

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

# **VÝUKOVÝ MOBILNÍ ROBOT**

Kamil Regner

Bakalářská práce  
2019

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamil Regner**  
Osobní číslo: **I16059**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Název tématu: **Výukový mobilní robot**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

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

Cílem práce je návrh a realizace modulární stavebnice mobilního robota kategorie minimouse, případně micromouse, pro potřeby výuky a popularizace odborných předmětů se zaměřením na sensorovou techniku, výuku programování jednočipových mikropočítačů a konstrukci mobilních robotů. V teoretické části práce bude provedena rešerše zadaného tématu se zaměřením na komerčně vyráběné výukové stavebnice mobilních robotů, vhodných k výuce odborných předmětů. Následně bude proveden podrobný popis technického řešení stavebnicové koncepce mobilního robota typu mini a mikromouse. Bude podrobně popsána koncepce nejčastěji používaných senzorů a akčních členů. V praktické části práce bude provedeno sestavení 3D modelu navrženého mobilního robota v 3D CAD software DesignSpark Mechanical. V 3D modelu budou následně navržena místa modifikace navržené konstrukce pro využití mobilního robota v kategorii "mini sumo" a "line follower". Následně bude provedena realizace prototypového řešení stavebnice a jejího testování vytvořením sady demonstračních kódů mikropočítače. Součástí práce bude kompletní výrobní dokumentace mobilního robota, výukový materiál demonstračních úloh ve formě podrobných stavebních návodů a okomentovaných zdrojových kódů.

---

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 40

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- MATOUŠEK, D., Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR 3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN - technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4  
ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4  
NOVÁK, P., Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení. Vyd. 1. Praha: BEN technická literatura, 2004, 247 s. ISBN 80-730-0141-1.  
MAIXNER, L. a kol., Mechatronika, Brno, Computer Press, 2006, ISBN 80-251-1299-3

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **14. prosince 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **10. května 2019**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.  
děkan

L.S.

Ing. Daniel Honc, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 14. prosince 2018

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

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

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

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

V Pardubicích dne

Kamil Regner

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu Ing. Liboru Havlíčkovi, Ph.D. za odborné vedení, veškerou pomoc a rady při zpracování této bakalářské práce.

V Pardubicích dne

Kamil Regner

## **ANOTACE**

*Práce se zabývá návrhem a realizací vlastního výukového mobilního robota. Byla provedena analýza výukových mobilních robotů vyráběných v současnosti a navržena vlastní konstrukce mobilního robota včetně řídicích obvodů. Byl vyroben prototyp navrženého mobilního robota a jeho provozuschopnost byla ověřena sadou demonstračních programových kódů.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*mobilní robot, výukový mobilní robot, ATmega8, Line follower, Mini sumo.*

## **TITLE**

*MOBILE ROBOT IN EDUCATION PROCESS*

## **ANNOTATION**

*This thesis deals with the design and the implementation of my own educational mobile robot. An analysis of the current educational mobile robots was made and a construction of my own mobile robot with a control circuit was designed. A prototype of the designed mobile robot was constructed and its operability was tested by a series of demonstration program codes.*

## **KEYWORDS**

*mobile robot, mobile learning robot, ATmega8, Line follower, Mini sumo.*

## OBSAH

Seznam zkratk a značek .....	9
Seznam ilustrací .....	10
Seznam tabulek .....	12
ÚVOD .....	13
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	14
1.1 Mobilní robotika .....	14
1.2 Modulární koncepce mobilních robotů .....	15
1.3 Kategorie mobilních robotů .....	16
1.4 Kontrukce robotů kategorie micromouse a minimouse .....	19
1.4.1 Robotické stavebnice ve výuce .....	20
2 POHONY MOBILNÍCH ROBOTŮ .....	22
2.1 Stejnosměrný motor .....	22
2.1.1 Budící obvody stejnosměrného motoru .....	23
2.2 Krokový motor .....	25
2.2.1 Krokový motor s aktivním rotorem .....	25
2.2.2 Krokový motor s aktivním rotorem .....	26
2.2.3 Hybridní krokový motor .....	26
2.2.4 Lineární krokový motor .....	26
2.3 Budící obvody krokových otorů .....	27
2.4 Modelářská serva .....	28
3 SENZORICKÁ VÝBAVA MOBILNÍCH ROBOTŮ .....	29
3.1 Vestavěné senzory.....	29
3.1.1 Inkrementální senzor.....	29
3.2 Přídavné senzory .....	30
3.2.1 Dotykový senzor .....	30
3.2.2 Infračervený bezdotykový senzor .....	31
3.2.3 Ultrazvukový bezdotykový senzor.....	31
4 DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ .....	32
4.1 Ir ovládání .....	32
4.2 Bluetooth.....	33
4.3 Wi-fi.....	34
5 LINE FOLLOWER.....	35

