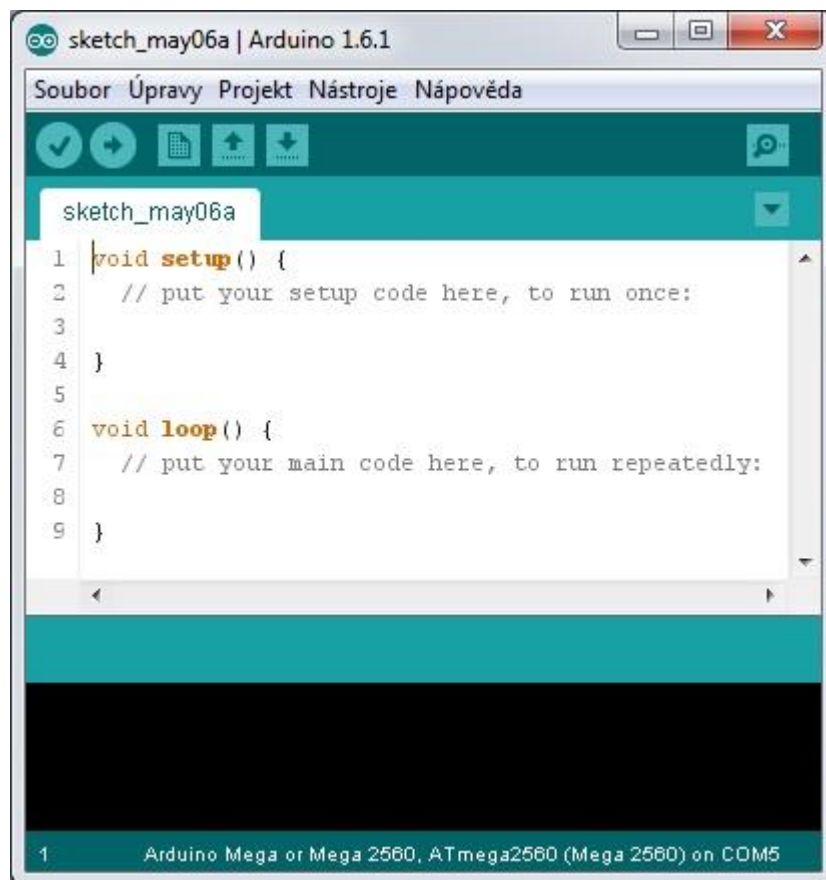
- Mikropočítač
  - Atmel ATmega2560
  - 256 KB Flash paměti (z toho 8 KB slouží pro bootloader)
  - 8 KB SRAM
  - 4 KB EEPROM
- Digitální I/O piny
  - Celkový počet 54 pinů, z toho:
    - 8 pro sériovou linku:
      - RX – 0, 15, 17, 19
      - TX – 1, 14, 16, 18
    - Externí přerušení – 2, 3, 18, 19, 20, 21
    - 15 PWM pinů - 2 až 13, 44, 45, 46
    - SPI rozhraní – 50, 51, 52, 53
    - I2C rozhraní – 20 (SDA), 21 (SCL)
- Analogové input piny
  - Celkový počet 16 pinů
- Napájení
  - USB – 5V
  - Externím zdrojem (doporučeně 7 – 12 voltů)

Arduino nahrává do paměti mikropočítače Atmel ATmega2560 bootloader, který do něj umožňuje nahrát nový programový kód. To z Arduino Mega 2560 (i ostatních modelů) dělá velmi rychle použitelný mikropočítač. [6]

### 2.3.2 Vývojové prostředí Arduino

Arduino má i své vlastní vývojové prostředí, které je zcela zdarma. Neoplývá sice funkcemi, na které bychom mohli být zvyklí z jiných vývojových prostředí. Na oplátku je ale velmi jednoduché a přehledné.

Jmenuje se Arduino IDE (Integrated Development Environment) a současná verze je 1.6.3. Je to to nejjednodušší prostředí, se kterým se dá Arduino programovat. Samotné prostředí je rozděleno do 4 částí: v horní části je to hlavní menu vývojového prostředí, pod ním se nachází panel nástrojů, následuje největší část, kde má uživatel možnost zapisovat svůj kód a ve spodní části je to okno pro výpis zpráv (nejčastěji zde budete sledovat výpis přenosu dat do mikropočítače nebo chybových hlášení kompilátoru). (Obrázek 7) [7]



Obrázek 7 Vývojové prostředí Arduino IDE

V hlavním menu vývojového prostředí jsou položky běžně známé z jiných vývojových prostředí, či editorů.

Pod hlavním menu je panel nástrojů, který uživateli dává přístup k běžně používaným funkcím (Obrázek 8). Vezmu-li to popořadě zleva, tak první máme tlačítko pro ověření (zkompilování) programu. Další na řadě je funkce nahrát kód do vývojové desky. Následující tři tlačítka jsou pro vytvoření nového projektu, otevření dříve vytvořeného nebo uložení stávajícího projektu. Poslední tlačítko v podobě lupy představuje Sériový monitor.



Obrázek 8 Panel nástrojů v Arduino IDE

Sériový monitor je velmi užitečný nástroj. Umožňuje zobrazovat sériová data odesílaná z Arduina pomocí USB nebo sériové desky. Taktéž jím můžete posílat sériová data zpátky do Arduina. [7]

Arduino IDE je dostupné nejen pro operační systém Windows, ale též pro Mac OS X a Linux.

### 3 POHONNÉ JEDNOTKY

O pohon pozemních robotů s kolovým podvozkem se v největší míře starají motory elektrické, avšak najdeme i roboty, kteří využívají ke svému pohonu motory spalovací. Spalovací motory pro roboty dnes můžeme snadno sehnat například v profesionálních modelářstvích. Jsou však náročnější na údržbu jak elektrické.

V následující části práce rozeberu druhy elektrických motorů.

#### 3.1 Stejnosměrné motory

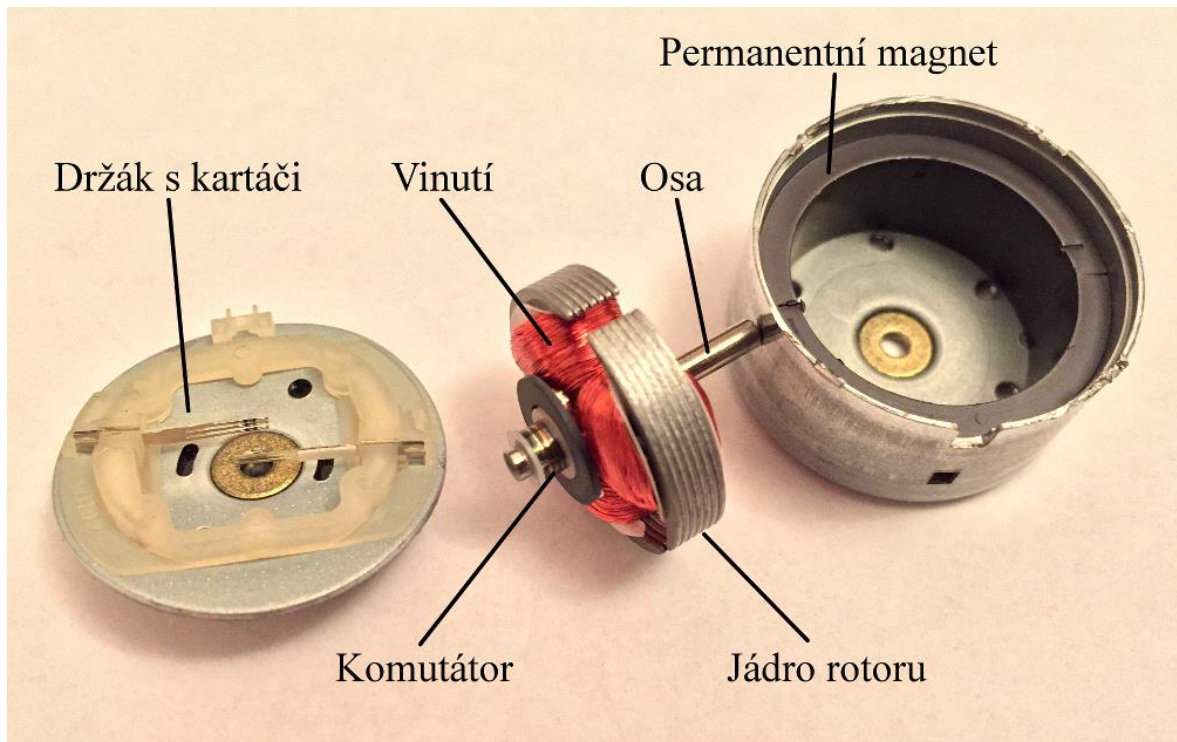
Stejnosměrné motory jsou dnes velmi rozšířené při stavbě robotů. Pro jejich volbu nahrává nízká cena, hmotnost a jejich řízení. Směr motoru se dá jednoduše změnit změnou polarity. Protikladem se můžou stát vysoké otáčky, které jsem někdy potřeba snížit. Ve své práci používám stejnosměrné motory s převodovkou, která otáčky snižuje.

Stejnosměrné motory se skládají z 3 hlavních částí:

- Stator
- Rotor
- Komutátor

Princip fungování stejnosměrného motoru je popsán v odstavci níže a je doplněn o obrázek (Obrázek 9).

