

Bezdrátově řízený model robota

Tomáš Vrbka

Bakalářská práce
2014

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Vrbka**
Osobní číslo: **A11181**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Bezdrátově řízený model robota**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte a popište možnosti bezdrátového řízení robotů.
2. Vytvořte model robota řízený mikropočítačem s možností bezdrátového řízení.
3. Vytvořte programové vybavení pro řídicí mikropočítač umožňující robotu částečně autonomní provoz.
4. Vytvořte programové vybavení pro dálkové ovládání robota pomocí počítače nebo mobilního telefonu.
5. Ověřte funkčnost vytvořeného robota a zhodnoťte výsledky.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. CATSOULIS, John. Designing Embedded Hardware. Sebastopol: O'Reilly Media, 2005. ISBN 978-0-596-00755-3.
2. MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMEL AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-730-0077-6.
3. NOVÁK, Petr. Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení, Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN/EAN 80-7300-141-1 / 9788073001414.
4. PINKER, Jiří. Mikroprocesory a mikropočítače. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0110-1.
5. KARGER, Adolf. KARGEROVÁ, Marie. Základy robotiky a prostorové kinematiky. Praha: BEN, ČVUT, 2008, 265 s. ISBN 80-01-02183-1.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Dolinay, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

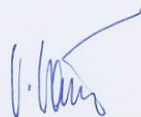
Datum zadání bakalářské práce:

28. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

13. června 2014

Ve Zlíně dne 28. února 2014



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



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 s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- 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 práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- Že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je navrhnout konstrukci mobilního robota s možností bezdrátového ovládání. V teoretické části je popsáno využití robotů dle různých kritérií, rozdělení jejich pohybových subsystémů a senzorů. Dále práce popisuje mikropočítače a možnosti bezdrátové komunikace. V praktické části je popsána samotná konstrukce a programové vybavení robota a také aplikace pro mobilní telefon.

Klíčová slova: mobilní robot, Arduino Mega, Bluetooth, Android, mikropočítač, senzory

ABSTRACT

The aim of this work is to propose the design of a mobile robot which can be wirelessly controlled. The theoretical part describes the use of robots based on various criteria, the distribution of their motion subsystems and sensors. It also describes microcontrollers and wireless communication. In the practical part is described the construction of the robot and software of robot and mobile phone.

Keywords: mobile robot, Arduino Mega, Bluetooth, Android, microcomputer, sensors

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D., za jeho pomoc, připomínky a rady, které mi poskytoval během návrhu a vytváření této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Martinu Štefelovi za výrobu dřevěného podvozku.

„Svoboda bez vzdělání je nebezpečná, vzdělání bez svobody je zbytečné.“

John Fitzgerald Kennedy

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ROBOTY	12
1.1 ROBOTIKA	12
1.1.1 Historie robotiky	12
1.1.1.1 Průmyslová robotika	12
1.1.1.2 Experimentální robotika	12
1.2 ROBOT.....	13
1.2.1 Dělení robotů.....	13
1.2.2 Mobilní roboty.....	13
1.2.2.1 Dělení podle prostředí, ve kterém se pohybují:	14
1.2.2.2 Dělení podle typu pohybového subsystému:.....	14
2 POHONNÉ SUBSYSTÉMY ROBOTŮ	17
2.1 STEJNOSMĚRNÉ MOTORY	17
2.2 KROKOVÉ MOTORY	18
2.2.1 S pasivním rotorem	18
2.2.2 Hybridní krokový motor.....	18
2.3 SERVOMOTORY	19
2.3.1 Modelářské servo	19
3 SENZORY	21
3.1 INTERNÍ SENZORY	21
3.2 EXTERNÍ SENZORY.....	21
3.2.1 Dotykové (taktilní) senzory.....	21
3.2.2 Bezdotykové senzory.....	22
3.2.2.1 Infračervené senzory	22
3.2.2.2 Ultrazvukové senzory	22
4 MIKROPOČÍTAČE	24
4.1 MIKROPROCESOR (PROCESOR).....	24
4.2 PAMĚŤ.....	25
4.3 PERIFERNÍ OBVODY	26
4.4 INSTRUKČNÍ SOUBORY	26
4.4.1 CISC.....	26
4.4.2 RISC	26
5 BEZDRÁTOVÝ PŘENOS INFORMACÍ	27
5.1 INFRAČERVENÝ PŘENOS DAT	27
5.1.1 Norma IrDA	28

5.2	RÁDIOVÝ PŘENOS	28
5.3	BLUETOOTH.....	28
5.3.1	Popis Bluetooth	28
5.3.2	Vývoj Bluetooth	29
II	PRAKTICKÁ ČÁST	30
6	MECHANICKÁ KONCEPCE ROBOTY	31
6.1	ZÁKLADNÍ POPIS	31
6.2	TĚLO ROBOTY.....	31
6.2.1	Parametry robota	32
6.2.2	Horní část	32
6.2.3	Spodní část	33
7	ARDUINO MEGA 2560.....	34
7.1.1	Popis Arduino Mega 2560.....	34
7.1.2	Arduino IDE.....	35
7.1.3	Programovací jazyk.....	36
8	POHYBOVÝ SUBSYSTÉM ROBOTY	37
8.1.1	Hnací motory	37
8.1.2	Stabilizační a hnací kola.....	37
8.1.3	Ovládání motorů – můstek L298N.....	37
8.1.3.1	Princip ovládání	38
9	SENZORY ROBOTY	39
9.1	ULTRAZVUKOVÝ SENZOR HC-SR04.....	39
10	BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE ROBOTY.....	40
10.1	BLUETOOTH MODUL HC-06.....	40
10.2	KOMUNIKACE MEZI MOBILNÍM TELEFONEM A ARDUINEM.....	40
11	SOFTWARE	41
11.1	SOFTWARE PRO ARDUINO MEGA	41
11.1.1	Software pro dálkové ovládání.....	41
11.1.2	Software pro autonomní režim	42
11.2	SOFTWARE PRO MOBILNÍ TELEFON.....	43
11.2.1	Popis programu	43
11.2.1.1	Úvodní obrazovka	43
11.2.1.2	Ovládací obrazovka.....	43
11.2.2	Princip a formát zasílaných dat	44
12	OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI ROBOTY	45
12.1	REŽIM BEZDRÁTOVÉHO OVLÁDÁNÍ.....	45
12.2	AUTONOMNÍ REŽIM	46
12.3	MOŽNÁ VYLEPŠENÍ.....	46
	ZÁVĚR	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	48

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	50
SEZNAM OBRÁZKŮ	52
SEZNAM TABULEK.....	53
SEZNAM PŘÍLOH.....	54

ÚVOD

Bakalářská práce se věnuje návrhu mobilního robota, kterého bude možné bezdrátově řídit v jednom režimu a který bude částečně autonomní v druhém režimu, což znamená, že se bude snažit detekovat překážky a následně zabraňovat kolizím s nimi pomocí použitých senzorů.

Toto téma bakalářské práce jsem si zvolil proto, neboť problematika mikropočítačů a jimi ovládaných členů mě během studia nejvíc zaujala, a také proto, že mikropočítače se v dnešní době využívají, až na výjimky, ve skoro všech elektronických zařízeních, počínaje jednoduchými blikáčkami na kolo, přes pračky, až po složitá průmyslová zařízení. Proto si myslím, že je vhodné vyzkoušet si přímo jejich praktické využití. K tomuto účelu jsem si zvolil výrobu vlastního mobilního robota. Právě robot je jednou z atraktivních možností, kde si lze názorně vyzkoušet využití mikropočítačů.

Už od pradávna se lidé zabývali výrobou strojů, které by jim usnadnili život a dělali práci místo nich. V roce 1920 český spisovatel Karel Čapek představil veřejnosti slovo robot ve své hře R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti). V této hře jsou roboti vyobrazeni jako stroje, které vypadají jako lidé, ale jsou vyráběni ze součástek. Tyto stroje jsou blízko dnešní představě robota, který je plně inteligentní.

V současné době znamená slovo robot mechanický prostředek, který automaticky vykonává práci. Zpravidla se jedná o elektromechanické stroje, jenž jsou ovládány počítačovým programem. Nyní se také usiluje o to vytváření robotů, kteří mají umělou inteligenci a snaží se vytvářet si sami programy na základě minulosti. Postupem času se roboti stávají čím dál více sofistikovanějšími a dokonalejšími.

Dnes se roboti používají napříč všemi odvětvími. V domácnostech se můžeme setkat s robotickými vysavači, jenž sami vysávají místnosti, i když v nich jsou překážky. Armádní roboti vykonávají nebezpečné práce místo lidí, jako odjišťování min a bomb. Lékaři využívají roboty k operacím, jelikož jsou daleko přesnější než lidé. Záchranáři používají roboty pro průzkum sutin, kam se lidé nemají možnost dostat. V Japonsku se snaží vyvíjet roboty, kteří by pečovali o staré a nemocné lidi. Bylo by možné najít mnoho dalších příkladů, kde se roboti v dnešním světě používají.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ROBOTY

1.1 Robotika

Robotika je obor, který se zabývá konstrukcemi, stavbami a návrhy robotů. Dále v sobě spojuje prvky automatizace, ovládání, mechaniky, regulace, kinematiky, fyziky, algoritmi- zace, programování a mnohé další. Kombinace těchto oborů se nazývá mechatronika. Jeli- kož má robotika takto rozsáhlé a široké spektrum oborů, které pronikají do různých oblastí lidské činnosti, je také nutná znalost prostředí a vzájemného působení. Proto se při návrhu a konstrukci robotů pracuje většinou v týmu více lidí. Pojem robotika jako první použil spisovatel Isaac Asimov ve své povídce „Hra na honěnou“.[3][4]

1.1.1 Historie robotiky

1.1.1.1 Průmyslová robotika

V roce 1954 získal George Devol první patent týkající se robotiky. Jeho firma Unimation vyrobila prvního průmyslového robota. V roce 1961 byl nasazen do průmyslu, kde bylo jeho hlavním úkolem přemísťování objektů z jednoho místa na druhé. Společnost Unimati- on měla minimum konkurence až do konce 70. let, kdy do robotiky vstoupilo několik vel- kých japonských firem. Americké patenty nebyly v Japonsku uznávány a firma Unimation neměla japonské patenty, proto mohly japonské firmy vyrábět podobné roboty. [21]

1.1.1.2 Experimentální robotika

Roku 1961 H. A. Ernst zrealizoval ve své doktorské práci první moderní experiment s robotem, když připojil k ručně ovládanému manipulátoru počítač. Pomocí dotykových a foto optických čidel přímo v dlani, mohl tento robot vyhledat a zvednout jakýkoliv předmět položený na stole. [21]

V polovině šedesátých let byly zahájeny experimenty ve třech specializovaných laborato- řích v USA (Stanfordský výzkumný ústav, MIT, Stanfordská univerzita), o pár let později také ve Velké Británii (Edinburská univerzita) a na několika místech v Japonsku (Elektro- technická laboratoř v Tokiu, Wasedská univerzita, laboratoře firem Hitachi a Mitsubishi). [21]

1.2 Robot

V roce 1920 se ve hře R.U.R od Karla Čapka poprvé objevilo slovo robot, které je dnes nejnámějším českým slovem na světě.

Existuje mnoho definic slova robot, ale ve snaze vytvořit všeobecně přijatelnou definici stanovila Mezinárodní organizace pro standardizaci definici robotu v normě ISO 8373:

„automaticky řízený, opětovně programovatelný, víceúčelový manipulátor pro činnost ve třech nebo více osách, který může být buď upevněn na místě, nebo mobilní k užití v průmyslových automatických aplikacích“

1.2.1 Dělení robotů

Roboty lze dělit podle více kritérií. Například podle vzhledu, jejich účelu, autonomie, pohybových vlastností, způsobu naprogramování.