5.1	Průběh soutěže .....	35
5.2	Požadavky na robota .....	35
5.3	Specifikace hřiště .....	35
6	MINI SUMO .....	37
6.1	Specifikace ringu (Dohya) .....	37
6.2	Požadavky na robota .....	37
6.3	Průběh soutěže .....	38
7	REALIZACE MOBILNÍHO ROBOTA .....	39
7.1	Blokové schéma .....	39
7.2	Akumulátory .....	39
7.3	Měnič napětí s mc34063a .....	40
7.4	Mikropočítačová řídicí jednotka .....	41
7.5	Zapojení mikropočítače v obvodu.....	42
7.6	Obvod pro řízení motorů.....	44
7.7	Motory.....	45
7.8	Tělo robota .....	46
7.9	Programování robota.....	47
8	MODIFIKACE ROBOTA PRO POUŽITÍ VE VYBRANÝCH SOUTĚŽÍCH.....	49
8.1	Soutěž line follower .....	49
8.2	Soutěž mini sumo.....	50
9	ZHODNOCENÍ .....	51
10	ZÁVĚR .....	52
	POUŽITÁ LITERATURA .....	53
	PŘÍLOHY .....	56



## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

A/D	analogově digitální
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
DC	stejnoseměrný
DPS	deska plošných spojů
GND	uzemnění
IR	infračervené záření
ISP	programování v systému
LED	dioda emitující světlo
Li-Ion	Lithium-iont
NiCd	Nikl-kadmium
NiMH	Nikl-metal hydrid
PWM	pulzně šířková modulace
USART	univerzální synchronní / asynchronní přijímač/vysílač (sériové rozhraní)
USB	univerzální sériová sběrnice
VCC	napájení
Wi-Fi	označení standardů pro bezdrátovou komunikaci

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Ukázka možné konstrukce mobilního robota .....	14
Obr. 1.2 – Automobil vybavený funkcí autopilota .....	15
Obr. 1.3 – Ukázka modulu pro měření PH kapalin (Arduino.shop.cz, nedatováno).....	16
Obr. 1.4 – Ukázka konstrukce krácejícího mobilního robota .....	17
Obr. 1.5 – Mobilní robot se všesměrovými koly (Wikimedia Commons, 2010) .....	18
Obr. 1.6 – Ukázka možné konstrukce robota kategorie micromouse (Mosmas, 2015).....	20
Obr. 1.7 – Ukázka Lego Mindstorms stavebnice (Wikimedia Commons, 2011).....	21
Obr. 2.1 – Princip funkce stejnosměrného motoru (Wikimedia Commons, 2006) .....	22
Obr. 2.2 – Jednokvadrantový proudový regulátor .....	23
Obr. 2.3 – Řízení směru a velikosti otáček DC motoru.....	24
Obr. 2.4 – Můstkové řízení směru a velikosti otáček .....	24
Obr. 2.5 – Krokový motor s aktivním rotorem (Západočeská univerzita v Plzni, nedatováno) .....	25
Obr. 2.6 – Krokový motor s pasivním rotorem (Západočeská univerzita v Plzni, nedatováno) .....	26
Obr. 2.7 – Princip lineárního krokového motoru (Novák, 2005) .....	27
Obr. 2.8 – Napěťový zdroj používaný pro buzení krokových motorů.....	27
Obr. 2.9 – Proudový zdroj používaný pro buzení krokových motorů .....	28
Obr. 2.10 – Modelářské servo (Bomazi, 2012).....	28
Obr. 3.1 – Ukázka kotouče a průběhu výstupu inkrementálního senzoru (Locker, 2009) .....	29
Obr. 3.2 – Příklad zapojení spínačů dotykového senzoru (Novák, 2005) .....	30
Obr. 3.3 – Infračervený senzor .....	31
Obr. 4.1 – Příklad dálkového ovladače a přijímače (Zdařil, 2009) .....	32
Obr. 4.2 – Ukázka Bluetooth modulu .....	33
Obr. 5.1 – Ukázka konstrukce robota kategorie Line follower (Electronics Hub, 2017) .....	36
Obr. 6.1 – Zápas robotů kategorie Mini sumo (Mosmas, 2015).....	38
Obr. 7.1 – Blokové schéma robota .....	39
Obr. 7.2 – Zapojení typu Step-Down s MC34063A (On Semiconductor, nedatováno).....	40
Obr. 7.3 – Zapojení MC34063AP v obvodu měniče napětí robota .....	41
Obr. 7.4 – Mikropočítač Amega8 (Atmel Corporation, 2009) .....	42
Obr. 7.5 – Obvod řízení motorů.....	44
Obr. 7.6 – Návrh těla robota .....	46

Obr. 7.7 – Nákres složeného robota.....	47
Obr. 7.8 – Ukázka externího programátoru (GM Electronic, nedatováno) .....	47
Obr. 8.1 – Úchyty pro ultrazvukový senzor.....	50

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 7.1 – Zapojení jednotlivých pinů mikropočítače .....	43
Tab. 7.2 – Ukázka funkce výstupu L293D .....	44

## ÚVOD

V současné době se s mobilními roboty setkáváme téměř na každém kroku. V domácnostech i v různých odvětvích průmyslu je jich hojně využíváno. Pro vývoj nových robotů i údržbu stávajících je třeba kvalifikovaných pracovníků. Proto je nutné seznámit s mobilními roboty co největší skupinu studentů a dát jim možnost si práci s jejich měřicími a akčními členy vyzkoušet již během studií. Pro tento účel vyrábějí mnohé firmy výukové mobilní roboty.