Stator rotoru je tvořen permanentními magnety vytvářející magnetické pole. Uvnitř tohoto magnetického pole je umístěn rotor. Pokud se pootočí uhlíky z neutrální polohy, magnetické pole se začne deformovat a dochází k roztočení motoru. Motor je napájen stejnosměrným proudem, který se na rotor přenáší pomocí uhlíku na komutátor. Komutátor mění směr elektrického proudu a polaritu magnetického pole procházejícího kotvou dvakrát během každé otáčky. To způsobí, že síla působící na póly rotoru má stále stejný směr. Kotva je minimálně třípólová, aby nevznikal problém s mrtvým úhlem motoru. Rychlost motoru lze jednoduše regulovat změnou vstupního napětí. [9]



Obrázek 9 Složení stejnosměrného motoru

### 3.2 Krokové motory

Krokové motory jsou používány například v obráběcích CNC strojích nebo také tiskárnách. Pro jejich volbu nahrává možnost polohového řízení a při srovnání se stejnosměrnými motory také delší životnost. [4]

Krokový motor obsahuje rotor a stator. Rotor je tvořen permanentními magnety, které jsou uloženy na hřídeli motoru. Stator je tvořen soustavou cívek. Při průchodu proudem státorem se na cívkách vytváří magnetické pole, což přitahuje opačný pól rotoru. Takto rotující magnetické pole způsobuje otáčení rotoru. Otáčení motoru je omezeno kvůli přechodovým jevům magnetického pole na několik stovek kroků za sekundu v závislosti na konstrukci motoru. [4]

### 3.3 Servomotory

Servomotor je motor pro přesné natočení osy. Nejběžnější provedení je elektrické, ale můžeme se setkat i s hydraulickými, pneumatickými nebo i parními. Servomotor obsahuje převodovku s elektronikou, takže pro řízení nám postačí generovat pouze řídicí signál s různou šířkou ovládacích pulzů, které přímo odpovídají natočení osy. [4]

## 4 SENZORY

Senzory můžeme dělit do dvou tříd. První třídou jsou senzory měřící parametry robota. Druhou třídou jsou senzory měřící okolí robota. Můžeme je nazývat interní a externí. Důležité senzory, kterými by měl být vybaven každý robot, jsou ty, které slouží k diagnostice a navigaci robota [3]

Mezi nejjednodušší senzory pro detekci překážek můžeme zařadit senzory dotykové (taktilní), případně bezdotykové senzory (IR senzory a sonary). Jejich úkolem je zabránit kolizím robota s objekty v jeho okolí a případně udržet požadovanou vzdálenost robota od těchto objektů. [3]

### 4.1 Taktilní senzory

Jedná se o nejjednodušší provedení senzoru, například utvořené kontaktním spínačem. Dotykem s překážkou dojde k aktivování spínače. To způsobí sepnutí/rozepnutí elektrického obvodu a ke změně logické úrovně. Logické úrovně dovolují napojení vstupu přímo na přerušovací vstup daného mikroprocesoru, protože ten bývá většinou aktivní na úroveň logické 0, nebo týlovou hranu. [3]

### 4.2 Infračervené senzory

Infračervený (IR) senzor slouží k rozpoznávání překážek v blízkém okolí robota. Vzdálenosti detekce senzoru se pohybují v řádech desítek centimetrů. Infračervené senzory jsou citlivé v oblasti vlnových délek pod viditelným světlem, nejčastěji kolem vlnové délky 880nm. [3]

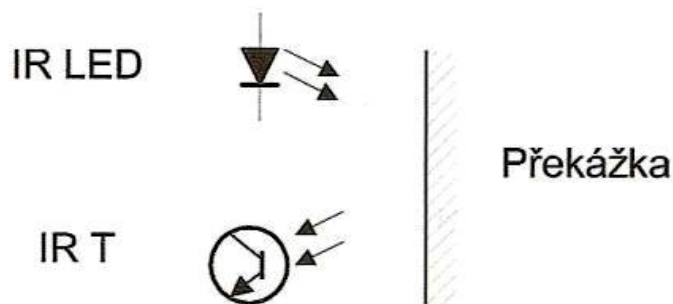
Principem infračerveného senzoru je zachycení infračerveného světla, které se od překážky odrazí. Toto světlo je vyzařováno infračervenou LED diodou. Přijímač bývá realizován pomocí fotorezistoru citlivého v infračervené oblasti, nebo infračervené fotocitlivé diody. Takový senzor poskytuje dvouhodnotový signál. Jedna hodnota, když detekuje odražený infračervený signál a druhá když signál nedetekuje. Jinými slovy řečeno. [3]

Při konstrukci robota v této práci jsou použity infračervené senzory E18-D50NK vybavené potenciometrem pro nastavení vzdálenosti detekce překážky – vzdálenost, kdy se změní logická 0 na logickou 1 (Obrázek 10). Nastavitelný dosah je 3 až 80 centimetrů.



Obrázek 10 Infračervené senzory E18-D50NK

Nevýhodou infračervených senzorů detekujících odražené IR světlo je, že množství odraženého světla je ovlivněno barvou překážky, druhem povrchu a z vlastní zkušenosti také na úhlu překážky vůči infračervené LED diodě. [3]

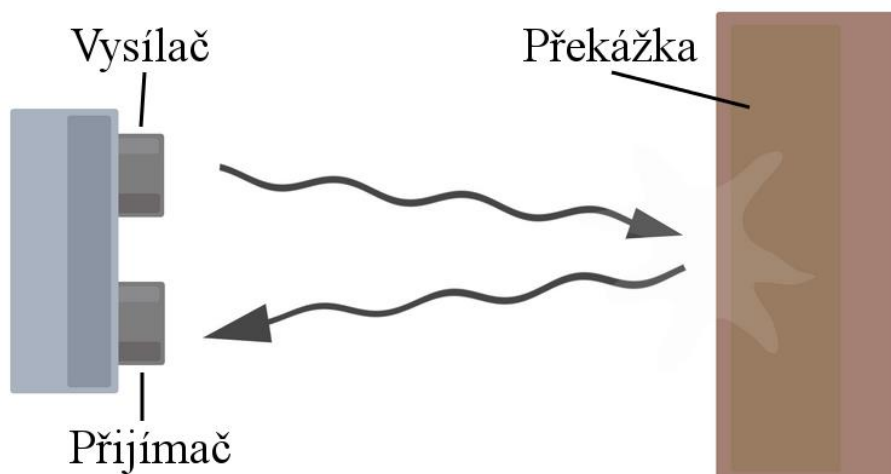


Obrázek 11 Princip detekce překážky IR senzorem [3]

### 4.3 Ultrazvukové senzory

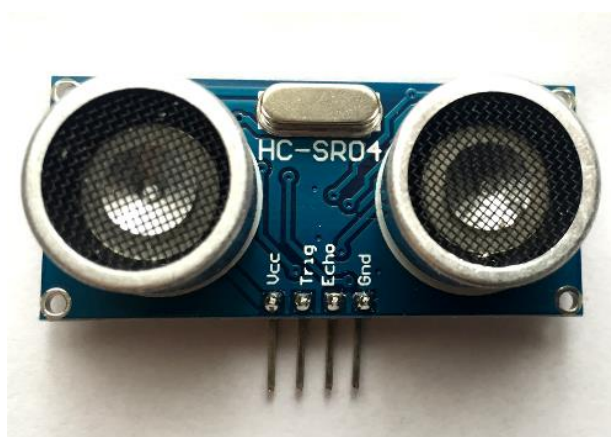
Zjištění vzdálenosti pomocí ultrazvukového senzoru je založeno na principu měření doby mezi vysláním ultrazvukového signálu a příjmem odraženého signálu zpět od překážky. Vyslaný ultrazvukový signál má nejběžněji frekvenci přes 40kHz. A i když je rychlost zvuku poměrně malá, lze dosáhnout velké přesnosti bez náročnějších požadavků na řídicí a vyhodnocovací obvody. Nevýhodou ultrazvukových senzorů patří velký rozptyl signálu - objekt tak nelze přesně zaměřit. A jelikož se zvuk přenáší vzduchem, nesmíme též opomenout vliv vlhkosti a teploty vzduchu, který ovlivňuje rychlost zvuku a ve výsledku nepřesnost měření vzdálenosti. [9]

Z vlastní zkušenosti mohu znovu říci, stejně jako u IR senzorů, že svou roli také hraje úhel naklonění překážky vůči senzoru, kdy se odražený signál nevrátí vůbec nebo se vrátí až odrazem dalšího objektu - překážky.



Obrázek 12 Princip detekce ultrazvukovým senzorem [10]

V této práci je použit ultrazvukový senzor HC-SR04 (Obrázek 13). Z testování jsem zjistil, že při napětí 5V můžeme měřit vzdálenost až do 1,6 metru. Existují možnosti jak dosah zvýšit, avšak pro tuto práci dosah 1,6 metru bohatě postačuje.



Obrázek 13 Ultrazvukový senzor HC-SR04

## 5 BEZDRÁTOVÉ OVLÁDÁNÍ POMOCÍ IR ZÁŘENÍ

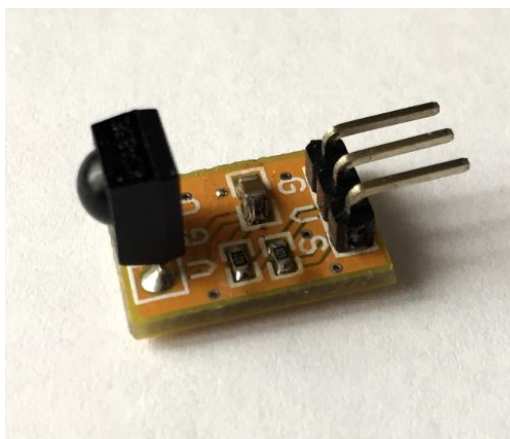
Při bezdrátovém infračerveném přenosu používáme dvou součástek. Elektrooptický převodník jako vysílač a optoelektrický převodník jako přijímač. Tyto dvě součástky spolu komunikují v pásmu 700 – 1600nm. [8]

Elektrooptický převodník – vysílač používá infračervené LED diody s vlnovou délkou 875nm s povolenou tolerancí  $\pm 30$ nm. Pro příjem se na straně optoelektrického převodníku – přijímače používají PIN diody. Ty fungují tak, že při dopadu světla na diodu dochází k vyzáření elektronů. Tyto elektrony jsou odváděny do elektrického filtru, přes který se propustí jen frekvence podle příslušné IrDA modulace. [8]

Při realizaci svého robota jsem použil IR přijímač HS0038 (Obrázek 15), který jsem zvolil díky jeho nízké pořizovací ceně a minimálním rozměrům. Jako vysílač jsem si vzal dálkový IR ovladač od zvukové karty Creative (Obrázek 14).



Obrázek 14 IR ovladač Creative RM820



Obrázek 15 Infračervený přijímač HS0038

## 5.1 Zdroje rušení

Při přenosu signálu se můžeme setkat se dvěma druhy rušení – elektromagnetického a optického charakteru. Elektromagnetické rušení může pocházet například ze zářivkových svítidel, frekvenčních generátorů a podobně. Rušení optického charakteru může být jakýkoliv optický zdroj pracující na vlnové délce 830 – 1100nm. [8]

### 5.1.1 Optické zdroje rušení

Fotodiody v přijímači jsou schopny zaznamenávat světlo o vlnové délce 700 – 1600nm. Zde nám tak vzniká problém, že pokrývají jistou část viditelného spektra. Tento problém je řešený pomocí speciálních filtrů, které filtrují viditelné spektrum. Ve výsledku je přijímač méně citlivý na snímání světla v části viditelného spektra, ale kdyby přijímače nebyly vybaveny tímto filtrem, vznikalo by rušení signálu z okolního osvětlení. [8]

### 5.1.2 Modulace IR záření

V domácnostech se s využitím infračerveného signálu setkáme stále na mnoha místech – u dálkového ovladače televizoru, telefonů, autíček na dálkové ovládání a jiných. Ve všech případech je ale potřeba zajistit přenos dat mezi přijímačem a vysílačem. Dnes se využívá převážně digitálního přenosu namísto analogového. Důvodem je rozvíjející možnosti v digitálních technologiích – digitální data je tak možné posílat modulačním signálem. Existuje několik druhů modulace, její použití se odvíjí podle způsobu přenosu a na velikosti a typu přenášené zprávy. [8]

Nejčastější modulace infračerveného záření:

- PSK modulace
- Pulsní modulace
- BI-phase modulace
- Pulsně šířková modulace [8]