Podle schopnosti pohybovat se je dělíme na:

- Stacionární
- Mobilní

Stacionární robot nemá možnost se přemisťovat z místa na místo, většinou se jedná o výrobní automaty nebo manipulátory. Zatímco mobilní mají výhodu pohybovat se po okolí, tak jak jim to konstrukce dovolí.[22]

1.2.2 Mobilní roboty

Mobilní roboty je možné dělit podle mnoha kritérií. Mezi základní patří rozdělení na **autonomní** a **dálkově řízené**.

Tyto roboty mají různou úroveň autonomie od pouze dálkově řízených, až po plně autonomní. Dálkově řízený mobilní robot vykonává pouze příkazy lidského operátora. Existují typy robotů, jenž mohou být na některé činnosti částečně autonomní, takový robot se nazývá semiautonomní. Plně autonomní robot plní své činnosti zcela bez lidského zásahu, případně pouze obdrží od operátora zadání svých úkolů, ale poté si sám zvolí nejlepší způsob řešení. [5]

1.2.2.1 *Dělení podle prostředí, ve kterém se pohybují:*

- Na souši (terrestrial)
- Ve vesmírném prostředí (space)
- Ve vodě (aquatic)
- Ve vzduchu (airborne)
- Vnitřní/vnější prostředí (indoor/outdoor)
- Hybridní [2]

1.2.2.2 *Dělení podle typu pohybového subsystému:*

- Kolové
- Pásové
- Kráčející
- Plazivé
- Šplhající
- Skákající
- Hybridní

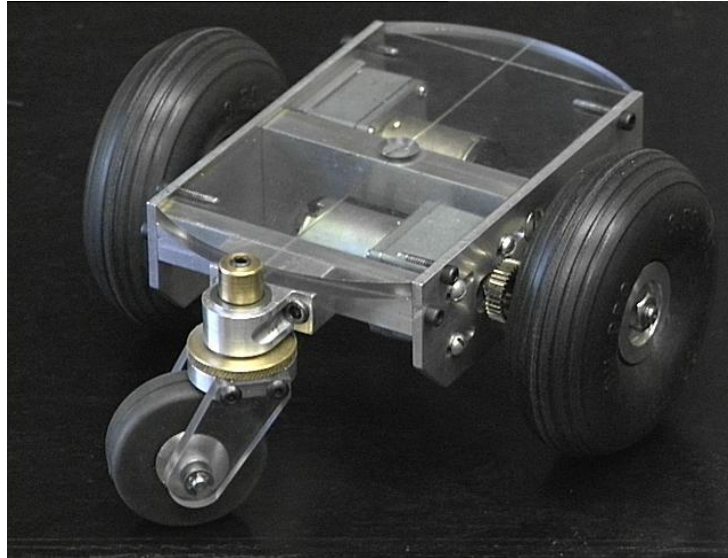
Nejrozšířenější jsou kolové, pásové a kráčející. [2]

Kolové roboty

Kolové mobilní roboty s kolovým podvozkem tvoří největší skupinu. Z hlediska konstrukce těchto robotů, lze použít různé typy kol – standardní, Weinsteinovy, všesměrové, článkové atd. Důležitým parametrem u tohoto typu robotů je počet stupňů volnosti jejich pohybu. Jeden stupeň volnosti znamená, že se robot může po povrchu odvalovat pouze podél jedné osy. Má-li kolo více stupňů volnosti, tak se pohybuje kolem dvou os, které jsou buď rovnoběžné s povrchem (např. kulička mechanické počítačové myši), nebo může být jedna osa rovnoběžná a druhá kolmá (např. přední kola auta). [2]

Dalším důležitým parametrem je počet kol, kde je dělíme na jednokolové, dvoukolové, tříkolové, čtyřkolové, šestikolové, osmikolové a zvláštní konstrukce. Nejjednodušší je tří-

kolové uspořádání, kde se používají dvě nezávisle hnaná kola a jedno volně otočné nepoháněné kolo. Výhodou tohoto typu je manévrovatelnost, kdy je robot schopen se otáčet na místě kolem osy. Nevýhodou je horší průchodnost terénem. [2]



Obrázek 1 Tříkolový robot s dvěma diferenčně řízenými koly [8]

Dalším využívaným typem je tzv. Ackermanův podvozek, kdy u čtyřkolového uspořádání se jedná o typ, známý u automobilů. V mobilní robotice se nejčastěji používá kombinace dvou zadních hnacích kol a předních natáčecích.[3]

Mobilní roboty se všesměrovými koly tvoří další skupinu, zde se nejčastěji jedná o tříkolové a čtyřkolové podvozky, jež mají všesměrová kola. Tyto systémy dovolují robotu volně se pohybovat ve všech směrech a zatáčet nebo rotovat na velmi malém prostoru. Jejich nevýhodou je vyšší cena, kvůli náročnější výrobě, a také malá schopnost zdolávat překážky. [3]

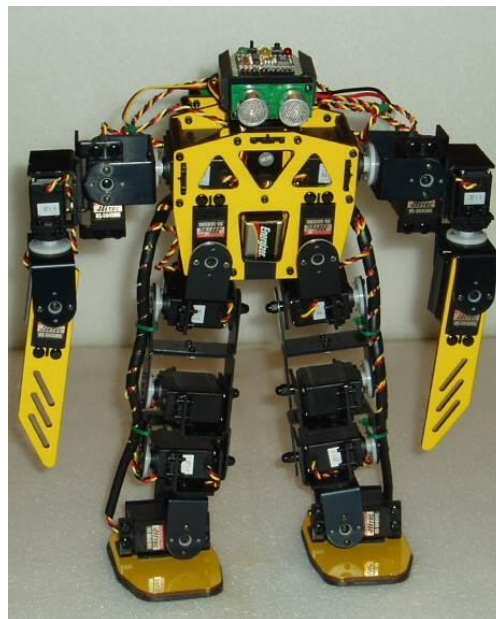
Pásové roboty

Princip pásových robotů je velice podobný principu diferenciálního podvozku, akorát zde jsou kola rozšířena o pásy, což značně zlepšuje robotovi průchod v terénu. Zatáčení je u tohoto typu energeticky náročnější, protože jej doprovází smyk. Jelikož u pohybu dochází ke zmiňovanému smyku, je zde nutné použít složitější metodu sebe lokalizace, proto se tento druh podvozku většinou používá pro speciální aplikace v armádě (průzkum terénu, odminování, dekontaminace), bezpečnostních složek (průzkum a manipulace s nebezpečnými předměty). V interiérech se uplatňuje v jízdě do schodů nebo ze schodů.[2]

Kráčející roboty

Důležitou vlastností kráčejících robotů je, zda jsou staticky stabilní, což znamená, že se robot v žádném okamžiku nemůže převrhnout, ani při vzniku chyby, třeba kvůli špatné synchronizaci pohybů jednotlivých končetin. Většina robotů je řešena jako staticky stabilních. Opakem jsou dynamicky stabilní roboty, kdy se využívá setrvačnosti hmoty, což znamená komplikace při návrhu a většinou složité matematické modelování.[3]

Dalším parametrem kráčejících robotů je počet nohou a počet stupňů volnosti na jednotlivé končetiny. Pro požadavek statické stability, je nutný minimální počet čtyř nohou, avšak nevýhodou je, že musíme uměle měnit těžiště a pohyb zde provádí vždy jen jedna končetina, tudíž je značně pomalý. Proto se většinou využívají roboty šestinohé, kdy se může v jednom okamžiku pohybovat více noh a není nutné přesouvat hmotu pro změnu těžiště robota. Počet stupňů volnosti jednotlivých končetin bývá u dvounohých zpravidla pět. U vyššího počtu končetin (čtyři až šest) to je většinou jeden až tři. Vyšší počet stupňů volnosti znamená, vyšší počet pohonů, což zvyšuje cenu, složitost a hmotnost celého systému. [3]



Obrázek 2 Dvounohý kráčející robot [9]

2 POHONNÉ SUBSYSTEMY ROBOTŮ

U mobilních robotů se nejvíce využívají rotační elektromotory. Pro potřebu vyššího výkonu se používají elektrohydraulické pohony. Z důvodu příznivého poměru výkon/hmotnost se využívají zejména stejnosměrné komutátorové motory.[2]

2.1 Stejnosměrné motory

Často využívaným typem pohonu mobilních robotů jsou stejnosměrné motory s permanentním magnetem. K jeho výhodám patří příznivý poměr výkon/hmotnost, relativně jednoduché řízení otáček a cena. Nevýhodou je horší polohové řízení oproti krokovým motorům. Z důvodu, že stejnosměrné motory pracují na relativně vysokých otáčkách, je často nutné využít převodovku pro jejich snížení. Převodovky mohou být součástí daného motoru. [2]

Stejnosměrné motory se skládají ze tří částí:

- Stator

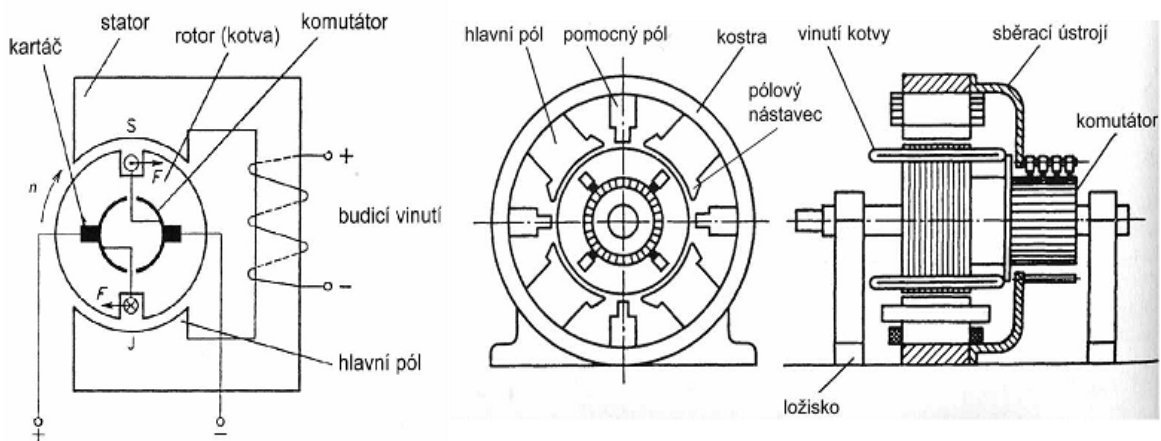
Nehybná pevná část, nejčastěji tvořena magnetickým obvodem z pevného magnetu s drážkami, v nichž jsou hlavní póly (cívky, které vytvářejí elektromagnetické pole), jenž jsou pravidelně prostřídány a navzájem magneticky opačně orientovány. Za hlavním pólem dané polaroty následuje ve směru otáčení kotvy pomocný pól téže polaroty.[7]

- Rotor

Rotační část, tvořena cívkami, do nichž přivádíme elektrickou energii, která vytvoří rotorové magnetické pole, jenž pak interakcí se statorovým polem, vytvoří pohyb

- Komutátor (rotační přenosové ústrojí)

Přivádí správně orientovaný proud do cívek rotoru tak, aby všechny proudem protékané cívkové strany vytvářely v magnetickém poli hlavních pólů točivý moment souhlasného směru. Ke komutátoru přiléhají grafitické kartáče. Umístění, složení, zabroušení a zaběhání kartáčů významně ovlivňují průběh komutace. [7]



Obrázek 3 Schéma stejnosměrného motoru [7]

2.2 Krokové motory

K výhodám krokových motorů patří životnost a polohové řízení bez potřeby senzoru rychlosti, případně polohy. Nevýhodou je zejména poměr výkon/hmotnost a horší dynamické vlastnosti.