Cílem práce je kompletní návrh vlastního výukového mobilního robota, který bude schopen absolvovat soutěže Mini sumo a Line follower. Musí být navržena vhodná konstrukce podvozku a řídicí obvod celého robota. Rozvahou je třeba určit, jakých připojených periférií je třeba k dosažení vytyčených cílů využít a při konstrukci podvozku i řídicího obvodu tuto skutečnost zohlednit. Funkčnost celého navrženého mobilního robota i jednotlivých akčních a měřicích členů bude demonstrována sadou přiložených testovacích programových kódů.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 MOBILNÍ ROBOTIKA

Robot je stroj, který je schopen vykonávat zadané úkoly určeným způsobem, vyžadující různou míru potřeby interakce s okolním světem a se zadavatelem úkolu. Mobilní robot je navíc uzpůsobený k pohybu v prostoru a není připevněn k jednomu místu. Mobilní roboti se mohou pohybovat v jakémkoliv prostředí a mohou se vyznačovat různým stupněm autonomního řízení. Prostředí, ve kterém se budou roboti pohybovat, musí odpovídat i jejich konstrukce. Konstrukci ovlivňuje i samotné určení robota (Mahmoud, 2018).



Obr. 1.1 – Ukázka možné konstrukce mobilního robota

V současné době jsou v největší míře zastoupeni sloužící mobilní roboti, kteří byli vyvinuti, aby usnadnili lidem život. Můžeme se s nimi setkat téměř všude. Například v mnoha domácnostech mají robotický vysavač či automatickou sekačku na trávu, což je vlastně autonomní mobilní robot. Děti si hrají s auty na dálkové ovládání, což je teleoperovaný mobilní robot a takových příkladů bychom našli mnohem více i v dalších odvětvích průmyslu (Robotika, nedatováno).

Trendem dnešní doby jsou autonomní mobilní roboti. Tedy roboti, kteří jsou schopni pracovat sami, bez jakékoliv potřeby ovládání. Vývin těchto autonomních robotů je o mnoho složitější než teleoperovaných robotů, protože autonomní roboti mohou často pracovat odloučení od jakéhokoliv lidského kontaktu. Proto je vyžadována vysoká spolehlivost. Při výrobě a programování je třeba myslet na všechny možné události, které by mohly činnost robota ovlivnit a ošetrřit, aby bylo zamezeno jejich vzniku, nebo následného vlivu na činnost

robota. Při autonomním pohybu robota v prostoru je také třeba nahradit element operátora, který na robota dohlíží a ovládá ho. Je tudíž třeba, aby byl robot schopen přesně určit svou polohu a aby byl schopen mapovat okolí. K tomu slouží senzory. V dnešní době je na trhu nepřehledné množství senzorů s různým určením a nám pouze stačí si vybrat ten, který je pro zamýšlený účel nejlepší (Robotika, nedatováno).

Příkladem, jak daleko lze v autonomní mobilní robotice zajít, jsou autonomní automobily. Kde člověk jen zadá cílovou oblast, kam se chce dostat a automobil sám vyhodnotí nejlepší trasu a doveze vás na místo určení. A vy po celou cestu nemusíte dělat vůbec nic.



Obr. 1.2 – Automobil vybavený funkcí autopilota

## 1.2 MODULÁRNÍ KONCEPCE MOBILNÍCH ROBOTŮ

Modulární koncepce mobilních robotů znamená, že robot lze složit, či doplnit z více částí – modulů. Z robota se tak stává vlastně taková stavebnice a je na uživateli, který modul k robotu připojí a který ne. Robot se tedy skládá z hlavní řídicí jednotky, jejíž funkce a schopnosti jsou rozšířeny o připojené moduly. Je tedy možné, aby si zákazník koupil jen řídicí jednotku společně s moduly, které bude pro funkci svého robota potřebovat. Další možností je dodání modulárního robota ve formě stavebnice, která se skládá z řídicí jednotky a spousty rozšiřujících modulů a zákazník použije pouze ty, které se mu v daném okamžiku hodí. Je tedy nezbytné, aby moduly a řídicí jednotka byly navzájem kompatibilní.



Obr. 1.3 – Ukázka modulu pro měření PH kapalin (Arduino.shop.cz, nedatováno)

Modulární koncepce mobilních robotů je velice výhodná i pro vylepšení stávajícího robota. Pokud budeme chtít schopnosti robota, kterého již máme sestaveného, rozšířit o nějaké další funkce, stačí nám pouze připojit k robotu další modul a upravit programový kód robota. Není třeba robota znovu vyrábět či kupovat jiného. Nevýhodou může být, pokud chceme použít jen malé množství modulů, protože řídicí jednotka je zpravidla dimenzovaná na větší množství připojených modulů, v tomto případě může být její nákup pro nás nevýhodný.

Modulární roboti jsou nejčastějším typem robotů používaných ve výuce. Protože si studenti mohou vyzkoušet práci s mnoha měřicími i akčními členy a není třeba pro simulaci a ověření funkce každého členu pořizovat speciálního robota.

### 1.3 KATEGORIE MOBILNÍCH ROBOTŮ

Mobilní roboty lze dělit do mnoha kategorií podle různých kritérií. Proto nemohu uvést a podrobně popsat všechny kategorie. Pokusím se však vytvořit přehled těch nejzákladnějších kategorií posuzovaných z různých hledisek.