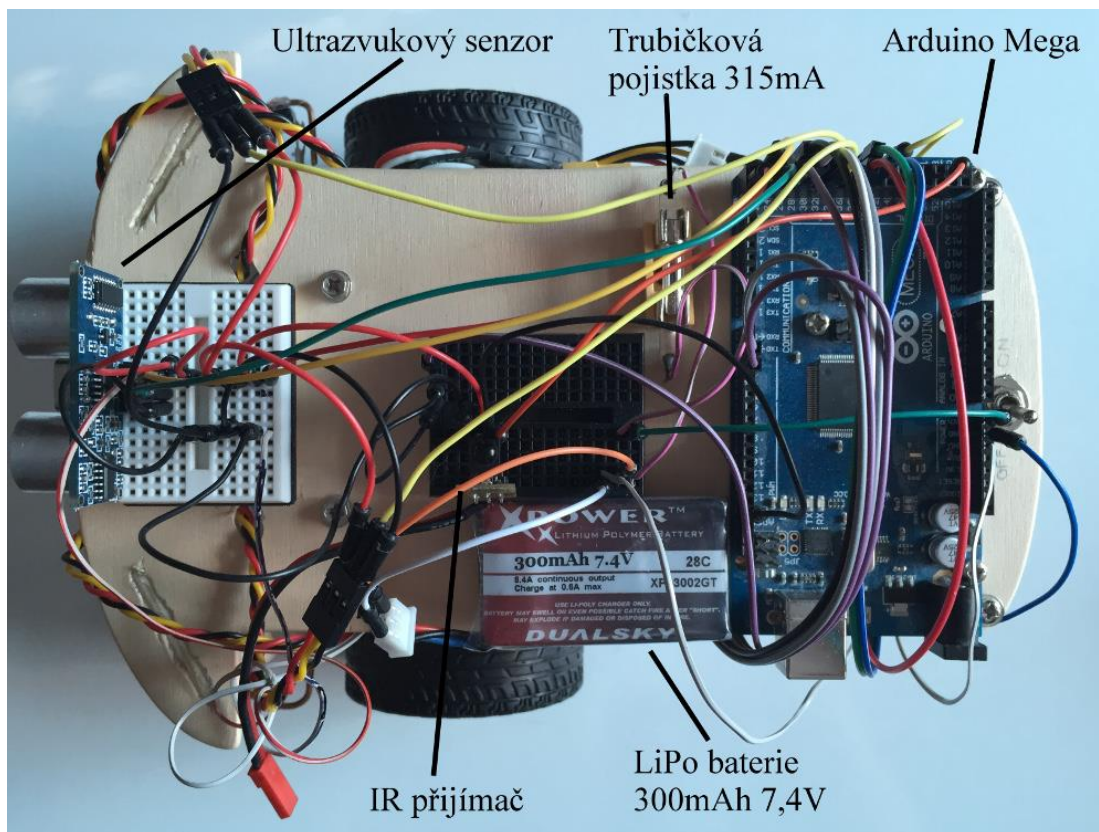
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 KONSTRUKCE ROBOTA

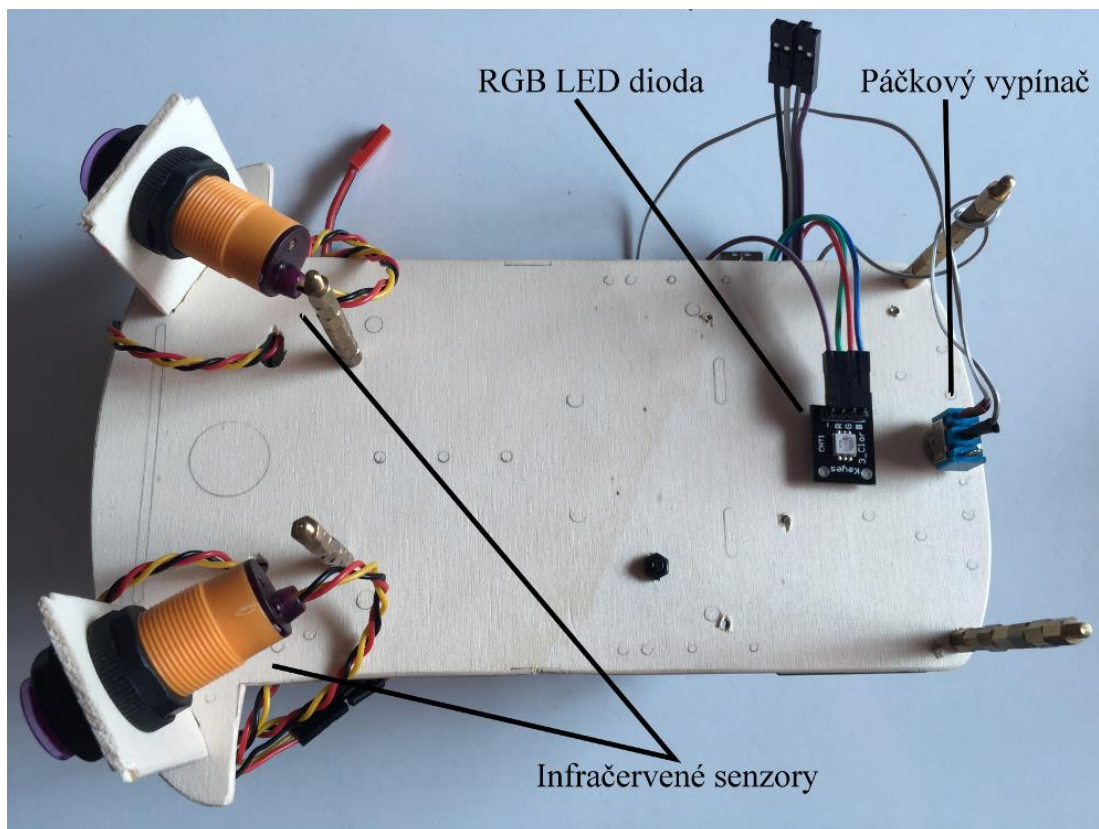
Konstrukce robota vychází z podvozku s diferenciálním řízením, tedy dvou na sobě nezávislých kol a jedním stabilizačním bodem. Pohonná kola jsou připevněna na dva stejnosměrné motory, které jsou řízené pomocí řídicího můstku L298N. O samotnou komunikaci a řízení se stará vývojová deska Arduino Mega 2560. Na vývojovou desku jsou též připojeny senzory pro detekci překážek. Ultrazvukový senzor, dva infračervené senzory a 6 mikropínačů. Pro základní signalizaci je použita RGB dioda, která mění barvy podle aktuálního stavu robota. Pro bezdrátové ovládání některých funkcí robota je použit infračervený přijímač HS0038. Napájení je řešeno pomocí dvou baterií z lithium-polymerových článků. Jedna tříčlávková baterie napájí okruh pro motory s řídicím můstkem a druhá dvoučlávková baterie napájí okruh vývojové desky, senzorů, RGB diody a IR přijímače. Veškeré komponenty jsou spojeny pomocí drátků a tří nepájivých polí.

Komponenty jsou umístěny následujícím způsobem:

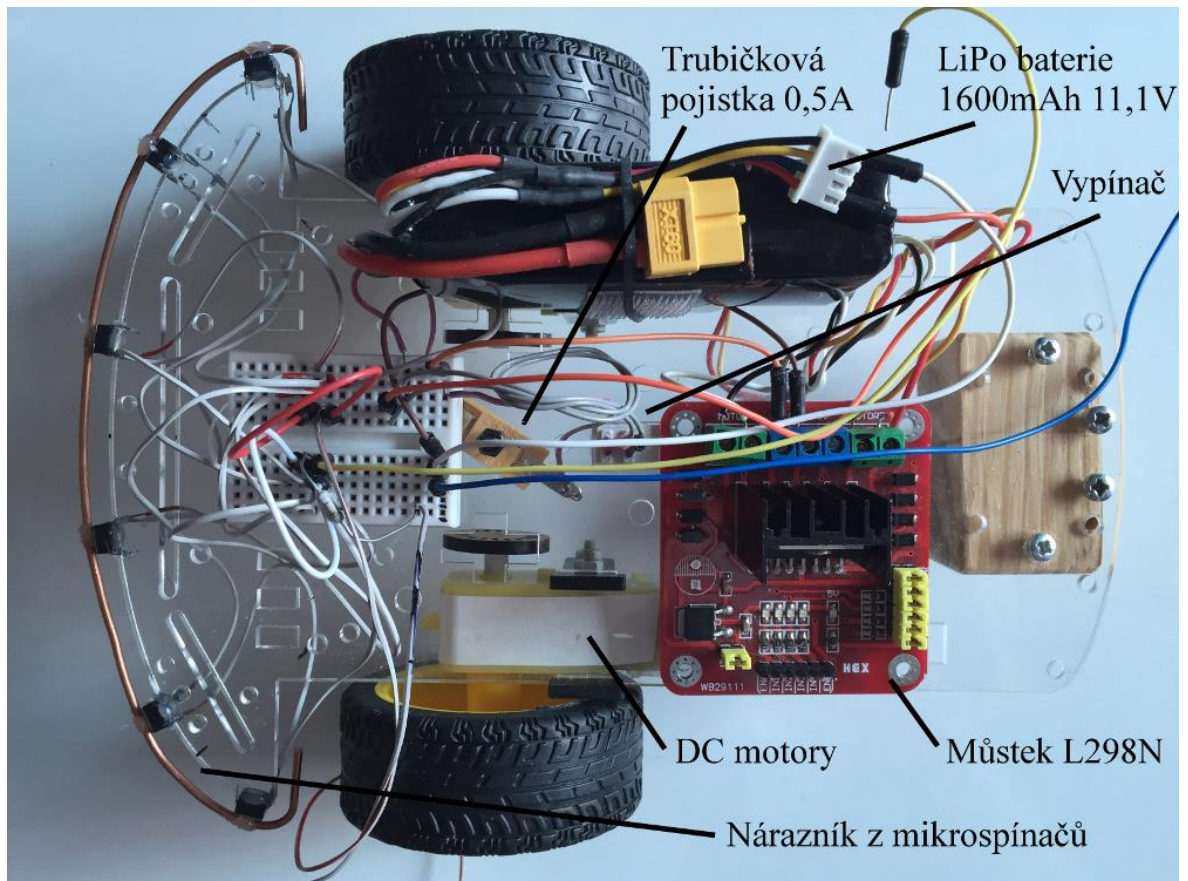
- Spodní část obsahuje:
  - Dva infračervené senzory na měření vzdálenosti
  - 6 mikropínačů spojených drátem jako senzor při případném nárazu
  - Řídicí můstek motorů
  - Dva stejnosměrné motory
  - Vypínač
  - Tříčlávkovou Li-Po baterii
  - Trubičková pojistka
- Horní část obsahuje:
  - Arduino Mega 2560
  - Ultrazvukový senzor na měření vzdálenosti
  - Dvoučlávkovou Li-Po baterii
  - Trubičkovou pojistku
  - IR přijímač
  - Páčkový vypínač