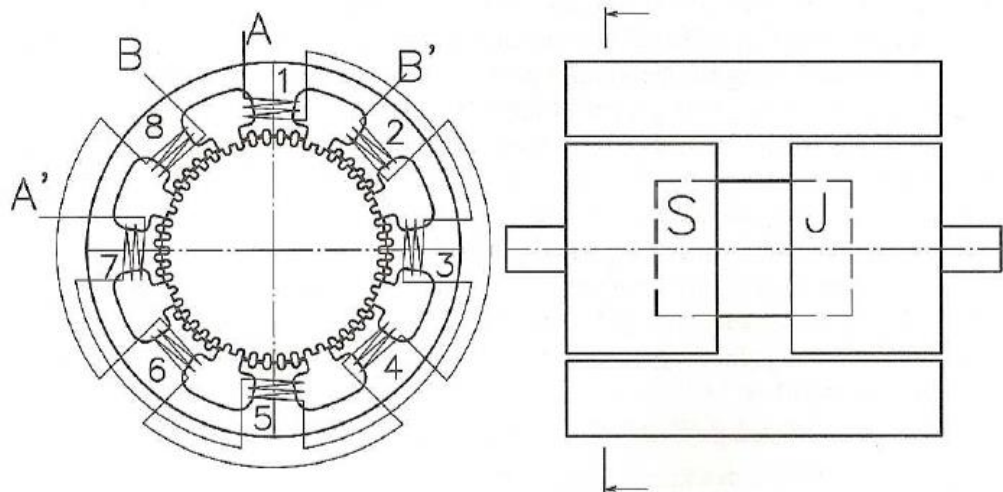
2.2.1 S pasivním rotorem

Jedná se o nejstarší konstrukce krokových motorů. U krokového motoru s úhlem kroku 15° je stator tvořen svazkem ocelových plechů s osmi vyniklými pólovými nástavci nesoucími jednoduchá vinutí jednotlivých fází. Rotor je tvořen buď jedním kusem ocele, případně stejně jako stator svazkem plechů, jež má šest vyniklých pólových nástavců o stejné šířce jako statorové. Mezi pólovými nástavci statoru a rotoru je velmi malá vzduchová mezera. Protilehlé páry statorových vinutí jsou zapojeny v sérii a tvoří severní a jižní pól. Tento typ nejlépe poznáme podle toho, že rotor se při pohybu rukou pohybuje plynule, bez zřetelného krokování. [2]

2.2.2 Hybridní krokový motor

V dnešní době se jedná o nejpoužívanější typ krokového motoru. U popisovaného motoru (Obrázek 4.) je stator tvořen 8 hlavními pólovými nástavci, které jsou dále rozdělené na 5 zubů. Na každém hlavním pólovém nástavci je vinutí cívky. Rotor je tvořen hřídelí z nemagnetické oceli, na které jsou nalisovány dva pólové nástavce z plechů. Pólové nástavce jsou rozděleny na 50 zubů o stejné šířce jako rotorové. Rotorové pólové nástavce jsou vzájemně v osovém směru natočeny tak, že proti osám zubů jedno jsou osy drážek

druhého. Aby se rotor potočil o krok, fázové vinutí A se přestane napájet a začne se napájet fázové vinutí B proudem s kladnou nebo zápornou polaritou, podle požadovaného směru otáčení. Chceme-li otočit ve směru hodinových ručiček, volíme sekvenci +A, -B, -A, +B, +A. Tento způsob činnosti se nazývá: „dvoufázový s bipolárním napájením“. [2]



Obrázek 4 Řez hybridním krokovým motorem s úhlem kroku $1,8^\circ$ [2]

2.3 Servomotory

Servomotory jsou motory, u kterých lze nastavit přesné natočení osy. Nejčastěji se jedná o elektrické, hydraulické nebo pneumatické motory. Velmi rozšířenými v robotice a RC modelech jsou modelářské serva.

2.3.1 Modelářské servo

Modelářské serva obsahují stejnosměrný motorek, převodovku a potenciometr sloužící jako senzor úhlu natočení. Hodnota natočení se provádí pomocí šířkově modulovaného signálu (PWM) s periodou 20 ms, kde šířka pulzu je v rozmezí 1ms až 2ms (některé servomotory, reagují v širším rozsahu od 0,5 ms do 2,5 ms). Šířka pulzu 1ms odpovídá maximálnímu levému natočení a 2 ms pak maximálnímu pravému natočení. Střední poloha pak je při šířce 1,5 ms. Úhel natočení bývá u většiny servomotorů $\pm 90^\circ$ resp. 180° . Výhodou u servomotorů je, že obsahují také elektroniku, tudíž nám k jeho řízení stačí generovat pouze řídicí signál. [2]

Na vstup servomotoru přichází periodicky řídicí impulz, který spouští monostabilní klopný obvod, který vygeneruje pulz o délce momentální poloze serva, ale opačné polarity než je vstupní řídicí signál. Tyto dva impulzy se porovnají a výsledkem je rozdílový impulz, který po zesílení způsobí natočení elektromotoru. Elektromotor otáčí hřídelí a potenciometrem, který funguje jako zpětná vazba polohy do monostabilního klopného obvodu. Jakmile se impulz generovaný monostabilním klopným obvodem, vyrovná vstupnímu řídicímu impulsu, tak servomotor dosáhne požadované polohy.[2]



Obrázek 5 Modelářské servo

3 SENZORY

Použité senzory mohou plnit mnoho funkcí, ale z pohledu robota jsou významné pouze senzory sloužící k navigaci a diagnostice robotu.[2]

Senzory lze rozdělit do dvou základních skupin **interní** a **externí** senzory.

3.1 Interní senzory

Interní senzory dávají robotu informace o jeho subsystémech. Pro diagnostiku to je stav akumulátoru, kontrola teploty nebo monitorování komunikace. V ohledu navigace to jsou informace o akčním subsystému, jako je rychlost a poloha jednotlivých pohonů. Z těchto informací je pak řídicí systém schopen pomocí kinematického modelu určit vliv těchto hodnot na pohyb robota. Tento typ systému je možné použít pouze u pozemních robotů, kde je zajištěn stálý kontakt se zemí bez prokluzu. V jiných případech, jsou tyto senzory pro navigaci pouze orientační.[2]

3.2 Externí senzory

Získávají informaci o prostředí, z hlediska robota jsou významné pouze senzory sloužící k jeho navigaci.

Tu můžeme rozdělit na:

- Lokální navigace – rozpoznávání, vyhýbaní a udržování si vzdálenosti od překážek
- Globální navigace – zjištění polohy a orientace robota vůči vnějšímu světu

Externí senzory můžeme také rozdělit na:

- Aktivní – získávají informace z vlastního odraženého záření
- Pasivní – získávají informace ze záření z okolí

Mezi nejjednodušší senzory patří dotykové (taktilní), dále se používají bezdotykové (infračervené, ultrazvukové), jež detekují překážky a zabraňují případné kolizi. [2]

3.2.1 Dotykové (taktilní) senzory

Taktilní senzory jsou využívány pro poskytování informací o kolizích s překážkami, jež je vyhodnocováno přímým fyzickým kontaktem senzoru s překážkou. Při dotyku s překážkou

dojde k sepnutí/rozepnutí elektrického obvodu, což má za následek změnu logické úrovně, kterou vyhodnocujeme. Mezi jeho výhody patří nízká cena. Nevýhodou je malý dosah a nutnost fyzického kontaktu s překážkou. [3]



Obrázek 6 Mikrospínač [11]

3.2.2 Bezdotykové senzory

Informují o překážce v bezpečné vzdálenosti. Patří zde infrsenzory, ultrazvukové senzory, laserové snímání atd.

3.2.2.1 *Infračervené senzory*

Tyto senzory slouží k detekci překážek v blízkém okolí robotu, od jednotek milimetrů až po desítky centimetrů. Senzory jsou složeny z IR LED diody, která vytváří infračervené záření, nejčastěji kolem vlnové délky 880 nm, jež pro člověka není okem viditelné. Pro detekci tohoto světla, jsou využívány fototranzistory citlivé v infračervené oblasti. Tyto senzory poskytují dvouhodnotový signál – detekuje odražený signál (detekce překážky)/ nedetekuje odražený signál (není detekována překážka). V praxi bývá IR fototranzistor doplněn specializovaným IR přijímačem s integrovaným demodulátorem. Výhodou tohoto řešení je zvýšená odolnost vůči šumu (např. odražené sluneční záření), protože senzory jsou citlivé pouze na vlnovou délku generovanou IR LED diodou. Nevýhodou infračervených senzorů je, že na množství odraženého světla hraje vliv barva a druh povrchu překážky. [2]

3.2.2.2 *Ultrazvukové senzory*

Princip těchto senzorů je založen na měření doby mezi vysláním akustického signálu a přijetím odraženého signálu. Nejčastější frekvence akustického signálu jsou hodnoty nad

40kHz. Jelikož je rychlost zvuku ve vzduchu relativně malá, pak je doba mezi odesláním a přijetím signálu výrazně vyšší než u laserových, radarových a IR senzorů, díky tomu lze dosáhnout vysoké přesnosti měření, bez velkých nároků na vyhodnocovací obvody. Proto jsou tyto senzory relativně levné. Mezi jejich nevýhody patří vyšší perioda měření, tlumení ultrazvukového signálu, jež omezuje jeho dosah na desítky metrů, některé i jen do jednotek metrů. Jeden z dalších problémů nastává, když signál dopadá pod ostrým úhlem na hladký povrch překážky, poté se odrazí dál a zpětně do sonaru se vrátí, až odraz od vzdálenější překážky, nebo se signál vůbec nevrátí. [2]

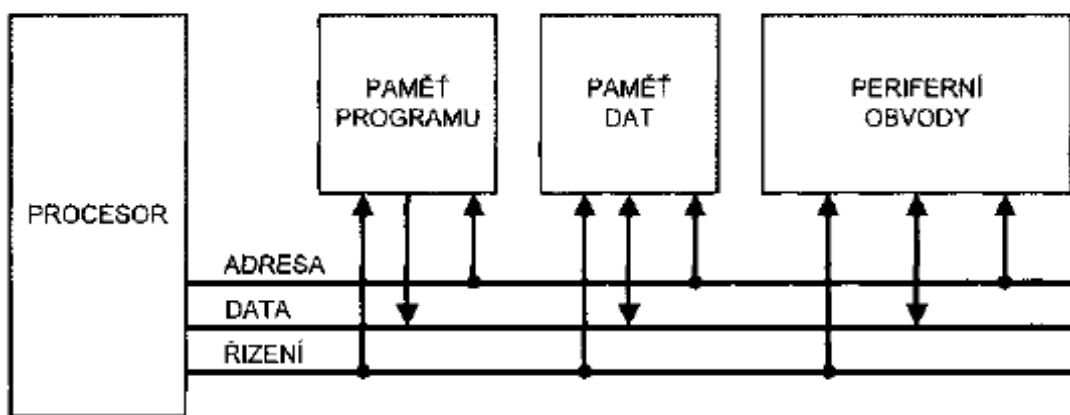


Obrázek 7 Ultrazvukový senzor [14]

4 MIKROPOČÍTAČE

Mikropočítače jsou programovatelné logické obvody, které se využívají tam, kde je zapotřebí zjednodušit složité elektronické systémy. Výhodou mikropočítačů je snadná změna funkce celého systému obměnou programu, aniž bychom museli zasahovat do jeho konstrukce. [10]

Hlavní části mikropočítače jsou mikroprocesor, operační paměť (paměť programu a dat), vstupní a výstupní obvody. Vzájemné spojení jednotek je realizováno pomocí sběrnic.