Z hlediska autonomního ovládní lze mobilní roboty rozdělit do tří skupin.

- Plně autonomní – robot je naprogramován tak, aby splnil zadaný úkol bez potřeby jakéhokoliv ovládní.
- Polo-autonomní – operátorem jsou zadávány jen dílčí cíle vedoucí ke splnění hlavního úkolu. Robot autonomně vykonává jen některé úkony.
- Neautonomní – robot je plně ovládn operátorem. Sám není schopen jakéhokoliv řízení (Robotika, nedatováno).



Jak již bylo výše řečeno, nejobtížnější na realizaci je plně autonomní mobilní robot.

Rozdělení pohonů robota podle použité energie na

- Elektrické – elektrický pohon využívá většina vyráběných mobilních robotů,
- mechanické – robot odvozuje pohyb z jiného zdroje, jedná se v podstatě o mechanický transformační blok,
- pneumatické – pohyb robota je realizován pomocí stlačeného vzduchu,
- hydraulické – podobné pneumatickému pohonu, jen je použito jiné médium,
- kombinované – pohon robota je realizován kombinací více druhů pohonů (Robotika, nedatováno).

Pneumatického a hydraulického pohonu je využíváno hlavně v průmyslu. Například při výskytu robota ve výbušném prostředí není žádoucí, aby byl poháněn elektrickou energií kvůli nebezpečí výbuchu. Proto je místo toho použito pneumatického či hydraulického pohonu.

Podle způsobu pohybu lze mobilní roboty rozdělit na

- Kolové – k pohybu robota je využito poháněných i volných kol,
- kráčejíci – konstrukce robota je inspirována fyziologií živočichů a svou konstrukcí i pohybem se snaží živočichům přiblížit,
- létající – pro svůj pohyb využívají motorem poháněné vrtule, proudové motory nebo mohou být navrženy podle fyziologie létajících živočichů a mohou být vybaveny křídly, kterými mávají,
- (pod)vodní – pohybují se pomocí poháněného lodního šroubu,
- hybridní – pro svůj pohyb využívají kombinaci výše popsaných způsobů pohybu (Štěpán, 2010; Linda, nedatováno).



Obr. 1.4 – Ukázka konstrukce kráčejíciho mobilního robota

Zvýšenou pozornost je třeba věnovat kolovým mobilním robotům, kteří tvoří nejrozšířenější skupinu, kde bylo postupem času vyvinuto mnoho různých variant a modifikací.

Kola mohou být hnaná (aktivní) a vlečná (pasivní). Z konstrukčního hlediska máme k dispozici nepřeberné množství různých typů kol – standardní, všesměrová, Weinsteinova, článková a netradiční (Novák, 2005).



Obr. 1.5 – Mobilní robot se všesměrovými koly (Wikimedia Commons, 2010)

Důležitým parametrem je též počet stupňů volnosti. Kola s jedním stupněm volnosti se mohou pohybovat jen podél jedné osy. Touto osou je zpravidla hřídel a kolo se může otáčet jen dopředu nebo dozadu, nikoliv však do stran. Dále existují kola s dvěma stupni volnosti, kde je už zapotřebí znát polohu jednotlivých os otáčení. Pokud jsou osy otáčení rovnoběžné s povrchem, můžeme si to představit například jako kuličku v pouzdře, která se pohybuje díky rotaci. Pokud je jedna osa k povrchu kolmá, jedná se o konstrukci podobného typu jako jsou přední kola u automobilů (Novák, 2005).

Dalším parametrem je počet kol, kde lze rozdělit mobilní roboty na jednokolové, dvoukolové, tříkolové, čtyřkolové, šestikolové, osmikolové a mobilní roboty zvláštní konstrukce. Nejjednodušší a nejpoužívanější je tříkolová konstrukce mobilního robota. V konstrukci podvozku je použito dvou na sobě nezávisle poháněných kol a vlečného volně otočného kola, které je umístěno v přední nebo zadní části robota z důvodu zamezení jeho překlopení. (Novák, 2005).

Do sekce kolových mobilních robotů je možno zařadit i pásové mobilní roboty, protože kola jsou o pásy vlastně jen rozšířena. Tímto rozšířením robot získá vyšší průjezdnost terénem, avšak nevýhodou je vyšší energetická náročnost při otáčení, protože při smyku dochází k velkému tření. (Novák, 2005).

## 1.4 KONTRUKCE ROBOTŮ KATEGORIE MICROMOUSE

### A MINIMOUSE

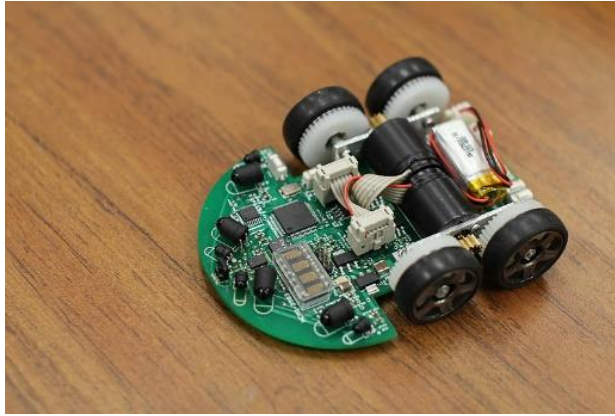
Micromouse je celosvětové označení pro soutěž, ve které mezi sebou soupeří roboti v řešení postaveného bludiště. Cílem je dojet doprostřed bludiště v co nejkratším čase. Nejrychlejší vyhrává.