Obrázek 16 Zapojení na horní desce – pohled shora



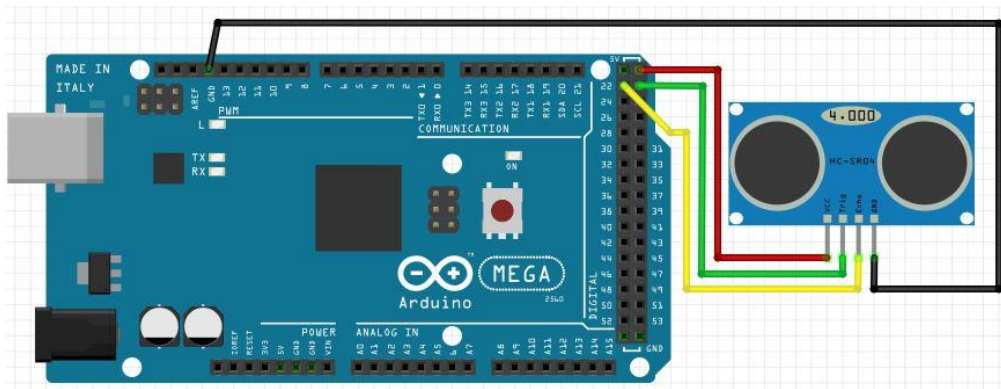
Obrázek 17 Zapojení na horní desce – pohled zespodu



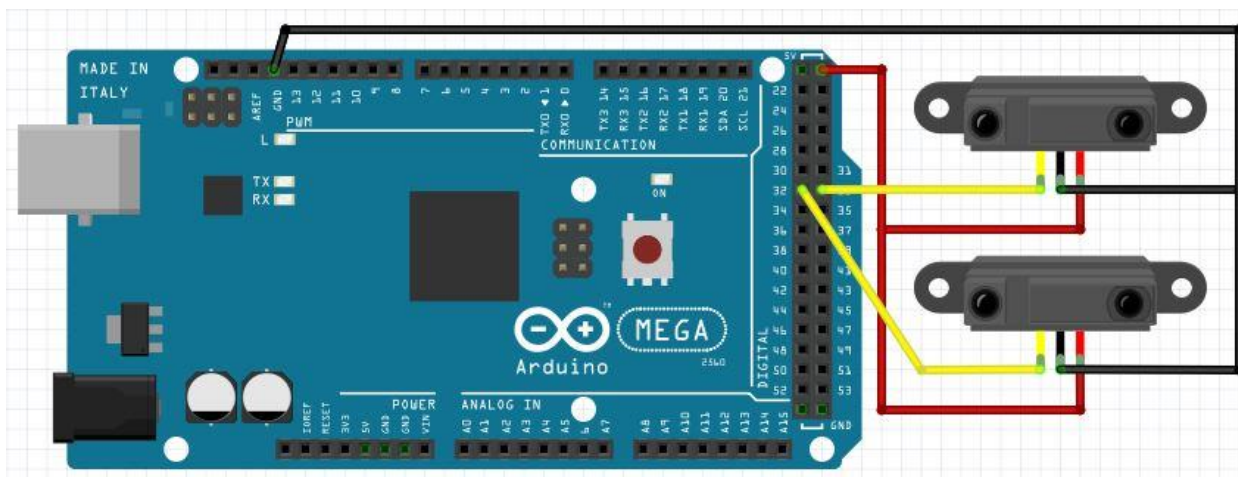
Obrázek 18 zapojení na spodní desce

## 6.1 Zapojení komponent

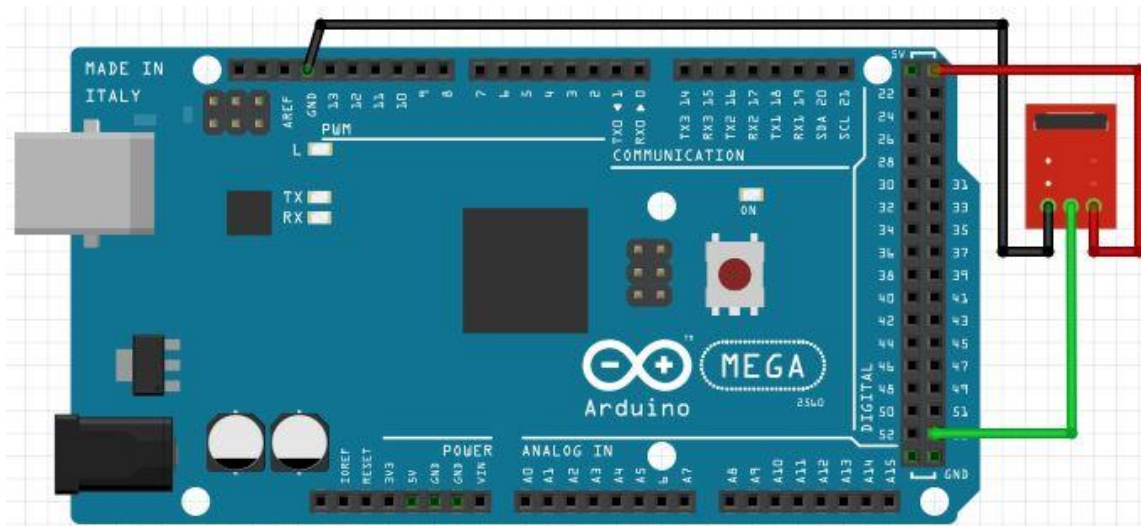
Zapojení komponentů jsem znázornil pomocí programu Fritzing. Program umožňuje jednoduché přidání součástek a zakreslit jejich propojení. Bohužel program nedisponuje tak velkou škálou komponentů a proto jsou některé součástky v následujících obrázcích odlišné od reálných, ale zapojení zůstává stejné.



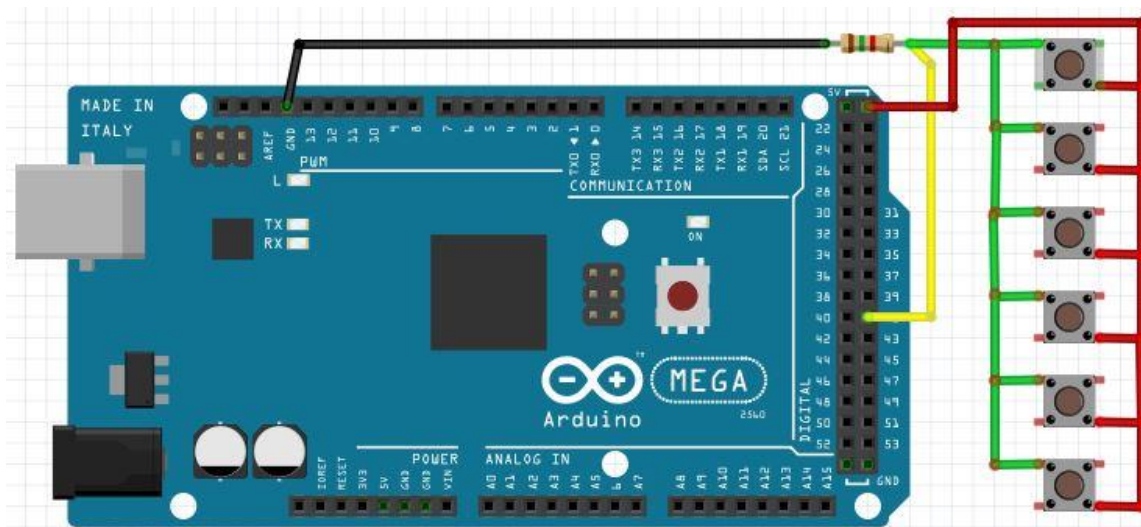
Obrázek 19 Zapojení ultrazvukového senzoru



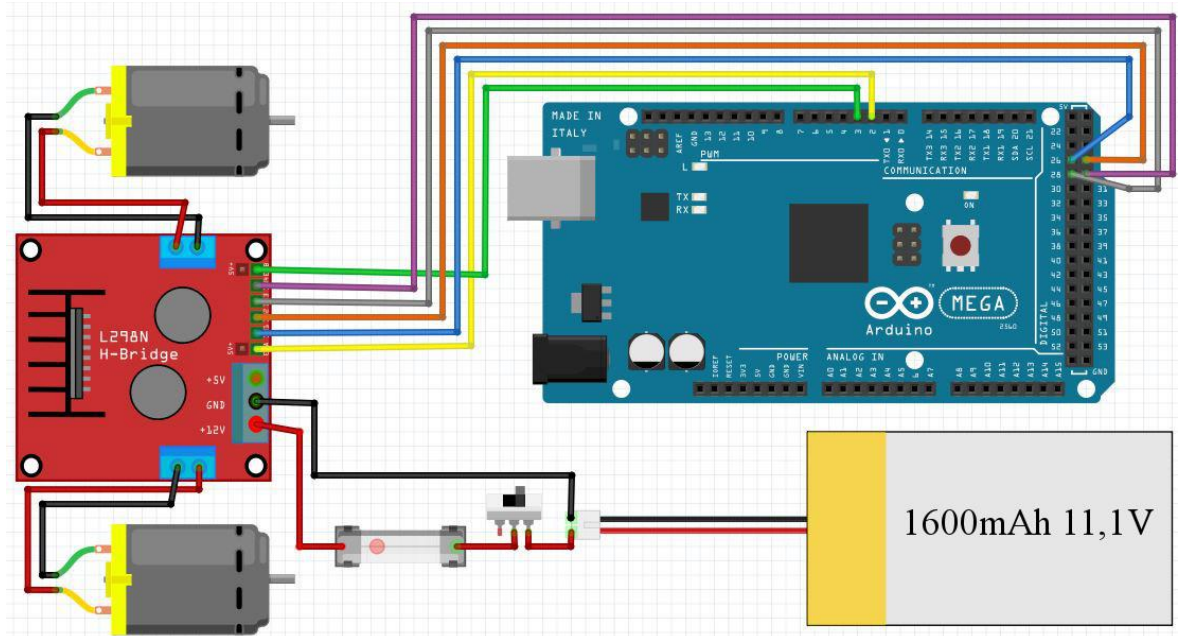
Obrázek 20 Zapojení dvou infračervených snímačů



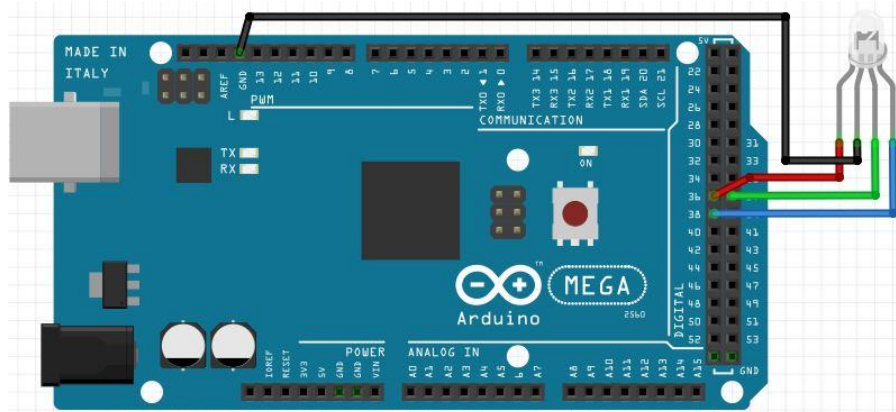
Obrázek 21 Zapojení infračerveného přijímače HS0038