Obrázek 8 Zjednodušené schéma mikropočítače [1]

4.1 Mikroprocesor (procesor)

Mikroprocesor řídí činnost celého mikropočítače, obstarává provádění instrukcí uložených v paměti programu, zpracovává data v paměti, řídí tok dat z mikropočítače.

Mikroprocesor se skládá:

- Aritmeticko-logická jednotka (ALU)

Provádí aritmetické operace jako sčítání, odečítání, násobení a dělení nebo také jednoduché logické operace jako logický součin, součet nebo negaci.

- Řadič

Řídí činnost celého mikropočítače. Dekóduje postupně instrukce programu uložené v paměti a generuje signály zajišťující činnost ostatních bloků mikropočítače.

- Pomocné registry

Velmi rychlé paměťové bloky s malou kapacitou (většinou jedno slovo).

4.2 Paměť

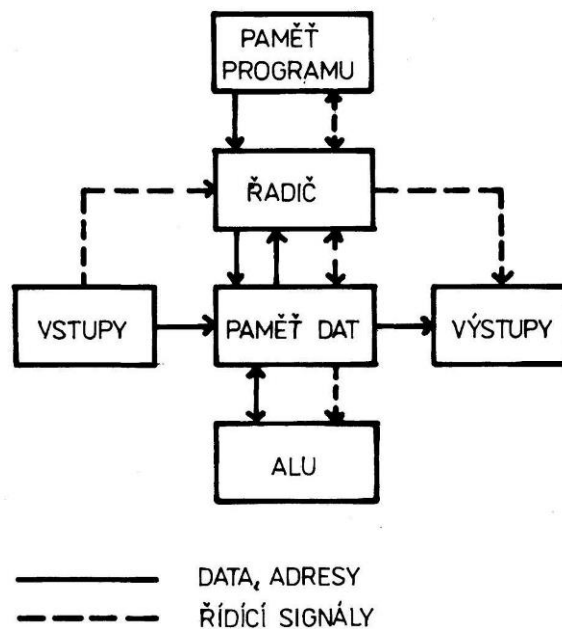
Většina mikropočítačů je založena na harvardské architektuře, kde je paměť dat a paměť programu fyzicky oddělena, což přináší řadu výhod i nevýhod. Mezi výhody patří:

- Program nemůže přepsat sám sebe
- Paměti mohou být vyrobeny odlišnými technologiemi
- Velikost nejmenší adresovatelné jednotky může mít každá paměť jinou

Nevýhody:

- Vyšší náklady a nároky na vývoj, kvůli dvěma sběrnicím
- Nevyužitou část paměti dat nelze použít pro program a obráceně

Opakem harvardské architektury je von Neumannova architektura, která má společnou paměť pro program i data. [10]



Obrázek 9 Harvardská architektura [12]

4.3 Periferní obvody

Periferní obvody tvoří velmi pestrou skupinu obvodů. I přes jejich pestrost však lze nalézt obecně platné vlastnosti. Většinou je více periferních obvodů integrováno do jedné periferní jednotky – např. několik časovačů a čítačů, několik paralelních bran, vícekanálový A/D převodník, atd.[6]

Základem periferní jednotky jsou obvody, které zpracovávají signál. Mezi ně patří: převodníky, čítače, výkonové oddělovací členy a mnohé další. Mikroprocesor s nimi komunikuje skrz datovou sběrnici. Jelikož bývá v jednotce integrováno několik periferních obvodů, jsou data ukládána do datových registrů. K řízení těchto obvodů slouží řídicí registry. Dále ke zjištění stavů obvodů, jako např. skončení A/D převodu, slouží stavové registry. U mikropočítačů bývají stavové i řídicí registry seskupeny v jedné oblasti vnitřní paměti.[6]

4.4 Instrukční soubory

Instrukční soubor je sada všech instrukcí, které procesor umí vykonat.

4.4.1 CISC

Instrukční soubor typu CISC obsahuje instrukce delší a složitější, které by bylo možné sestavit z většího počtu jednoduchých instrukcí. Většinou jsou tyto instrukce „šity na míru“ pro snadnější kompilaci z jazyka C, což má za následek složitý řadič procesoru, řešený jako mikroprogramový automat. Celý procesor je pak pomalejší. [1]

4.4.2 RISC

Instrukční soubor RISC je oproti CISC zúžený na pečlivě vybrané jednoduché, často používané instrukce. Řadič je zde koncipován jako sekvenční obvod s kladeným důrazem na rychlost. I když je sestavený program z jednoduchých instrukcí RISC delší než program sestavený z CISC, celková doba provedení je kratší. Všechny instrukce zde mají jednotnou délku a zpravidla jsou prováděny v jednom strojním cyklu. [1]

5 BEZDRÁTOVÝ PŘENOS INFORMACÍ

Dnes je mnoho technologií a protokolů, jak lze bezdrátově ovládat roboty. Nejdůležitějším kritériem, při volbě vhodné bezdrátové technologie je její dosah a rychlost přenášených informací.

U hraček na dálkové ovládání, se používá pro přenos informací modulace o nosné frekvenci, která je nejčastěji 27 MHz, ale existují také hračky využívající 35 nebo 45 MHz. [13]

Většina dnešních rádiem řízených modelů (RC modely) pracuje v pásmu 2,4GHz, což je pásmo Wi-Fi, kterým se dnes také mohou řídit mikropočítače. [13] Další z možností jak bezdrátově řídit mikropočítače je infračervené ovládání a ovládání pomocí standardu Bluetooth. U mého modelu robota jsem zvolil ovládání pomocí Bluetooth, jelikož je dnes velmi rozšířené a implementované ve většině mobilních telefonech a počítačích.

5.1 Infračervený přenos dat

Infračervený přenos dat je využíván na kratší vzdálenost, v praxi se s ním můžeme nejčastěji setkat u dálkových televizních ovladačů. Výhodou je nízká cena a relativně jednoduchá implementace. Mezi nevýhody patří malý dosah, nemožnost využívání na přímém slunečním záření, jelikož slunce silně září v infračervené části spektra. Dále také nutnost přímé fyzické viditelnosti obou zařízení.



Obrázek 10 Infračervený vysílač (ovladač) a přijímač

5.1.1 Norma IrDA

V roce 1993 byla založena asociace Infra Data Association, která v roce 1994 vytvořila první IrDA standard, kterým definovala, jak bezdrátově přenášet digitální data za pomoci infračerveného záření. Tento standard vznikl pro potřeby bezdrátově propojit různá zařízení mezi sebou (notebooky, mobilní telefony, PDA). V dnešní době IrDA sdružuje přes 150 společností, jako Canon, Sony, IBM, Hewlett – Packard atd.[17]

IrDA mezi sebou komunikují pomocí infračervených LED diod, jejich vyzařovací vlnová délka světla je 875nm (tolerance ± 30 nm). Příjímačem jsou zde pin fotodiody, které pracují v generačním režimu (propustí jen ty frekvence, které jsou povoleny pro daný typ IrDA modulace).[17]

5.2 Rádiový přenos

Elektromagnetické vlny v této části spektra (10 kHz až 100 MHz) lze relativně snadno generovat i přijímat, jejich dosah je relativně velký a mohou také prostupovat budovami. Jejich šíření je všesměrové, což znamená, že vysílací ani přijímací antény, nemusí být nějak speciálně směřovány, jak tomu je např. u infračerveného přenosu. Rádiové vlny jsou závislé na konkrétní frekvenci, u nižších frekvencích vlny procházejí snáze skrz překážky, ale s narůstající vzdáleností jejich „síla“ slábne. Vyšší frekvence se šíří více přímočaře a odrážejí se od různých překážek. Jsou také mnohem víc závislé na počasí, třeba na mlze nebo dešti.[18]

5.3 Bluetooth

5.3.1 Popis Bluetooth

V roce 1994 přišla společnost Ericsson s myšlenkou, jak bezdrátově nahradit kabelové propojení (RS-232) mezi počítačem a mobilním telefonem, nebo mezi dvěma telefony. V praxi už v té době existovala bezdrátová komunikace, pomocí infračerveného rozhraní, ale jeho nevýhodou byla nutnost přímé fyzické viditelnosti obou zařízení. V dnešní době je technologie Bluetooth implementována ve většině mobilních telefonech, tabletech, notebookích, stolních počítačích. Díky tomu mohou mezi sebou tyto zařízení komunikovat a přenášet data v rádech metrů, až desítek metrů, bez nutnosti přímé viditelnosti. Výhodou je

i nízká cena Bluetooth adaptérů pro mikropočítače, kdy pak může mikropočítač komunikovat nebo být řízen z jiného zařízení pomocí tohoto standardu.

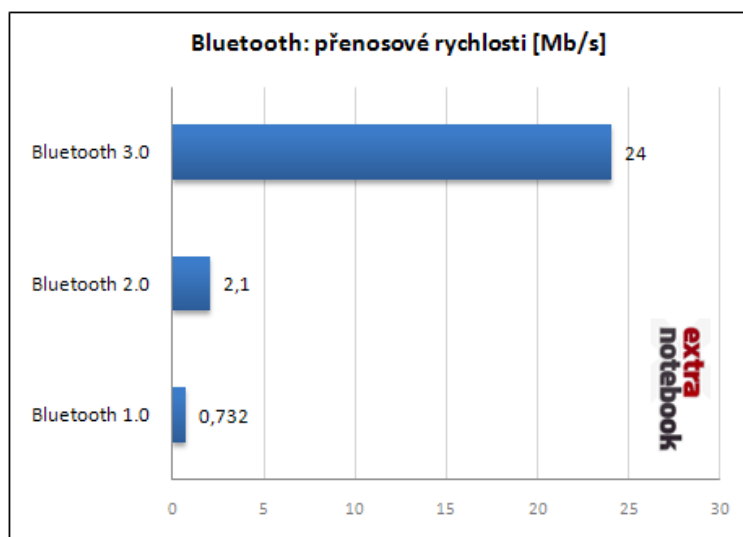
5.3.2 Vývoj Bluetooth

V roce 1999 vyšla první verze 1.0. Tato verze trpěla mnohými chybami a často byl problém docílit toho, aby zařízení mezi sebou komunikovala. Kvůli těmto problémům nebyla první verze komerčně úspěšná. [15]

V roce 2004 byla přijata specifikace nové verze 2.0, u které byla trojnásobně zvýšena rychlost na 2,1 Mbit/s. Roku 2007 vyšla verze 2.1, kdy její hlavním vylepšením bylo bezpečnější a jednodušší spárování zařízení oproti předešlým verzím. Obě tyto verze byly zpětně kompatibilní s verzí 1. [15]

Verze 3.0 byla vydána v roce 2009, předešlé verze měly velice pomalou přenosovou rychlost pro přenos velkých dat (např. videa), právě proto verze 3.0 mnohonásobně zvyšuje přenosovou rychlost na 24Mbit/s a to díky tomu, že při přenášení velkých objemů dat zapojuje rozšířený režim AMP, kdy přenos dat začne probíhat přes Wi-Fi. [15]

Nejnovější specifikace verze 4.0 byla vydána v roce 2010, rychlost zůstává stejná jako u verze 3.0, ale její hlavní vlastností je nízká energetická náročnost, a také jistá miniaturizace. S nasazením tohoto standardu se počítá v medicíně, bezpečnosti, sportu, bezdrátových handsfree, kde by měla vydržet bez nutnosti nabíjení mnohonásobně delší čas (v některých aplikacích i v řadech měsíců nebo let) než předešlé verze. [16]



Obrázek 11 Srovnání přenosové rychlosti Bluetooth [16]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 MECHANICKÁ KONCEPCE ROBOTA

6.1 Základní popis

Při návrhu robota bylo potřeba vycházet především z rozměrů kitu Arduina Mega, které by mělo být dobře dostupné, aby se na něj mohly připojit potřebné periferie robota. Dále pak bylo nutné umístit dva držáky pro tužkové baterie, které zabírají taktéž velkou část místa. Snahou bylo, aby všechny komponenty robota byly co nejvíc přístupné, při zachování rozumných rozměrů.