Definitivní podoba bludiště je odhalena až v den soutěže, kdy už nejsou povoleny žádné modifikace soutěžních robotů. Každý robot může v tomto bludišti strávit maximálně deset minut. Za tuto dobu robot bludištěm projíždí, mapuje ho a hledá nejvýhodnější cestu. Robot musí být plně autonomní a není povolena jakákoliv komunikace s okolním světem. Ve vymezeném čase musí robot absolvovat také soutěžní jízdu, při které je robot umístěn na začátek bludiště a musí co nejrychleji dojet do cílové oblasti. Doba, která uplyne od startu robota po dosažení středu bludiště je změřena a na základě těchto časů je vybrán vítěz. Robot může za své vymezené desetiminutové kolo uskutečnit více měřených pokusů. Po uplynutí desetiminutové lhůty nastupuje další robot a vše se opakuje (Robogames, 2019).

Pravidla pro celou soutěž a pro postavení bludiště jsou velmi obsáhlá, nás budou ale nejvíce zajímat pravidla pro konstrukci robota kategorie micromouse. Robot kategorie micromouse musí být plně autonomní – není povoleno žádné dálkové ovládání, robot nesmí používat zdroj energie využívající proces spalování, při průjezdu bludištěm nesmí z robota upadnout jakákoliv část jeho těla, robot nesmí přeskochit, přeletět, přelézt, poškrábat, přerezat, zapálit, označit, poničit, nebo zničit stěny bludiště, robot kategorie micromouse nesmí být větší na délku ani na šířku více, než 16 centimetrů. Při průjezdu bludištěm může robot svůj tvar měnit, jeho rozměry však nemohou přesáhnout zadanou velikost (Robogames, 2019).

Robot kategorie minimouse může být oproti robotu micromouse dlouhý až 25 centimetrů a stejně tak široký (Robogames, 2019).

Roboti kategorie micromouse jsou určeni k závodění a tomu je přizpůsobena celá konstrukce. Základ těla robota tvoří deska plošných spojů, na kterou jsou poté přidělány ostatní komponenty. Díky tomu není třeba vyrábět konstrukci k upnutí všech součástí a robot je díky tomu lehčí. Robot obsahuje dva nezávisle poháněné motory a ke každému z nich je připojeno jedno nebo i více kol. V přední části robota jsou umístěny senzory, které slouží k detekci stěn bludiště. Řídicí jednotkou robota bývá výkonný mikropočítač, který vyhodnocuje všechny přijaté signály a pomocí driveru řídí oba motory. Baterie pro napájení jsou umístěny tak, aby těžiště celého robota bylo co nejblíže spojnici středů kol, a tudíž nedošlo k překlopení robota.



Obr. 1.6 – Ukázka možné konstrukce robota kategorie micromouse (Mosmas, 2015)

Z důvod vyšších rozměrů bývá základem konstrukce robota kategorie minimouse plastové tělo, ke kterému jsou ostatní komponenty připojeny.

#### 1.4.1 ROBOTICKÉ STAVEBNICE VE VÝUCE

Při výuce programování a konstrukce mobilních robotů jsou nejčastěji používány modulární stavebnice mobilních robotů, kdy si studenti mohou vyzkoušet velké množství měřicích a akčních členů, aniž by pro každý člen byl třeba speciální řídicí systém. Aby mohla mezi jednotlivými moduly a řídicí jednotkou probíhat bezproblémová komunikace, musejí být tyto komponenty navzájem kompatibilní. Robotická stavebnice zpravidla obsahuje jednu řídicí jednotku, přípojné moduly měřicích a akčních členů a součástky pro konstrukci těla robota. Výrobci specializujících se na výrobu modulárních stavebnic mobilních robotů je nepřehledné množství. Asi nejznámějším výrobcem je firma LEGO®, která vyrábí řadu programovatelných robotických stavebnic pod označením LEGO MINDSTORMS. Stavebnice této řady jsou nejčastěji používanou stavebnicí ve výuce. Je to pravděpodobně z toho důvodu, že Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze každoročně pořádá soutěž pro studenty středních škol s názvem Robosoutěž, kam se mohou přihlásit týmy studentů z celé České republiky. Každý tým poté dostane k dispozici jednu stavebnici typu LEGO MINDSTORMS, ze které mají postavit a naprogramovat robota, jenž dokáže co nejlépe splnit zadaný úkol. Následně mezi sebou jednotlivé týmy soutěží o hodnotné ceny a možnost zajistit si studium na ČVUT bez přijímacích zkoušek. Aby se jednotlivé týmy mohly na tuto soutěž lépe připravit, kupují si stavebnici LEGO MINDSTORMS na své školy, aby se se stavebnicí mohli seznámit a procvičit si práci s ní (Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze, 2019).