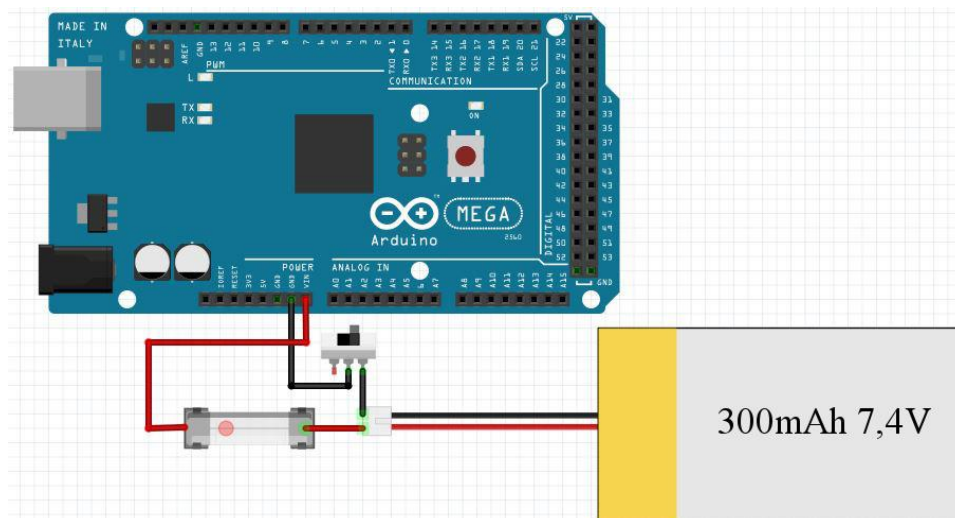
Obrázek 22 Zapojení mikropsínačů



Obrázek 23 Zapojení můstku L298N s napájením a motory



Obrázek 24 Zapojení RGB LED diody



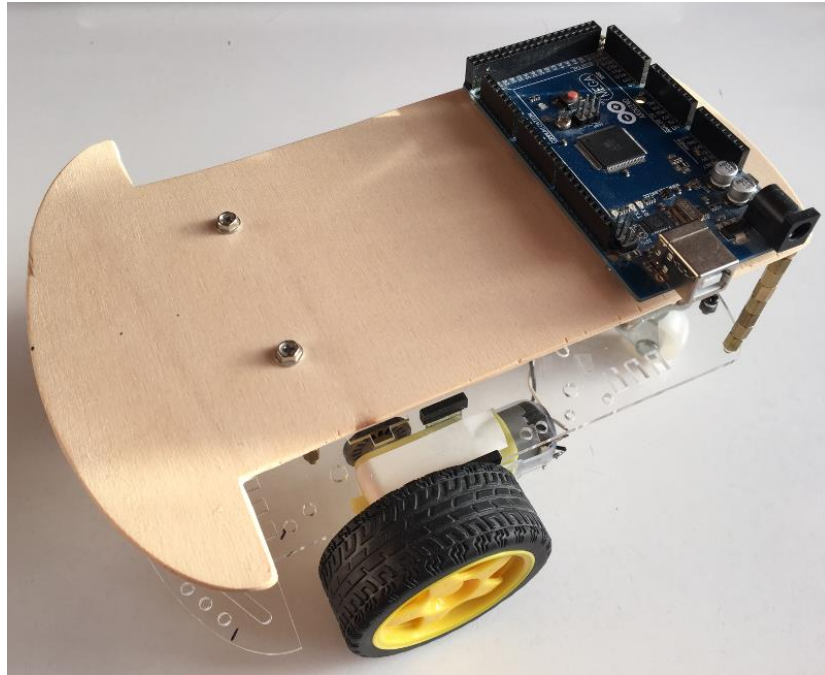
Obrázek 25 Zapojení napájení pro Arduino Mega

Tabulka 1 Zapojení pinů pro Arduino Mega

Číslo pinu	Komponent
2	Pin ENA můstku L298N
3	Pin ENB můstku L298N
22	Echo pin ultrazvukového senzoru
23	Trig pin ultrazvukového senzoru
26	Pin IN1 můstku L298N
27	Pin IN2 můstku L298N
28	Pin IN3 můstku L298N
29	Pin IN4 můstku L298N
32	Levý infračervený senzor
33	Pravý infračervený senzor
36	Red Pin RGB LED diody
37	Green Pin RGB LED diody
38	Blue Pin RGB LED diody
41	Mikrospínače
53	Infračervený přijímač

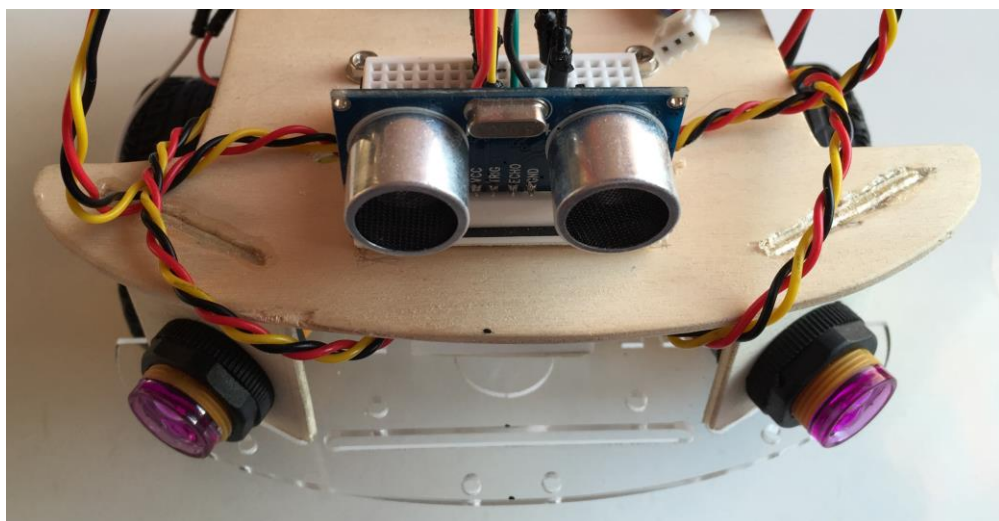
### 6.1.1 Stavba robota

Stavba započala od spodní desky, kde byly umístěny baterie, řídicí můstek motorů a infračervené senzory. Jedna deska pro umístění všech součástek bohužel nestačila, a proto byla přidána druhá deska vyrobená z lipové překližky, která se běžně používá v modelářství. Tvarově stejná, jako je původní spodní deska. Je umístěna nad spodní desku a upevněna pomocí několika distančních šroubků na čtyřech místech. Do horní části je umístěna vývojová deska Arduino Mega 2560, která přesně svými rozměry pasuje na šířku robota. (Obrázek 26)



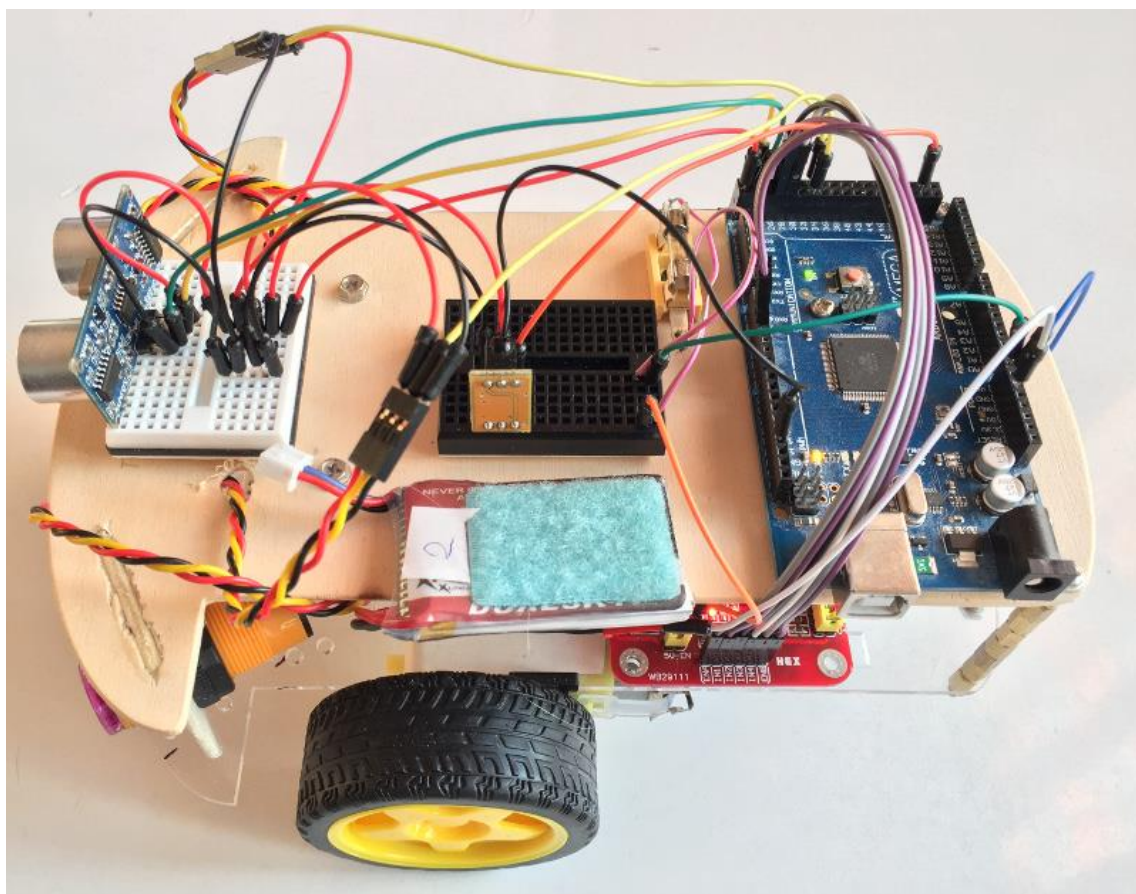
Obrázek 26 Základní konstrukce robota

Veškeré senzory jsou umístěny v přední části robota. Ultrazvukový senzor je umístěn na horní desce v nepájivém poli, které jej dokáže držet ve správné poloze, a míří tak přímo dopředu. Typ použitých infračervených senzorů má atypický tvar a jsou přichyceny na držácích z lipové překližky (Obrázek 27). U infračervených senzorů se nastavuje citlivost pomocí potenciometrů na jejich zadní straně. Vzdálenost snímání překážek je nastavena na 12 centimetrů. Z testování v domácích podmínkách vyplynulo, že tato vzdálenost je ideální při snímání různých povrchů z různých úhlů, protože každý povrch odráží signál ze senzoru jiným způsobem.