Základní nosnou částí robota je podvozková deska z dřevěné překližky. Konstrukcí je robot zařazen do dvoukolových robota s diferenciálním řízením, kdy jsou dvě kola hnací a jedno stabilizační otočné kolečko. Komunikaci, řízení mezi jednotlivými prvky a provádění programu obstarává vývojový kit Arduino Mega. Pohon robota je tvořen dvěma stejnosměrnými motory, kdy každý z nich, nezávisle na druhém, pohání jedno hnací kolo. O řízení motorů se stará řídicí můstek L298N. Bezdrátovou komunikaci robota obstarává Bluetooth modul HC-06. Kvůli autonomnímu provozu je robot osazen třemi ultrazvukovými senzory HC-SR04. Pro základní výpis informací je robot vybaven displejem HD44780 (16 znaků, 2 řádky). Napájení je řešeno dvěma na sobě nezávislými okruhy, kdy jeden okruh napájí Arduino Mega 6 kusů AA baterií v sériovém zapojení a druhý okruh napájí pohonný systém robota, taktéž 6 kusů AA baterií v sérii.

Komponenty jsou k základně připevněny pomocí šroubů a matic M3 případně M2.

Všechny elektronické prvky robota jsou spolu propojeny pomocí drátků a nepájivých polí. Výhodou oproti použití desky plošných spojů je snadná možnost přestavby robota v jakékoliv jeho části. Nevýhodou může být nepřehlednost celého zapojení.

6.2 Tělo robota

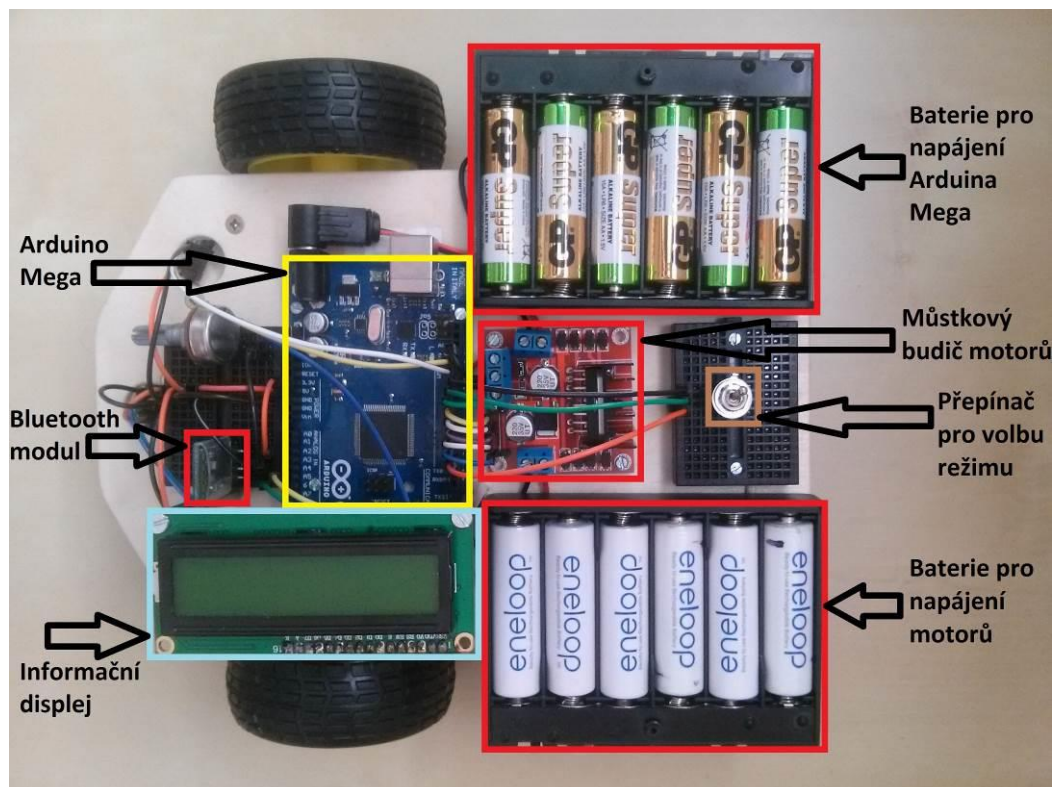
Základnu tvoří dřevěná překližka o rozměrech 200x200x3mm, jejíž tvar byl přesně rozvrhnut a navržen tak, aby se na něj vešly všechny potřebné komponenty, bez zbytečně nevyužitých míst. Základna má po dvou stranách výsek, kde jsou uložena hnací kola tak, aby zbytečně nezvětšovaly rozměry celého robota. Na přední části základny jsou vytvořeny 3 hrany, které vůči sobě svírají úhel 30°.

6.2.1 Parametry robota

- Šířka: 200 mm
- Délka: 200 mm
- Výška: 100 mm
- Výška podvozku: 50 mm
- Váha (včetně baterií): 1 kg

6.2.2 Horní část

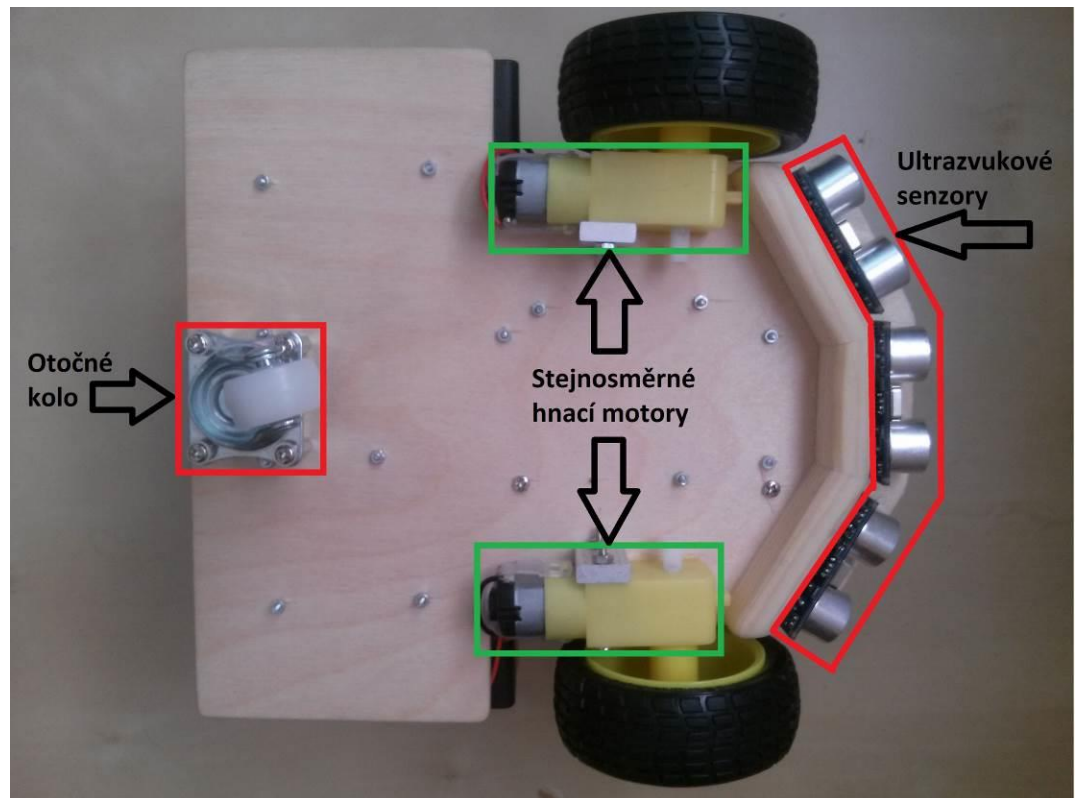
Na horní části je umístěn vývojový kit Arduino Mega, dvě pouzdra na baterie, nepájivé pole s přepínačem pro volbu režimu (ovládání mobilem/autonomní režim), můstkový budič motorů, druhé nepájivé pole s Bluetooth modulem a potenciometrem pro regulaci jasu displeje. Pomocí distančních sloupků (50mm) je zde umístěn také displej.



Obrázek 12 Horní část robota

6.2.3 Spodní část

Na spodní části základny jsou vytvořeny úchyty pro tři ultrazvukové senzory tak, aby případný náraz absorbovala základna a senzory se nemohly poškodit, senzory vůči sobě svírají úhel 30° . Dále jsou na spodní části umístěny dva stejnosměrné motory a jedno otočné kolo.



Obrázek 13 Spodní část robota

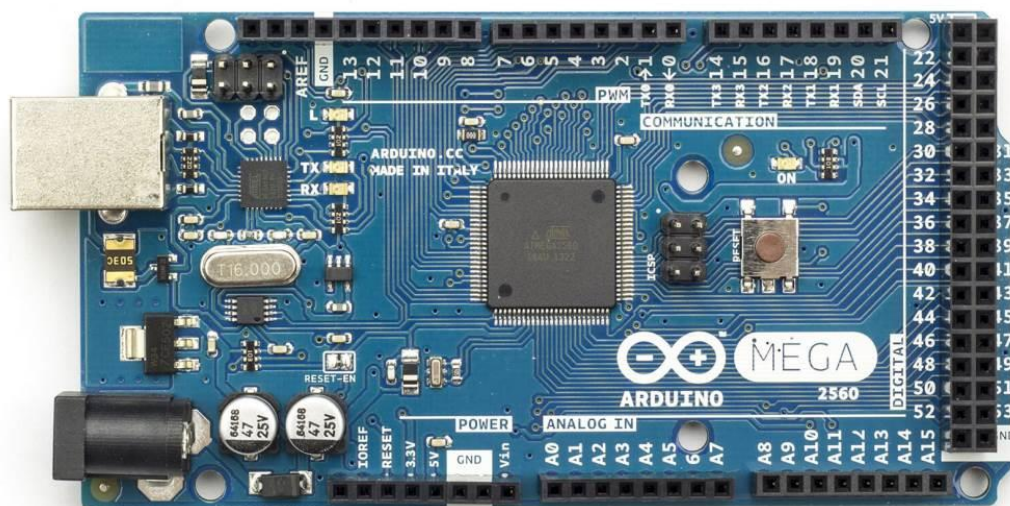
7 ARDUINO MEGA 2560

V robotovi, který je předmětem této práce, je k řízení a ovládání použita vývojová deska Arduino, typ Mega 2560. Arduino Mega 2560 obsahuje mikro počítač ATmega2560. Vývojová deska Arduina se používá pro svoji flexibilitu a kompaktnost bez následné potřeby výroby vlastních plošných spojů. Díky své univerzálnosti se využívá v mnoha různých aplikacích.