Nejnovější model stavebnice řady LEGO MINDSTORMS je označován jako LEGO MINDSTORMS EV3. Tato stavebnice umožňuje studentům postavit a naprogramovat různé druhy robotů. Mohou použít vlastní tvořivost, nebo využít nepřeberné množství plánů a návodů, jak robota sestavit a naprogramovat. Stavebnice LEGO MINDSTORMS EV3 obsahuje

- řídicí jednotku – programovatelnou kostku, která slouží jako řídicí centrum a napájecí stanice pro tělo celého robota,
- infračervený ovladač,
- barevný senzor, který dokáže rozlišit až sedm různých barev a měří intenzitu světla,
- dotykový senzor,
- infračervený senzor, který umí detekovat překážky a přijímat signály z infračerveného ovladače,
- spoustu součástek pro postavení těla robota (Lego.com, nedatováno).



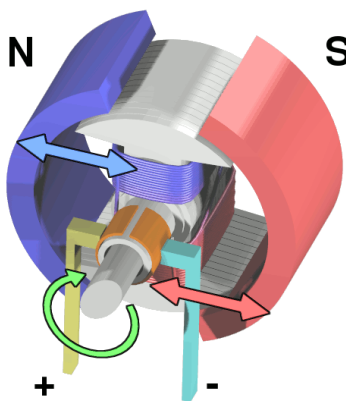
Obr. 1.7 – Ukázka Lego Mindstorms stavebnice (Wikimedia Commons, 2011)

## 2 POHONY MOBILNÍCH ROBOTŮ

K pohonu mobilních robotů je nejčastěji používáno rotačních elektromotorů. Z důvodu příznivého poměru výkonu a hmotnosti se nejčastěji používají stejnosměrné komutátorové motory. Pro malé roboty, které jsou často využívány ve výuce, se používají krokové motory, nebo modelářská serva, protože jsou levné a snadno se ovládají (Novák, 2005).

### 2.1 STEJNOSMĚRNÝ MOTOR

Hlavními částmi stejnosměrného motoru jsou stator a rotor. Stator je tvořen permanentním magnetem a rotor je tvořen elektromagnetem. Díky komutátoru je zajištěno, aby se polarita elektromagnetu rotoru změnila dvakrát za jednu otáčku a jelikož se souhlasné póly magnetů odpuzují a nesouhlasné přitahují, je stator tímto nucen k pohybu.



Obr. 2.1 – Princip funkce stejnosměrného motoru (Wikimedia Commons, 2006)

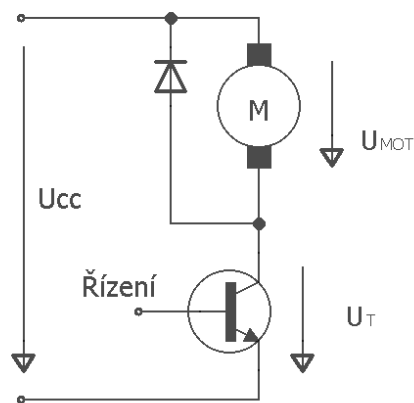
Výhodami stejnosměrného motoru je jeho příznivý poměr hmotnosti a výkonu, dostupnost a široká nabídka. Další výhodou je například snadné řízení velikosti otáček motoru, kde v případě zvýšení či snížení otáček stačí pouze zvýšit či snížit napájecí napětí. S tímto souvisí i další výhoda, kterou je lineární charakteristika závislosti otáček na budicím napětí rotoru. Další možností řízení velikosti otáček je použití pulzně šířkové modulace označované jako PWM. Jak už označení napovídá, rychlost otáček motoru je regulována změnou šířky pulzu, tedy jeho střídy. Díky tomu můžeme nahradit analogový přenos za diskretní, což je v některých aplikacích nezbytné a v případě použití tranzistorů toto řešení vede ke snížení ztrátového výkonu na výkonových řídicích prvcích. Snadné je i řízení směru otáček

stejnosměrného motoru, kde změny směru otáčení dosáhneme změnou polaritý napájecího napětí (Novák, 2005).

Jako nevýhodu je možno brát, že stejnosměrný motor obvykle pracuje na relativně vysokých otáčkách a nízkém momentu, což je pro pohon mobilních robotů nevhodné. Tento problém lze jednoduše vyřešit použitím mechanické převodovky. Další nevýhodou stejnosměrného motoru je nutnost údržby grafitových kartáčů, které přenášejí často velké proudy na komutátor. Při opotřebení těchto kartáčů může docházet k jiskření, které nastává při vzniku vzduchových mezer mezi kartáči a povrchem komutátoru. Proto není vhodné využívat stejnosměrné motory s komutátorem v prostředí s možným výskytem výbušných plynů (Novák, 2005).

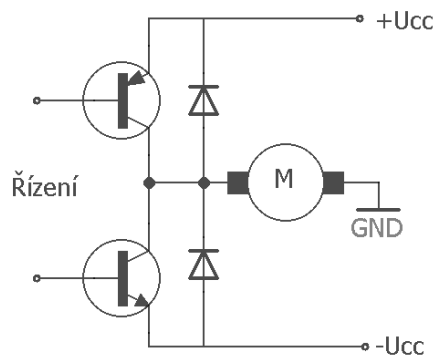
### 2.1.1 Budicí obvody stejnosměrného motoru

Nejjednodušším obvodem určeným pro řízení otáček stejnosměrného motoru je jednokvadrantový proudový regulátor, který je znázorněn na obr. 2.2. Jednokvadrantový se nazývá proto, že velikost otáček můžeme řídit pouze v jednom směru (kvadrantu). Řízení je prováděno pomocí změny řídicího napětí na výkonovém tranzistoru. V obvodu je zapojena dioda, která plní funkci ochrany tranzistoru proti zápornému napětí, které se může být vinutím motoru generováno (Novák, 2005; Internetový portál elektrotechnika, 2009).