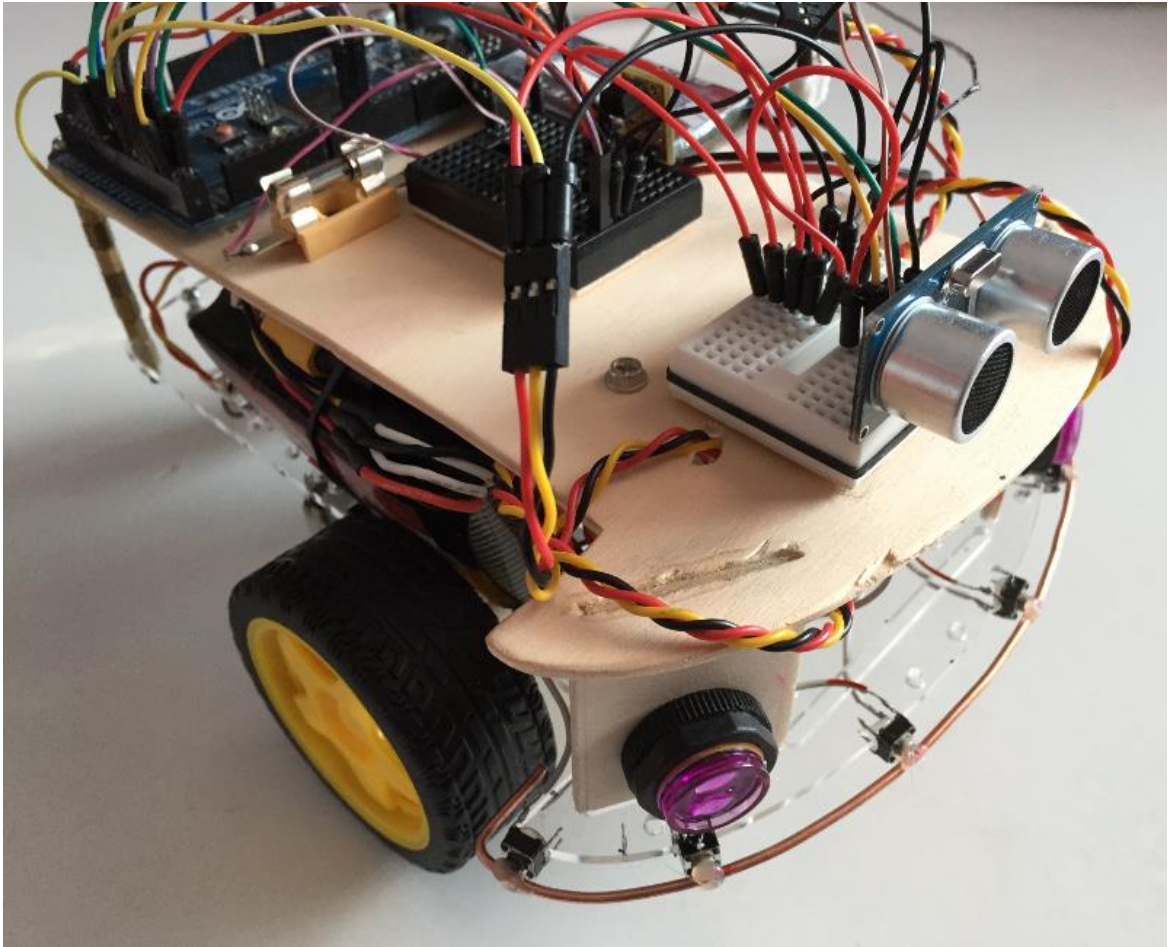
Obrázek 27 Umístění bezdotkových senzorů

Dalším krokem bylo umístění infračerveného přijímače pro dálkové ovládání, trubičkových pojistek, baterií a vypínačů. (Obrázek 28)



Obrázek 28 Umístění komponentů na horní desce

V této fázi konstrukce robota začal vývoj programové části robota – programování mikropočítače a jednotlivých funkcí. Během postupného vývoje byly objeveny drobné nedostatky, jako byla například nedotáčivost zadního opěrného kolečka. Což způsobovalo, že robot nebyl schopný jezdit rovně. Vždy si držel kružnici, po které se pohyboval, ať už pravotočivě či levotočivě. Tento problém vyřešilo nahrazení opěrného kolečka za jiný opěrný bod – kuličkovou dopravní jednotku. Dalším problémem bylo vyřešit ojedinělé narážení robota do překážek, po špatném odrazu signálu od překážky. Z toho důvodu byl vytvořen jednoduchý nárazník sestavený z 6 mikrospínačů a tlustého kovového drátu. Mikrospínače s drátem jsou umístěny po obvodu přesní části a upevněny pomocí lepidla z tavné pistole. (Obrázek 29)



Obrázek 29 Umístění mikrosopínačů

Sada mikrosopínačů tak zajišťuje, že i při kolizi s překážkou dokáže robot překážku rozpoznat a následně se jí vyhnout.

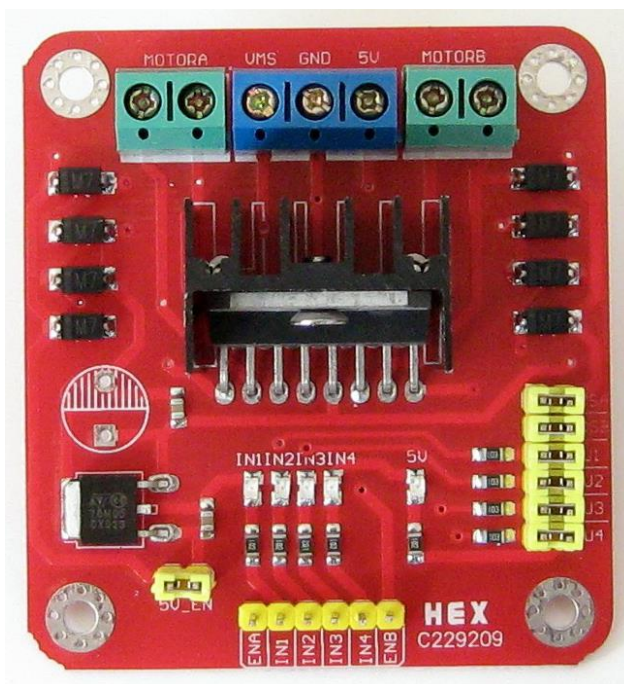
## 6.2 Pohonný systém robota

Pohonný systém robota je tvořen dvěma stejnosměrnými motory s převodovkou. Motory jsou na sobě nezávislé a jsou na ně upevněna dvě kola s gumovou pneumatikou, která snižuje možnost protočení kol. Oba motory jsou připojeny do řídicího můstku L298N, který přijímá řídicí signály z vývojové desky a přenáší je na motory.

Díky nezávislým motorům je možné nejen jezdit směrem dopředu a vzad, ale i zatáčet do stran.

### 6.2.1 Ovládání motorů – můstek L298N

Ovládání motorů je provedeno pomocí modulu s můstkem L298N pro řízení stejnosměrných motorů. Označení od výrobce: „L298N DC Motor Driver Module Dual H Bridge“. Tento modul dokáže napájet a řídit dva motory zároveň pomocí PWM (pulsně šířkové modulace). [15]



Obrázek 30 Můstek L298N [12]

Na modulu najdeme svorkovnici pro připojení dvou motorů kladným a záporným pólem (značení MOTOR A, MOTOR B). Dále pro připojení externího napájení a 5V výstup, když bychom chtěli napájet něco dalšího. Pro vstupní signály jsou určeny piny IN1 až IN4, ENA a ENB. Pro řízení jednoho z motorů jsou určeny tři piny, například pro motor A jsou to piny ENA, IN1 a IN2. Pro druhý motor pak INB, IN3 a IN4. [15]

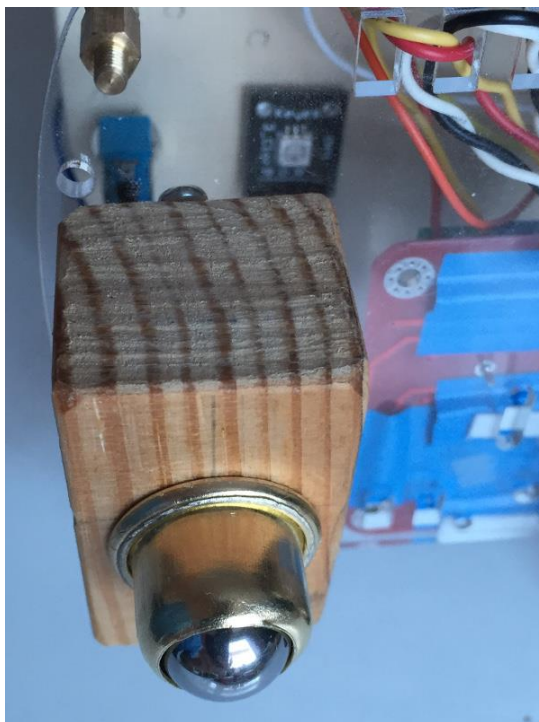
Tabulka 2 Ovládání motoru A pomocí můstku L298N

Funkce	ENA	IN1	IN2
Odpojení motoru	LOW	X	X
Pohyb dopředu	HIGH	LOW	HIGH
Pohyb dozadu	HIGH	HIGH	LOW
Zastavení	HIGH	LOW	LOW
Zastvení	HIGH	HIGH	HIGH

Vložená tabulka (Tabulka 2) znázorňuje ovládání motoru A. Hodnoty LOW a HIGH představují logickou 0 a logickou 1. Kombinací logických 0 a 1 na pinech EN1 a EN2 docílíme pohybu dopředu, dozadu či zastavení. Pin ENA slouží k aktivaci motoru. Je nutné podotknout, že na pinu ENA můžu také nastavit otáčky motoru. Stačí na tento pin přivést hodnotu PWM, což v případě vývojové desky Arduino Mega znamená hodnoty v rozsahu 0 až 255. Tím ovládáme dodávanou energii do motoru a tím i rychlost otáčení.

### 6.2.2 Stabilizační bod robota

Stabilizační bod u diferenciálního podvozku byl původně řešen pomocí otočného kolečka se dvěma stupni volnosti. Bohužel se při testování ukázalo, že se kolečko není schopné vrátit přesně do původní polohy tak, aby robot jel rovně. Otočné kolečko jsem tedy nahradil jiným stabilizačním bodem a to kuličkovou dopravní jednotkou.