7.1.1 Popis Arduino Mega 2560

- Mikropočítač
 - Atmel ATmega2560
 - Takt 16MHz
 - Flash paměť 256kB (8kB zabírá bootloader)
 - SRAM paměť 8kB
 - EEPROM paměť 4kB
- Architektura
 - Atmel AVR
- Komunikace s PC
 - USB
- Napájení
 - 5V USB
 - Doporučeno 7 – 12V adaptér (limitně 6 – 20V)
- I/O piny
 - 54 digitálních pinů
 - 15 PWM (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 44, 45, 46)
 - Sériová linka
 - RX – 0, 15, 17, 19
 - TX – 1, 14, 16, 18

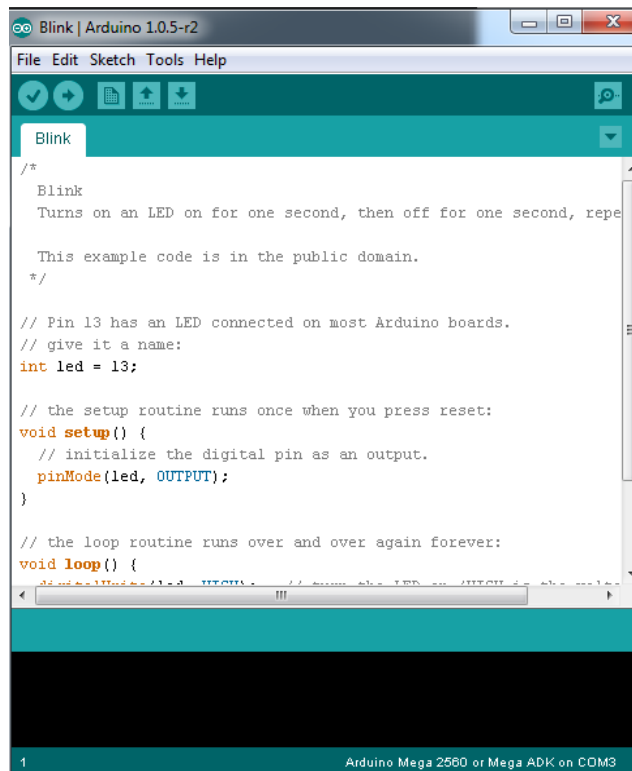
- Externí přerušení (2, 3, 18, 19, 20, 21)
- SPI rozhraní (50, 51, 52, 53)
- I2C rozhraní (20, 21)
- 16 analogových pinů



Obrázek 14 Arduino Mega 2560 [19]

7.1.2 Arduino IDE

Vývojové desky Arduino se programují v prostředí Arduino IDE, které je volně ke stažení na stránkách Arduina. Prostředí je relativně strohé, v podstatě se jedná o lehce rozšířený textový editor, který zvýrazňuje syntaxi klíčových slov. Hlavní menu není nikterak odlišné od jiných programů, pod volbou „File“ můžeme otvírat, ukládat, tisknout, nastavovat a zavírat náš kód. Dále v této sekci najdeme záložku s příklady kódu pro nejpoužívanější periferie. Volba „Edit“ slouží pro úpravu textu, můžeme jej kopírovat, vkládat, odstraňovat, hledat v něm, komentovat příkazy, kopírovat text do HTML kódu. Volba „Sketch“ obsahuje překlad zdrojového kódu, přidání souboru, vkládání knihoven a přístup ke zkompilevanému kódu. Volba „Tools“ nabízí nastavování postu a vývojové desky, monitor sériového rozhraní, formátování zdrojového textu, vypálení bootloaderu pomocí programátoru AVR. V poslední volbě „Help“ můžeme hledat nápovědu a pomoc, ale je nutné připojení k internetu.



Obrázek 15 Vývojové prostředí Arduino IDE

7.1.3 Programovací jazyk

Programovací jazyk, v němž se píší kódy pro Arduino se nazývá Wiring. Tento jazyk původně vznikl pro vývojovou desku podobnou Arduino a vychází z jiného open source projektu Processing. Syntakticky lze tento jazyk zařadit do tzv. C-like jazyků, kde jsou definice funkcí a proměnných, poznámky, středníky, složené závorky podobné jazyku C. Pokud je potřeba vytvářet si vlastní knihovny, tak se zde využívá i objektového programování (C++).[20]

8 POHYBOVÝ SUBSYSTÉM ROBOTA

Pohyb robota je realizován pomocí dvou hnacích kol a jednoho stabilizačního otočného kolečka. Jízda a zatáčení robota je uskutečněno dvěma nezávislými stejnosměrnými motory. Koordinací otáček těchto motorů způsobuje pohyb vpřed, vzad a zatáčení.

8.1.1 Hnací motory

Pohon robota tvoří dva stejnosměrné motory, pro každé hnané kolo jeden hnací motor. Motorů obsahují převodovku s poměrem 48:1, doporučené napájecí napětí je v rozsahu 5-10V. Tyto motorů jsou přímo určeny pro mobilní roboty tohoto typu, prodávají se v tzv. „car kitu“, kde je v balení obsaženo otočné kolečko, plastový podvozek a 2 hnací kola.

8.1.2 Stabilizační a hnací kola

Jak bylo uvedeno v předešlé kapitole, stabilizační i hnací kola byly součástí tzv. „car kitu“. Hnací kola jsou průměru 70 mm a šířky 25 mm. Jsou vyrobeny z povrchu, který dobře přilne k různým typům podlahy a brání případnému prokluzu.

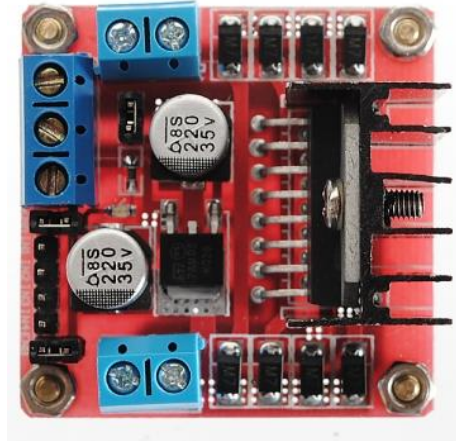
Stabilizační otočné kolečko, které je umístěno vzadu, volně rotuje kolem své osy a zajišťuje natáčení zadní části robota potřebným směrem.

8.1.3 Ovládání motorů – můstek L298N

Ovládání a napájení motorů je realizováno pomocí obvodu pro řízení stejnosměrných motorů s můstkovým budičem L298N. L298N je přímo na plošném spoji se zabudovanými vstupy a výstupy, tento modul se nazývá „Dual H Bridge DC Stepper Motor Drive Controller Board Module L298N“. Modul slouží pro řízení směru a rychlosti otáček u stejnosměrných a krokových motorů za pomoci pulsně šířkové modulace (PWM).

- Napájení motorů 5 až 35V
- Max. proud 2A
- Provozní proud 0 až 36mA
- Napájení logické části: 5 až 7V
- Řídící signál:
 - Logická 0: 0,3 až 1,5V

- Logická 1: 2,3 až Vss
- Maximální příkon 20W (při teplotě 75°C)



Obrázek 16 Můstek L298N

8.1.3.1 Princip ovládání

Pro ovládání prvního motoru slouží vstupy ENA, IN1, IN2 a pro ovládání druhého motoru ENB, IN3 a IN4. Varianty řízení motoru jsou uvedeny v tabulce:

IN1 (IN3)	IN2 (IN4)	ENA (ENB)	Funkce
H	L	H	Otáčení vpřed
L	H	H	Otáčení vzad
H	H	H	Zastavení
L	L	H	Zastavení
X	X	L	Odpojení motoru

Tabulka 1 Ovládání motorů pomocí můstku

Hodnota H značí logickou 1, hodnota L značí logickou 0 a X je libovolná hodnota. Na vstupy ENA a ENB přivádíme hodnotu PWM (v případě Arduina Mega v rozsahu 0 až 255), která je ve výsledku úměrná dodávané energii do motorů (rychlost otáček kol). Na vstupy IN1 až IN4 přivádíme logické hodnoty, které nám určují podle tabulky chování motoru (směr otáčení, zastavení).

9 SENZORY ROBOTA

Robot je osazen třemi ultrazvukovými senzory HC-SR04, které jsou natočené vůči sobě o 30°, aby při jízdě v před mohly lokalizovat překážky přímo před robotem a také ty, ke kterým se robot blíží z boku.

9.1 Ultrazvukový senzor HC-SR04

HC-SR04 je ultrazvukový senzor, který je velmi často využíván v menších mobilních robotech, díky relativně přesnému měření a nízké ceně.

Senzor funguje na principu, kdy vyšle ultrazvukový signál o kmitočtu 40kHz, který posléze přijme zpátky a z rozdílu času mezi vysláním a přijetím signálu, můžeme díky znalosti rychlosti zvuku ve vzduchu, přepočítat na vzdálenost od překážky. Ultrazvukový signál je mimo spektrum, které dokáže člověk vnímat.



Obrázek 17 Senzor HC-SR04

Typ	HC-SR04
Rozměry	45x20x15 mm
Napájení	5V/30mA
Frekvence	40kHz
Dosah	2 cm až 4 m
Startovací impuls	10μs
Výstup	150μ až 25ms

Tabulka 2 Základní parametry HC-SR04

10 BEZDRÁTOVÁ KOMUNIKACE ROBOTA

Robot je osazen Bluetooth modulem, skrz který komunikuje s mobilním telefonem, tato komunikace funguje na modelu Master/Slave, kde robot je v roli Slave a mobilní telefon v roli Master, což znamená, že komunikace je jednosměrná, pouze mobilní telefon odesílá data robotovi.

10.1 Bluetooth modul HC-06

Pro bezdrátovou komunikaci je v robotovi použit Bluetooth modul HC-06. Tento modul podporuje specifikace Bluetooth verze 2.0+EDR a spadá do výkonové třídy 2 s výstupním výkonem 4dBm. Doporučené napájení je 3,3V (možnost také 5V).

Na modulu jsou osazeny kontakty:

- VCC (napájení +3,3V)
- GND (zem)
- TXD – odesílá data
- RXD – přijímá data



Obrázek 18 Bluetooth modul HC-06

10.2 Komunikace mezi mobilním telefonem a Arduinem

Bluetooth modul HC-06 je připojen na sériovou linku Arduina Mega.

Pro ovládání robota byl vybrán telefon LG L9 II. Tento telefon obsahuje operační systém Android s dotykovým displejem. Samotná komunikace je prováděna skrz vlastní jednoduchý program, který je podrobněji popsán v kapitole Software pro mobilní telefon.

11 SOFTWARE

Softwarové vybavení je vytvořeno jak pro samotného robota (Arduino Mega), tak i pro mobilní telefon, který obsahuje operační systém Android.

11.1 Software pro Arduino Mega

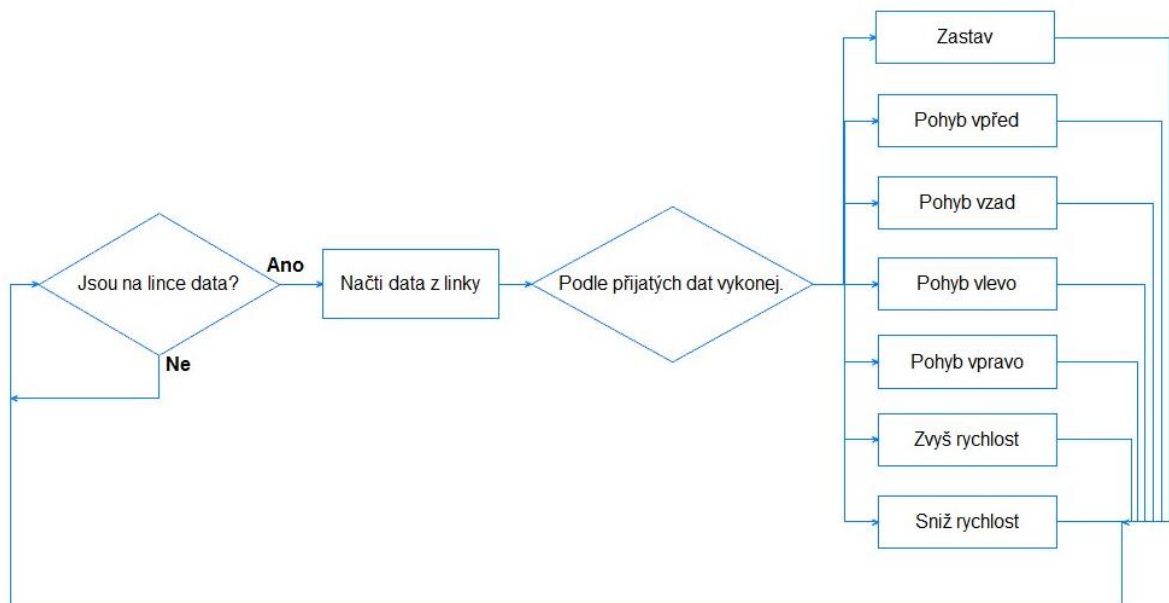
Software pro Arduino lze rozdělit na dvě části a podle polohy přepínače se vykonává jedna z nich:

- Autonomní režim
- Režim dálkového ovládání

11.1.1 Software pro dálkové ovládání

V tomto režimu Arduino zkontroluje, zda jsou nějaké příchozí data na sériové lince (Bluetooth modul), jestli žádné data na lince nejsou (není vysílán žádný příkaz z mobilního telefonu), tak Arduino nic nedělá.