Obr. 2.2 – Jednokvadrantový proudový regulátor

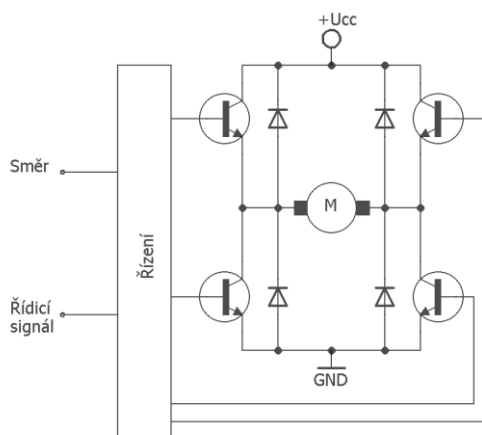
Pokud společně s řízením otáček chceme řídit i směr otáčení motoru, musíme měnit polaritu napájecího napětí. K tomu můžeme využít bipolárního napájení řídicího obvodu, které je zobrazeno na obr. 2.3. (Novák, 2005; Internetový portál elektrotechnika, 2009).



Obr. 2.3 – Řízení směru a velikosti otáček DC motoru

Velikost otáček a směr otáčení můžeme jednoduše řídit pomocí uzavření prvního tranzistoru a současným řízením druhého, nebo obráceně. Opět můžeme vidět připojené diody, které plní ochrannou funkci tranzistoru (Internetový portál elektrotechnika, 2009).

V současné době se však více využívá můstkového zapojení tranzistorů, kde není potřeba bipolárního napájení. (Novák, 2005; Internetový portál elektrotechnika, 2009).



Obr. 2.4 – Můstkové řízení směru a velikosti otáček

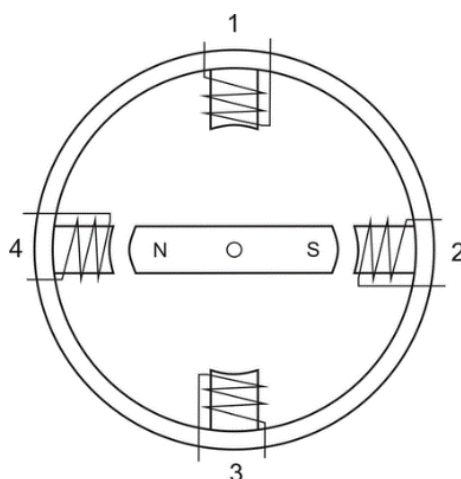


## 2.2 KROKOVÝ MOTOR

U krokového motoru je na rozdíl od stejnosměrného motoru napájen stator a rotor je z feromagneticky tvrdého nebo měkkého materiálu. Pohybu motoru je poté docíleno pomocí vytvoření magnetického pole uvnitř statoru a následnou reakcí rotoru na tuto událost. Krokové motory se dělí do tří hlavních skupin: Krokový motor s pasivním rotorem, krokový motor s aktivním rotorem a hybridní krokový motor (Novák, 2005).

### 2.2.1 Krokový motor s aktivním rotorem

Nejjednodušší krokový motor s aktivním rotorem se skládá ze statoru, který je tvořen čtyřmi pólovými nástavci a rotoru z permanentního magnetu (Novák, 2005).



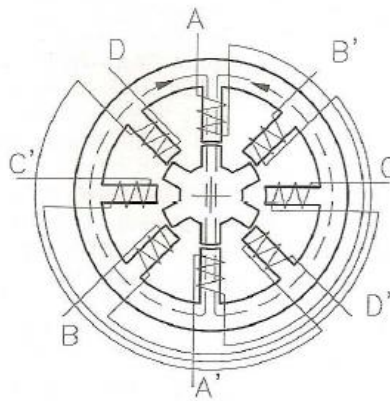
Obr. 2.5 – Krokový motor s aktivním rotorem (Západočeská univerzita v Plzni, nedatováno)

Rotor zůstává v klidu, dokud nezačne cívkami protékat proud a nedojde k vytvoření magnetického pole. Po vytvoření magnetického pole je rotor působením magnetických sil otočen o určitý úhel, tedy o jeden krok, který je v našem případě  $90^\circ$ . Po otočení dojde opět k přepnutí cívek a rotor je nucen se otáčet dále. V případě potřeby zastavení motoru postačí, pokud nedojde k přepnutí cívek a rotor je díky velkým přitažlivým magnetickým silám zastaven. Tento princip je použit i u složitějších krokových motorů s aktivním rotorem, kde může být i více párů cívek než dva. Napájení jednotlivých dvojic cívek musí být řízeno. Výhodou tohoto motoru je větší odolnost a delší životnost, protože není třeba komutátoru, který se opotřebovává a způsobuje velké tření. Nevýhodou může být nesouvislý chod motoru při nízkých otáčkách (Král, 2012).