Obrázek 31 Kuličková dopravní jednotka

### 6.3 Senzory robota

Robot ke snímání okolí používá tři typů senzorů. Primární dva typy jsou bezdrátové: ultrazvukový senzor HC-SR04 a dva infračervené senzory E18-D50NK. Třetím typem je sada 6 mikropsínačů, které slouží jako dotykové senzory. Ultrazvukový senzor je umístěn na přední části robota a snímá překážky přímo před ním. Dva infračervené senzory jsou umístěny též v přední části, ale po stranách ve 30° vůči ultrazvukovému senzoru a mají na sta-

rost snímání překážek, které se objeví po stranách robota. Šest mikropínačů uchycených na spodní desce robota představuje jakýsi nárazník. Všechny jsou spojeny jedním drátem a slouží pro detekci případné srážky s překážkou.

### **6.3.1 Ultrazvukový senzor HC-SR04**

Senzor HC-SR04 funguje na principu, kdy vyšle ultrazvukový signál a následně jej jako odražený snímá. Časová prodleva mezi odesláním a příjmem ultrazvukového signálu nám poslouží pro výpočet vzdálenosti. Snímaná hodnota je v mikrosekundách. Rychlost zvuku, která je 346,3 m/s, převedeme též na mikrosekundy a vzdálenost na centimetry. Dostaneme rychlost 0,03463 cm/mikrosekundu. Snímanou hodnotu tedy vynásobíme námi převedenou rychlostí zvuku a výsledek ještě musíme vydělit dvěma, protože signál urazí nejen vzdálenost k překážce, ale musí od překážky zase zpátky k senzoru.

### **6.3.2 Infračervený senzor E18-D50NK**

Senzor E18-D50NK pracuje též na principu snímání odraženého signálu. Infračervená LED dioda vysílá světelný signál do prostoru a následně jej pomocí fotorezistoru snímá. U tohoto typu infračerveného senzoru není možnost měřit přesnou vzdálenost, ale pouze snímat jestli je nějaký předmět-překážka blízko senzoru natolik, aby přijímač odražený signál zaregistroval. Tato vzdálenost je nastavitelná od 3 do 80 centimetrů.

## **6.4 Bezdrátové ovládání robota**

Bezdrátové ovládání robota je řešeno pomocí infračerveného vysílače a přijímače. Jedná se o jednosměrný přenos, tak jak jej známe například z dálkového ovládání televizorů. Pro ovládání jednotlivých funkcí, kde není nutné zpětné odezvy naprosto dostačující.

### **6.4.1 Přijímač HS0038**

Přijímač HS0038 je usazen na horní části robota, aby snímá signál z co nejideálnějšího místa. Pracuje tak, že signál, který nasnímá, odešle do vývojové desky Arduino pro další zpracování. Důležitým krokem bylo si správně nasnímat hodnoty signálu pro jednotlivá tlačítka použitého ovladače, protože během přenosu signálu může dojít k rušení a senzor snímá i takové hodnoty.

### 6.4.2 Vysílač Creative RM820

Jedná se o standartní infračervený vysílač menší velikosti. Pro tuto práci jsem jej zvolil pro jeho rozměry a rozvržení tlačítek. Využití tlačítek ovladače je popsáno níže. (Tabulka 3)

Tabulka 3 Funkce tlačítek dálkového ovládání

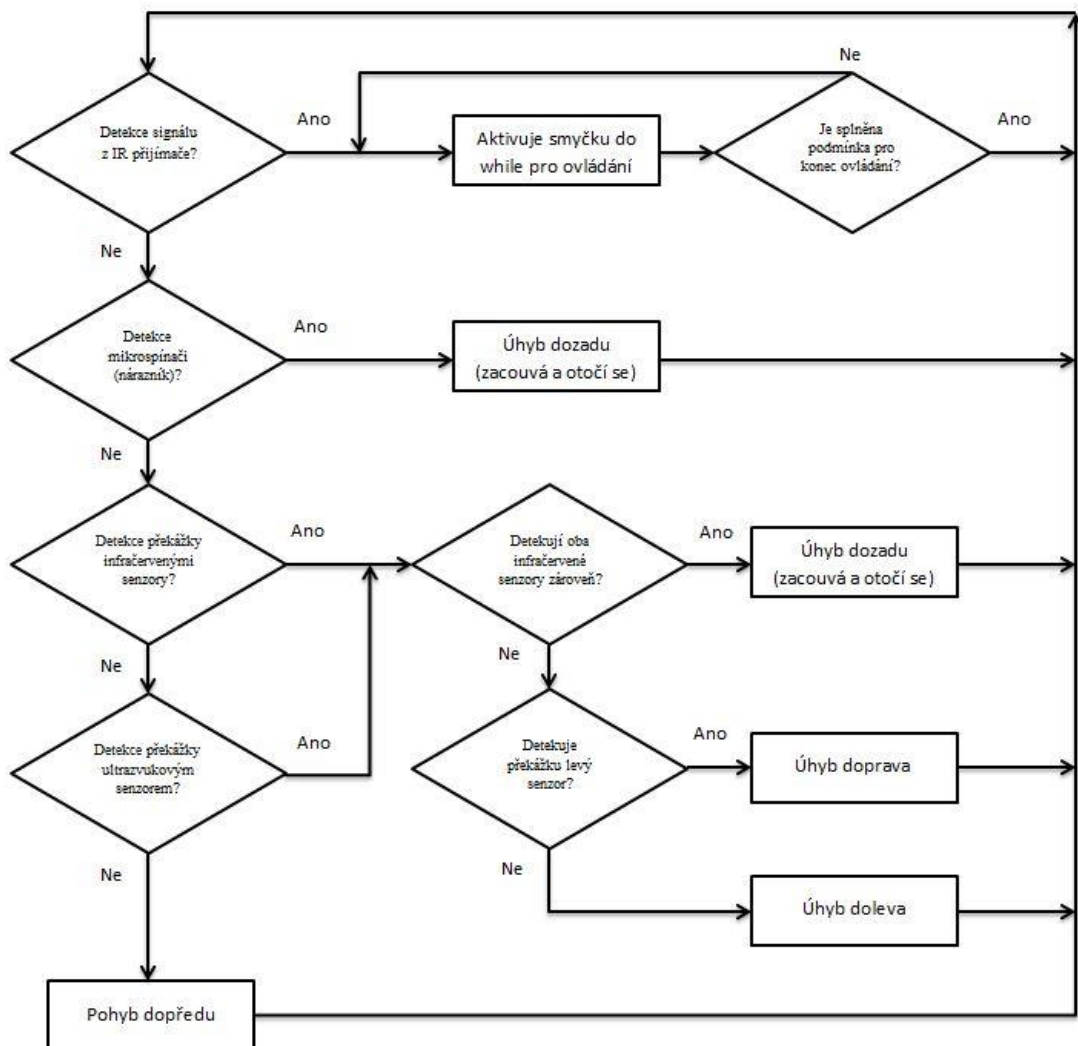
<b>Tlačítko</b>	<b>Funkce</b>
Vypnout/Zapnout	Ukončení režimu dálkového ovládání
Zvýšení hlasitosti	Navýšení rychlosti
Snížení hlasitosti	Snížení rychlosti
Ztišení	Nastavení původní rychlosti
Šipka nahoru	Pohyb dopředu
Šipka dolů	Pohyb dozadu
Šipka doprava	Otočení doprava
Šipka doleva	Otočení doleva
OK	Zastavení pohybu

## 7 PROGRAMOVÁ ČÁST ROBOTA

Program robota je tvořen jednou velkou smyčkou, která se opakovaně provádí. Na prvním místě robot testuje, jestli uživatel nepoužívá dálkové ovládání. Pokud ano, robot zastaví aktuální pohyb a přenechá ovládání uživateli s dálkovým ovladačem. V opačném případě pokračuje dál a testuje, jestli nedetekuje pomocí senzorů nějakou překážku. Za podmínky že robot nedetekuje žádnou překážku, pustí se pohybem dopředu a v tomto stavu setrvá. V průběhu jízdy dopředu znovu testuje detekci dálkového ovladače a senzory pro rozpoznání překážek.

### 7.1 Vývojový diagram

Následující obrázek zachycuje vývojový diagram robota:



Obrázek 32 Vývojový diagram

## 7.2 Popis funkcí

Při vývoji programové části jsem si vytvořil několik funkcí, za prvé pro přehlednost kódu a zadruhé kvůli možnosti je využít jako knihovnu v pozdějších projektech. Odpadla by tak nutnost psát tu samou část kódu znova.

- Funkce pro snímání senzorů:
  - `bool tlacitkaSenzor()` – funkce, která snímá nárazník tvořený z mikrospínačů v přední části robota. Hodnoty nabývají pouze logické 0 nebo logické 1 (při sepnutí) a vrací ji.
  - `float ultrazvukVzdalenost()` – funkce která se stará o snímání pomocí ultrazvukového senzoru. Ze snímaného signálu vypočítá aktuální vzdálenost od překážky a vrátí ji jako návratovou hodnotu.
  - `bool ultrazvukCheck()` – funkce, která podle zjištěné vzdálenosti z ultrazvukového senzoru vyhodnotí, zdali je překážka blíže, než je kritická hodnota. Jestliže je vzdálenost překážky od senzoru menší jak 15 centimetrů, vrátí hodnotu `true`. V opačném případě `false`.
- Funkce pro ovládání motorů:
  - `void dopredu(int cas)` – funkce pro nastavení pinů a PWM pro jízdu vpřed. Předávaná proměnná slouží k nastavení časového intervalu, jak dlouho se funkce provádí.
  - `void dozadu(int cas)` - funkce pro nastavení pinů a PWM pro jízdu vzad. Předávaná proměnná slouží k nastavení časového intervalu, jak dlouho se funkce provádí.
  - `void zastav(int cas)` - funkce pro nastavení pinů a PWM pro zastavení. Předávaná proměnná slouží k nastavení časového intervalu, jak dlouho se funkce provádí.
  - `void doprava(int cas)` - funkce pro nastavení pinů a PWM pro zatočení doprava. Předávaná proměnná slouží k nastavení časového intervalu, jak dlouho se funkce provádí.