Jestliže jsou nějaké data z mobilního telefonu vysílána, Arduino je načte, vyhodnotí a provede žádanou operaci.



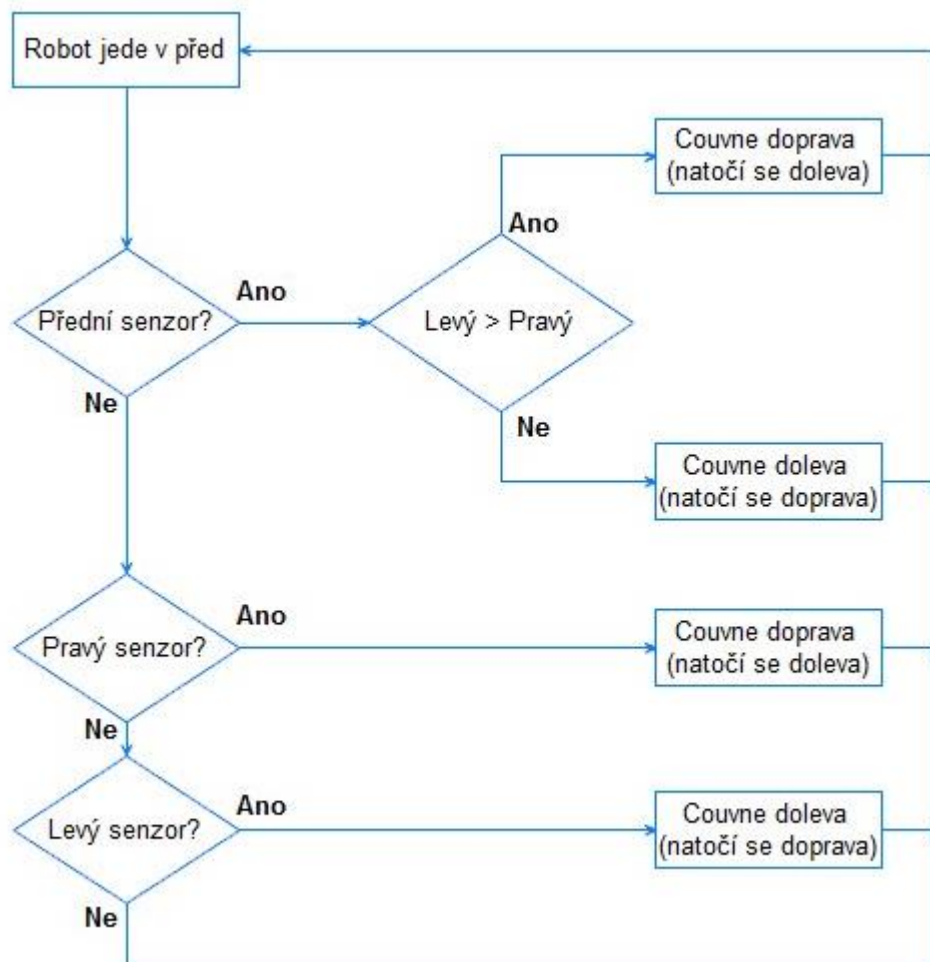
Obrázek 19 Vývojový diagram režimu bezdrátového ovládání

11.1.2 Software pro autonomní režim

V tomto režimu je snahou robota detekovat a vyhýbat se překážkám pomocí ultrazvukových senzorů. Po zapnutí režimu jede robot v před a průběžně přeměřuje na každém senzoru vzdálenost od překážek. Pokud žádný senzor nedetekuje překážku blíže než 35cm od robota, tak jede stále v před.

Je-li zjištěna překážka předním senzorem, robot porovná vzdálenosti pravého a levého senzoru od překážek a natočí se na tu stranu, kde je vzdálenost vyšší a pokračuje v jízdě dopředu.

Detekuje-li překážku pravý senzor, robot se natočí doleva. Při detekci levým senzorem se robot natočí doprava. V obou těchto případech robot pokračuje v jízdě dopředu.



Obrázek 20 Vývojový diagram autonomního režimu

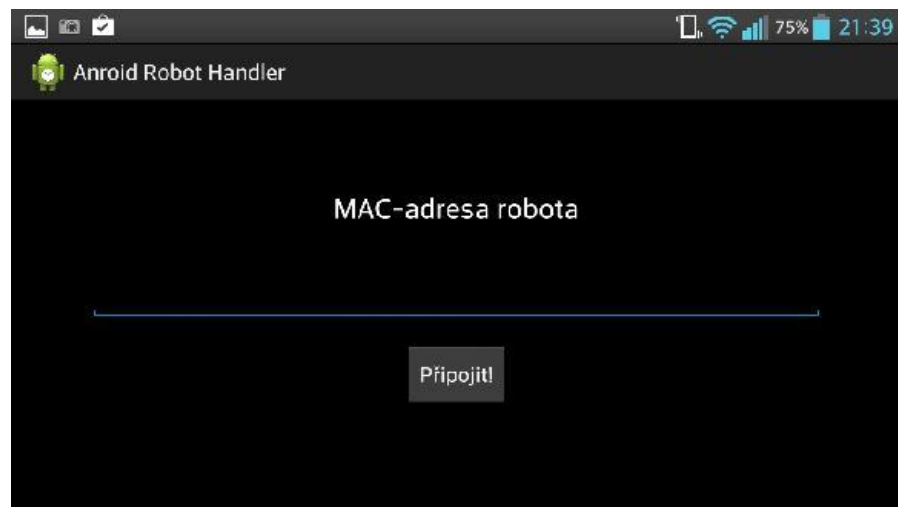
11.2 Software pro mobilní telefon

Aby bylo možné robota bezdrátově ovládat robota přes mobilní telefon, bylo nutné vytvořit potřebný program pro mobilní telefon. Pro tento účel byla vybrána platforma Android, která je momentálně (květen 2014) nejrozšířenějším operačním systémem v mobilních telefonech. Program byl vytvořen ve vývojovém prostředí Eclipse s programovou nadstavbou Android SDK.

11.2.1 Popis programu

11.2.1.1 Úvodní obrazovka

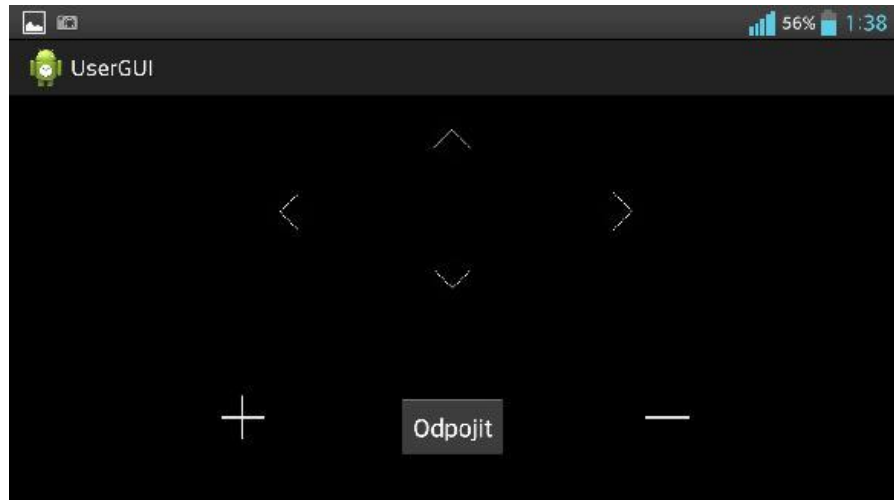
Po spuštění programu se zobrazí úvodní obrazovka, na které se zadává MAC adresa cílového Bluetooth modulu, kterým je osazen robot. Je-li zadána správná MAC adresa, aplikace začne komunikovat s robotem, poté se úvodní obrazovka přepne na druhou obrazovku, odkud je možné zasílat robotovi příkazy.



Obrázek 21 Úvodní obrazovka programu

11.2.1.2 Ovládací obrazovka

V této obrazovce je možné zasílat data, které si následně Arduino vyhodnotí a vykoná příslušnou činnost. V případě robota je to ovládání směru jeho jízdy, podle toho jaká šipka je v aplikaci stisknuta. Tlačítka „+“ a „-“ je možné regulovat rychlost jízdy robota a tlačítkem „odpojit“ se ukončí komunikace a program se vrátí do úvodní obrazovky.



Obrázek 22 Obrazovka pro ovládání robota

11.2.2 Princip a formát zasílaných dat

Princip odesílání dat z mobilního telefonu do Arduina byl vymyšlen tak, že když není stisknuté žádné tlačítko, neodesílají se žádná data, jakmile je stisknuta například šipka dopředu, tak se odešle znak "1", jakmile je stisk přerušen, odešle se znak „0“, což je pro robota pokyn, aby se zastavil, tímto způsobem je to vyřešen problém různě dlouhého stisku pro jízdy do všech stran.

V následující tabulce je ukázán formát odesílaných dat pro jednotlivé požadavky, data jsou typu char.

Požadavek	Odesílané data
Zastavení	0
Vpřed	1
Vzad	2
Vlevo	3
Vpravo	4
Zvyš rychlost	5
Sniž rychlost	6

Tabulka 3 Formát odesílaných dat z mobilního telefonu

12 OVĚŘENÍ FUNKČNOSTI ROBOTA

V této kapitole bude ověřeno, zda je zkonstruovaný robot schopen splnit požadavky zadání. Za prvé, zda lze mobilního robota bezdrátově řídit pomocí mobilního telefonu a za druhé, jestli je robot schopný detekce a následné zabránění kolize s překážkami v neznámém prostředí, za pomoci nainstalovaných senzorů.

12.1 Režim bezdrátového ovládání

Po zapnutí napájení Arduina se začne vykonávat program, který do něj byl nahrán. Jako první je na displeji zobrazen právě aktivní režim, který je nastaven podle polohy přepínače.

Jestliže je přepínač v levé poloze, je vykonáván režim bezdrátového ovládání a na displeji je zobrazen nápis: „Ovládání mobilem Rychlost: X%“, kde X může nabývat hodnot 0 až 100. Tato hodnota ovlivňuje rychlost robota (0 – nejnižší, 100 – nejvyšší).

Pokud na Bluetooth modulu bliká červená LED dioda, znamená to, že k robotovi není připojeno žádné zařízení. V tuto chvíli je nutné na mobilním telefonu zapnout program pro ovládání robota, zadat MAC adresu Bluetooth modulu robota a připojit se k robotovi. Je-li komunikace správně navázána, blikající LED dioda na Bluetooth modulu přestane blikat a začne svítit. V praxi navazování spojení trvá v rozmezí jedné, až pěti sekund. V tuto chvíli je možné robotovi odesílat data.

Bezdrátově je možné pohybovat s robotem dopředu, dozadu, doleva a doprava. Je-li stisknuto jakékoliv tlačítko pro ovládání pohybu, tak následná pohybová reakce robota je téměř okamžitá.