- void doleva(int cas) - funkce pro nastavení pinů a PWM pro zatočení doleva. Předávaná proměnná slouží k nastavení časového intervalu, jak dlouho se funkce provádí.
- void uhybDozadu() – funkce využívající funkcí pro zatáčení a zastavení. Proveďte pohyb dozadu a následně se otočí doprava. Za podmínky, že se robot otočil už třikrát doprava, otočí se jednou doleva. To pro případ, aby se nepohyboval stále v kruzích.
- void zatoceniDleIr() – funkce využívající funkcí pro snímání infračervených senzorů a funkcí pro pohyb. Kontroluje, jestli oba infračervené snímače detekují překážku zároveň. V případě, že ano provede funkci uhybDozadu(). V opačném případě zkouší, jestli překážku detekuje pravý senzor. A na základě této podmínky se rozhodne, jestli provést zatočení doprava či doleva.
- bool irSensorCheck(bool x) – funkce pro kontrolu detekce překážek pomocí ultrazvukových senzorů. Za podmínky, že senzor detekuje překážku, vrátí funkce hodnotu *true*. Předávaná proměnná *x* slouží pro rozhodnutí, jestli snímat pravý nebo levý senzor (*true* pro levý a *false* pro pravý).
- Funkce pro nastavení RGB LED diody:
  - nastavRGB(byte red, byte green, byte blue) – funkce pro nastavení barvy RGB diody. Slouží primárně k signalizaci stavu robota. Zelená pro jízdu vpřed, červená pro detekci překážky, modrá pro stav, kdy je robot ovládán uživatelem a žlutá jako potvrzovací při změně nastavení rychlosti. Předávají se jí 3 hodnoty (rozsah 0 až 255), které určí jakou barvou má dioda svítit.
    - setRGB(255, 0, 0) - červená
    - setRGB(0, 255, 0) - zelená
    - setRGB(0, 0, 255) - modrá
    - setRGB(255, 255, 0) - žlutá
    - setRGB(80, 0, 80) – fialová
    - setRGB(0, 255, 255) – světle modrá (aqua)

- Funkce pro snímání pomocí IR snímače:
  - void snimaniIr() – komplexní funkce využívající předešlých funkcí. Testuje, zdali uživatel používá dálkové ovládání či nikoliv. V momentě, kdy ano, program začne vykonávat smyčku *do while*, která bude ukončena za podmínky, že uživatel stiskne červené tlačítko na dálkovém ovladači. Po dobu, kdy je program ve smyčce může uživatel plně ovládat robota dálkovým ovládáním.

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat mobilního robota schopného detekování a vyhýbání se překážkám.

V teoretické části práce se čtenář může dočíst o robotech a jejich rozdělení dle různých kategorií. Následuje část popisující komponenty využívané pro konstrukci robotů, jako jsou mikropočítače, senzory, pohonné jednotky, doplněná o popis bezdrátového ovládání pomocí infračerveného záření.

Praktická část se zabývá popisem konstrukce mobilního robota s diferenciálním podvozkem, tedy podvozkem se dvěma poháněnými koly a jedním opěrným bodem. Kola jsou na sobě nezávislá, ovládaná dvěma stejnosměrnými motory, které dovolují robotovi pohyb vpřed a vzad včetně zatáčení. Řízení motorů je řešeno pomocí můstku určeného pro ovládání tohoto typu motorů. Můstek je připojen k vývojové desce Arduino Mega 2560. Pro detekci překážek je robot vybaven ultrazvukovým senzorem, dvěma infračervenými senzory a šesti mikrosvítači umožňující mu detekovat překážky v jeho okolí, ve kterém se pohybuje. Dále je robot osazen infračerveným snímačem pro možnost dálkového ovládání a RGB LED diodou pro signalizaci stavů. Samotný robot je tvořený ze dvou desek, na kterých jsou umístěny všechny komponenty včetně dvou baterií. Komponenty jsou vzájemně propojeny pomocí nepájivých polí a drátků. Takové zapojení se zprvu může zdát nepřehledné, ale dovoluje snadnou změnu zapojení.

Po konstrukci samotného robota byl vytvořen program robota dovolující mu využívat všech umístěných komponentů tak, aby byl schopen se vyhnout překážkám. Jakmile je robot zapojen, začne vykonávat soubor funkcí, které mu dovolují pohyb v prostředí, detekci překážek a následnému zabránění kolizí s nimi. Robota lze ovládat i dálkově – a to pomocí infračerveného ovladače. Uživatel tak má možnost kontroly některých funkcí.

Při konstrukci samotného robota jsem se seznámil s problematikou spojenou s detekcí překážek a vyzkoušel si programování mikropočítače v praxi. Robot samotný tak může být dobrým podkladem do výuky nebo základem pro další projekty, kde by byl kladen důraz na specifitější použití.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Pojem robot. *Slovník cizích slov* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/robot>
- [2] ČOUPEK, Pavel. *Design robotů* [online]. Brno, 2009 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz\\_soubor.php?id=1010](http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=1010). Pojednání ke státní doktorské zkoušce].
- [3] NOVÁK, Petr, *Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení*, Praha: BEN – technická literatura, 2005. ISBN/EAN 80-7300-141-1 / 9788073001414.
- [4] KONFRŠT, Pavel. *Všesměrový podvozek robota se servopohony a základní odometrií* [online]. Pardubice, 2012 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/48625/2/KonfrstP\\_VsesmerovyPodvozek\\_PR\\_2012.pdf](https://dspace.upce.cz/bitstream/10195/48625/2/KonfrstP_VsesmerovyPodvozek_PR_2012.pdf). Bakalářská práce.
- [5] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.
- [6] Arduino, 2015. *Arduino* [online]. [cit. 2015-05-13]. Dostupné z: [www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano](http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano)
- [7] MCROBERTS, Michael. *Beginning Arduino*. New York: Apress, 2010. ISBN 978-143-0232-414.
- [8] GÁBA, Martin. *Konstrukce univerzálního přijímače dálkového ovládní* [online]. Plzeň, 2012 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/handle/11025/3991/Bakalarska%20prace.pdf?sequence=1>. Bakalářská práce.
- [9] UHEREK, Vítězslav. *Konstrukce mobilního robota* [online]. Brno, 2008 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=8945](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=8945). Bakalářská práce.
- [10] What is an Ultrasonic Sensor? *Carnegie Mellon Robotics Academy* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://education.rec.ri.cmu.edu/content/electronics/boe/ultrasonic\\_sensor/1.html](http://education.rec.ri.cmu.edu/content/electronics/boe/ultrasonic_sensor/1.html)

- [11] Motor Smart Car Chassis Robot Kit Speed Encoder Battery Box For Arduino. *Aliexpress.com* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.aliexpress.com/store/product/New-Motor-Smart-Robot-Car-Chassis-Kit-Speed-Encoder-Battery-Box-For-Arduino-freeshipping/1280317\\_1913355926.html](http://www.aliexpress.com/store/product/New-Motor-Smart-Robot-Car-Chassis-Kit-Speed-Encoder-Battery-Box-For-Arduino-freeshipping/1280317_1913355926.html)
- [12] L298N Dual H Bridge DC Motor Driver. *Kiatronics* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: <http://www.kiatronics.com/motors/l298n-dual-h-bridge-dc-motor-driver-pcb-code-70292.html>
- [13] BARR, Michael a Anthony J MASSA. Programming embedded systems. 2nd ed. Sebastopol: O'Reilly, 2006, xxi, 301 s- ISBN 978-0-596-00983-0.
- [14] CATSOULIS, John. Designing Embedded Hardware. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005. ISBN 978-0-596-00755-3.
- [15] L298N Motor Driver Board. *Geeetech* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: [http://www.geeetech.com/wiki/index.php/L298N\\_Motor\\_Driver\\_Board](http://www.geeetech.com/wiki/index.php/L298N_Motor_Driver_Board)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A	Ampér
CNC	Počítačově číslicové řízení (Computer Numeric Control)
EEPROM	Elektronicky mazatelná, programovatelná paměť typu ROM-RAM
EPROM	Programovatelná (UV světlem mazatelná) paměť typu ROM-RAM
Ethernet	Technologie pro lokální připojení počítačové sítě
FLASH	Elektronicky programovatelná paměť typu RAM
GND	Elektrické uzemnění (Ground)
I2C	Sériová sběrnice
I/O	Vstup/Výstup (Input/Output)
IDE	Vývojové prostředí (Integrated Development Enviroment)
Input	Vstup
IR	Infračervené záření (Infrared)
IrDA	Infrared Data Association
kB	Kilobyte
kHz	Kilohertz
LED	Elektroluminiscenční dioda (Light Emited Diode)
LiPo	Lithium Polymer
mA	Miliampér
mAh	Miliampérhodina
mm	Milimetr
nm	Nanometr
Output	Výstup
OS	Operační systém
PSK	Klíčování fázovým posuvem (Phase-Shift Keying)

---

PWM	Pulsně šířková modulace (Pulse Width Modulation)
RAM	Paměť s přímým přístupem (Random-Access Memory)
ROM	Paměť pouze pro čtení (Read Only memory)
RX	Zkratka pro příjem (Recieve)
SD	Typ paměťových karet (Secure Digital)
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock
SPI	Sériové periferní rozhraní (Serial Peripheral Interface)
SRAM	Statická paměť typu RAM (Static Random-Access Memory)
TX	Zkratka pro vysílání (Transmission)
USB	Univerzální sériová sběrnice (Universal serial bus)
V	Volt
Wi-Fi	Standard pro bezdrátovou komunikaci (Wireless Fidelity)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Diferenciální podvozek s opěrným kolečkem [11] .....	13
Obrázek 2 Zjednodušené schéma počítače [5] .....	14
Obrázek 3 Freescale FRDM-KL25Z .....	16
Obrázek 4 Arduino Nano s ATmega328 .....	17
Obrázek 5 Arduino Uno [6] .....	18
Obrázek 6 Arduino Mega 2560 .....	18
Obrázek 7 Vývojové prostředí Arduino IDE .....	20
Obrázek 8 Panel nástrojů v Arduino IDE .....	21
Obrázek 9 Složení stejnosměrného motoru .....	23
Obrázek 10 Infračervené senzory E18-D50NK .....	25
Obrázek 11 Princip detekce překážky IR senzorem [3] .....	25
Obrázek 12 Princip detekce ultrazvukovým senzorem [10] .....	26
Obrázek 13 Ultrazvukový senzor HC-SR04 .....	26
Obrázek 14 IR ovladač Creative RM820 .....	27
Obrázek 15 Infračervený přijímač HS0038 .....	27
Obrázek 16 Zapojení na horní desce .....	31
Obrázek 17 Zapojení na horní desce – druhá strana .....	31
Obrázek 18 zapojení na spodní desce .....	32
Obrázek 19 Zapojení ultrazvukového senzoru .....	32
Obrázek 20 Zapojení dvou infračervených snímačů .....	33
Obrázek 21 Zapojení infračerveného přijímače HS0038 .....	33
Obrázek 22 Zapojení mikropínačů .....	33
Obrázek 23 Zapojení můstku L298N s napájením a motory .....	34
Obrázek 24 Zapojení RGB LED diody .....	34
Obrázek 25 Zapojení napájení pro Arduino Mega .....	34
Obrázek 26 Základní konstrukce robota .....	36
Obrázek 27 Umístění bezdotykových senzorů .....	36
Obrázek 28 Umístění komponentů na horní desce .....	37
Obrázek 29 Umístění mikropínačů .....	38
Obrázek 30 Můstek L298N [15] .....	39
Obrázek 31 Kuličková dopravní jednotka .....	40
Obrázek 32 Vývojový diagram .....	43



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Zapojení pinů pro Arduino Mega .....	35
Tabulka 2 Ovládání motoru A pomocí můstku L298N .....	39
Tabulka 3 Funkce tlačítek dálkového ovládání .....	42

## SEZNAM PŘÍLOH

P I CD disk s bakalářskou prací a soubory obsahující zdrojové kódy