Výsledná pohybová rychlost robota je značně ovlivněna materiálem, po kterém je jeho pohyb vykonáván. Z tohoto důvodu je možné dálkově měnit rychlost robota, aktuální rychlost pohybu je procentuálně zobrazena na displeji robota. Jako výchozí je nastavena maximální rychlost.

Bezdrátová komunikace může být ukončena z mobilního telefonu, je-li odpojení provedeno správně, tak LED dioda na Bluetooth adaptéru robota přestane svítit a začne blikat.

Při praktickém testování dálkového ovládání nebyly nalezeny žádné vážné nedostatky, jedině na co je nutné dávat pozor, zda je komunikace mobilního telefonu a robota korektně ukončena, jestliže se na mobilním telefonu ukončí aplikace bez korektního odpojení, to

znamená, v programu se nestiskne tlačítko „Odpojit“, tak následné opětovné připojení už není možné a je nutné Arduino Mega resetovat.

12.2 Autonomní režim

Jestliže je přepínač v pravé poloze, je vykonáván autonomní režim. V tomto režimu se robot neustále pohybuje a jeho snahou je detekovat překážky a následně se jim vyhnout.

Robot využívá tři ultrazvukových senzorů, kterými je osazen. Senzory informují robota, v jaké vzdálenosti před ním jsou potencionální překážky. Ultrazvukové senzory správně měří vzdálenosti do čtyř metrů, proto by prostory využívané v tomto režimu neměly být větší, jinak se robot nemusí chovat správně.

Při praktickém testování se robotovi dařilo bez problémů pohybovat po místnostech, bez členitějších překážek. Občasné problémy způsobovaly užší předměty, jako například židle od noh.

Přestože jsou senzory natočeny vůči sobě v různých úhlech, dělalo robotovi problém detekovat stěnu, ke které se blížil z boku, protože vyslaný signál ze senzoru se v takovém případě „nevrátil“ zpátky, ale „odrazil se“ od stěny do ztracena. Tento problém by bylo možné vyřešit přidáním dotykových senzorů.

12.3 Možná vylepšení

Jelikož je robot postaven na vývojové open-source platformě Arduino, která je velice rozšířená mezi konstruktéry obdobných prací, existuje na ni obrovské množství připojitelných modulů.

Díky použitému vývojovému kitu Arduino Mega, který má dostatek vstupů a výstupů, a také díky tomu, že jednotlivé díly jsou propojeny pomocí drátku a nepájivých polí, je možné robota kdykoliv přestavět a lehce k němu připojit velké množství dalších senzorů nebo modulů, které by zvyšovaly jeho schopnosti.

Například přidáním infrasenzorů, by bylo možné, aby robot sledoval nakreslenou čáru na podlaze, nebo se zdržoval jen ve vymezeném prostoru. Přidáním dvou fotorezistorů, může robot reagovat na světlo. Existují moduly pro rozpoznávání řeči, pomocí kterých by bylo možné ovládat robota hlasovými povely. Dalším možným vylepšením by mohlo být zobrazování údajů ze senzorů v aplikaci mobilního telefonu.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat mobilního robota, kterého bude možno bezdrátově ovládat v jednom režimu a který bude rozpoznávat a následně se vyhýbat překážkám v druhém režimu.

V teoretické části byl čtenář uveden do světa robotů, kde bylo popsáno jejich rozdělení podle různých kategorií, poté se práce zabývala pohybovými subsystemy a senzory robotů. Dále zde byly popsány mikropočítače a možnosti bezdrátové komunikace.

V rámci praktické části byl vytvořen mobilní tříkolový robot s dvěma diferenčně ovládanými koly, řízený pomocí vývojové desky Arduino Mega 2560. Pohonný subsystem robota je tvořen dvěma stejnosměrnými motory, které jsou připojeny a ovládány pomocí můstkového budiče určeného k ovládání takovýchto typů motorů. Robot je dále vybaven Bluetooth modulem, skrz který může bezdrátově komunikovat. Také je osazen třemi ultrazvukovými čidly, které mohou detekovat překážky v prostředí, ve kterém se pohybuje. Pro možnosti výpisu různých stavů, je robot vybaven displejem. Tyto všechny součástky, včetně držáků pro baterie, byly rozmístěny na mechanickou konstrukci mobilního robota tak, aby robot splňoval požadavky zadání.

Pro sestavení robota bylo vytvořeno programové vybavení s využitím knihoven Arduino, které řídí všechny osazené součástky robota. Taktéž bylo vyvinuto programové vybavení pro mobilní telefon obsahující mobilní operační systém Android.

Po zapojení robota a následném nahrání vytvořeného programového vybavení je možné bezdrátově ovládat směr a rychlost pohybu pomocí mobilního telefonu s vytvořeným programem. Dále je možnost robota uvést do režimu, kdy se neustále pohybuje po neznámém prostředí a díky použitým sensorům detekuje a následně se vyhýbá překážkám.

Díky této bakalářské práci jsem si přímo v praxi vyzkoušel zacházení s mikropočítačem a také si rozšířil obzory v oblasti robotiky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 978-80-7300-110-0.
- [2] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. Vyd. 1. Praha: BEN - technická literatura, 2004. ISBN 80-730-0141-1.
- [3] Šolc, František; Žalud, Luděk. *Robotika*. Brno, VUT FEKT, 2002.
- [4] KARGER, Adolf a Marie KARGEROVÁ. *Základy robotiky a prostorové kinematiky*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008, 265 s. ISBN 80-010-2183-1.
- [5] KOŠNÍR, Karel. Mobilní robotika. In: *Pandatron* [online]. 2010 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?1745&mobilni_robotika
- [6] CATSOULIS, John. *Designing embedded hardware*. Sebastopol: O'Reilly, 2005, xvi, 377 s. ISBN 05-960-0755-8.
- [7] Princip stejnosměrných motorů. In: *Http://elektrika.cz/* [online]. 2008 [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-stejnosmernych-motoru>
- [8] P. ANDERSON, David. NBot Robot Platform Exploded Views. *Geophysics Research Archives* [online]. 2003 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.geology.smu.edu/dpa-www/robo/trux/index.html>
- [9] Walking Robotss. *Walking Robotss* [online]. 2012 [cit. 2014-03-19]. Dostupné z: <http://www.walkingrobots.com/humanoid.html>
- [10] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMELE AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky*. Vyd. 1. Praha: O'Reilly, 2003, 279 s. ISBN 80-730-0077-6.
- [11] Mikrospínač ZIPPY SM-05H-03P0-Z. In: *GM Electronic* [online]. [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/img/cache/800x600/630/058/mikrospinac-zippy-sm-05h-03p0-z-obrazek-1.jpg>
- [12] Architektura počítačů. In: *Corri* [online]. 2009 [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: <http://corri.blog.cz/0906/architektura-pocitacu>
- [13] Rádiem řízený model. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1diem_%C5%99%C3%ADzen%C3%BD_model

- [14] AUTOR NEUVEDEN. *SENSOR ULTRASONIC* [online]. [cit. 2014-03-22]. Dostupný na WWW: <http://generator.citace.com/dok/xd8ffQLXHaJ2tsmL?kontrola=1>
- [15] Techbox: Bluetooth sjednotilo bezdrátovou komunikaci. In: *Mobilenet.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://mobilenet.cz/clanky/techbox-bluetooth-sjednotilo-bezdratovou-komunikaci-12085>
- [16] Technologie Bluetooth: bezpečnější a rychlejší. In: *Cnews.cz* [online]. 2011 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://extranotebook.cnews.cz/technologie-bluetooth-bezpecnejsi-rychlejsi>
- [17] IrDa - Kompletní popis. In: *Hw.cz* [online]. 1999 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/irda-kompletni-popis.html>
- [18] Bezdrátové přenosy. *CHIPweek*. 1996, č. 47. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/a96/a647k150.php3>
- [19] Arduino Mega 2560. In: *Arduino* [online]. 2013 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560#.Uy9V5fl5N5l>
- [20] Arduino: jak pro něj začít programovat. In: *Root* [online]. 2010 [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/arduino-jak-pro-nej-zacit-programovat/>
- [21] *Robotika*. In: *Gamepark* [online]. 2010 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://www.gamepark.cz/robotika_480394.htm
- [22] ČOUPEK, Pavel. *Design robotů*. Brno, 2009. *Disertační práce*. VÚT, FSI. Vedoucí práce doc. Ing. arch. Jan Rajlich.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ALU	Aritmeticko-logická jednotka (Arithmetic Logic Unit)
A/D	Analogově digitální
MIT	Massachusettský technologický institut (Massachusetts Institute of Technology)
PWM	Pulsně šířková modulace (Pulse Width Modulation)
D/A	Digitálně analogový
CISC	Complex Instruction Set Computer
RISC	Reduced Instruction Set Computer
IR	Infračervené záření (Infrared)
IrDA	Infrared Data Association
LED	Elektroluminiscenční dioda (Light Emitted Diode)
Wi-Fi	Standard pro bezdrátovou komunikaci (Wireless Fidelity)
RC	Dálkové ovládání (Remote Control)
ROM	Paměť pouze pro čtení
PROM	Elektricky jednorázově programovatelná paměť typu ROM
EPROM	Programovatelná (UV světlem mazatelná) paměť typu ROM-RAM
EEPROM	Elektricky mazatelná, programovatelná paměť typu ROM-RAM
I/O	Vstup/Výstup (Input/Output)
USB	Univerzální sériová sběrnice (Universal serial bus)
I2C	Sériová sběrnice
GND	Elektrické uzemnění (Ground)
MAC	Jedinečný identifikátor síťového zařízení
PDA	Malý kapesní počítač (Personal digital assistant)
AVR	Atmelovská architektura mikrokontrolerů

°C	Stupeň Celsia
A	Ampér
AA	Rozměr baterií
C/C++	Název programovacího jazyka
Cm	Centimetr
CPU	Central Processing Unit – procesor
kB	Kilobyte
kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
Java	Název programovacího jazyka
m	Metr
M3, M2	Metrický závit
mm	milimetr
Ot/min	otáčky za minutu
RS-232	seriový port
V	Volt
Wiring	Název programovacího jazyka
W	Watt

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Tříkolový robot s dvěma diferenčně řízenými koly [8].....	15
Obrázek 2 Dvounohý kráčejíci robot [9]	16
Obrázek 3 Schéma stejnosměrného motoru [7].....	18
Obrázek 4 Řez hybridním krokovým motorem s úhlem kroku $1,8^\circ$ [2]	19
Obrázek 5 Modelářské servo	20
Obrázek 6 Mikrospínač [11]	22
Obrázek 7 Ultrazvukový senzor [14].....	23
Obrázek 8 Zjednodušené schéma mikropočítače [1]	24
Obrázek 9 Harvardská architektura [12].....	25
Obrázek 10 Infračervený vysílač (ovladač) a přijímač	27
Obrázek 11 Srovnání přenosové rychlosti Bluetooth [16].....	29
Obrázek 12 Horní část robota	32
Obrázek 13 Spodní část robota	33
Obrázek 14 Arduino Mega 2560 [19].....	35
Obrázek 15 Vývojové prostředí Arduino IDE	36
Obrázek 16 Můstek L298N.....	38
Obrázek 17 Senzor HC-SR04	39
Obrázek 18 Bluetooth modul HC-06	40
Obrázek 19 Vývojový diagram režimu bezdrátového ovládání.....	41
Obrázek 20 Vývojový diagram autonomního režimu	42
Obrázek 21 Úvodní obrazovka programu	43
Obrázek 22 Obrazovka pro ovládání robota	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Ovládání motorů pomocí můstku	38
Tabulka 2 Základní parametry HC-SR04	39
Tabulka 3 Formát odesílaných dat z mobilního telefonu.....	44

SEZNAM PŘÍLOH

PI CD disk s bakalářskou prací a soubory obsahující zdrojové kódy