### 2.2.2 Krokový motor s aktivním rotorem

Krokový motor s pasivním rotorem je principiálně velmi podobný krokovému motoru s aktivním rotorem. Ale jak již název napovídá, rotor není tvořen z feromagneticky tvrdého, ale z feromagneticky měkkého materiálu. Na rotoru je vytvořeno větší množství pólových nástavců, které jsou stejně široké, jako statorové. Na statoru jsou postupně spínány jednotlivé dvojice cívek, čímž je vytvořeno točivé magnetické pole a rotor motoru je tímto polem přitahován a začne se otáčet (Král, 2012).

Na obr. 2.6 je znázorněn řez čtyřfázovým reakčním krokovým motorem s pasivním rotorem, který má šest pólových nástavců.



Obr. 2.6 – Krokový motor s pasivním rotorem (Západočeská univerzita v Plzni, nedatováno)

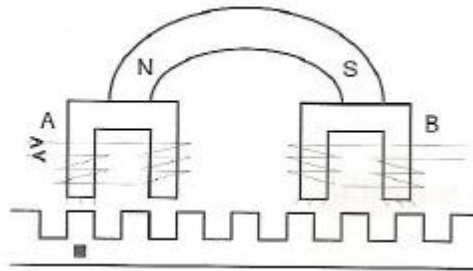
### 2.2.3 Hybridní krokový motor

Tento motor je kombinací předchozích typů krokových motorů, je to vlastně speciální druh krokového motoru s aktivním rotorem. Jádro rotoru těchto motorů je tvořeno axiálně uloženým permanentním magnetem, na jehož koncích jsou pólové nástavce z feromagneticky měkkého materiálu, které mají na okraji vytvořené zuby. Pro činnost tohoto motoru je důležité, aby zuby pólových nástavců byly vůči sobě navzájem natočeny tak, že proti osám zubů jednoho nástavce jsou osy drážek druhého. Na pólových nástavcích statoru jsou též vytvořeny zuby. Pohyb celého motoru je pak opět zajišťován střídavým spínáním cívek statoru (Novák, 2005).

### 2.2.4 Lineární krokový motor

Lineární krokový motor je zvláštní typ krokových motorů. Tento motor je díky své konstrukci schopen poskytovat pohyb lineární a ne rotační. Tento typ motoru je využíván ve

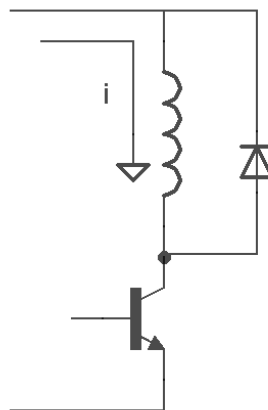
velkém množství strojů. Konstrukce motoru spočívá v tom, že rotor není statorem obklopen, ale stator je v tomto případě rovný pás se zuby – pólovými nástavci. Rotor, který je složen nejméně ze dvou střídavě napájených cívek, se pomocí vytvářených magnetických sil nad tímto pásem pohybuje (Novák, 2005).



Obr. 2.7 – Princip lineárního krokového motoru (Novák, 2005)

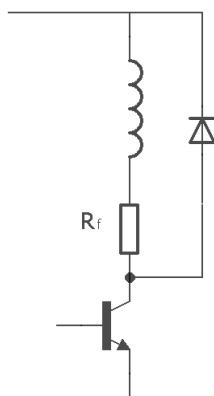
## 2.3 BUDÍCÍ OBVODY KROKOVÝCH MOTORŮ

Buzení z napěťového zdroje je nejjednodušším typem buzení krokových motorů. Parametry takto napájených krokových motorů jsou negativně ovlivňovány časovou konstantou vinutí, která odpovídá době trvání přechodového děje při sepnutí a vypnutí cívky (Novák, 2005).



Obr. 2.8 – Napěťový zdroj používaný pro buzení krokových motorů

Dalším způsobem buzení krokového motoru, který zvyšuje strmost přechodového děje vinutí, je buzení vnuceným proudem, kdy je napájenému vinutí předřazen rezistor a tím dojde ke zkrácení časové konstanty vinutí. Nevýhodou je však vysoká energetická náročnost tohoto zapojení z důvodu zapojení již zmíněného rezistoru (Novák, 2005).



Obr. 2.9 – Proudový zdroj používaný pro buzení krokových motorů

Nejideálnějším typem budiče pro krokové motory je pulzní proudový zdroj – chopper.

## 2.4 MODELÁŘSKÁ SERVA

Modelářské servo je modul složený z více částí. Pohonnou jednotkou je stejnosměrný motor spojený převodovkou s výstupní hřídelí, která je spřažená s potenciometrem, sloužícím jako senzor úhlu natočení. Pro ovládání serva je třeba generovat pulzní signál, tento řídicí impuls je přiveden na vstup serva, ve kterém je spuštěn monostabilní klopný obvod. Tento obvod generuje signál odpovídající aktuální poloze hřídele serva. Signál musí být opačné polarity než řídicí. Tyto dva signály jsou porovnány a výsledkem je rozdílový impuls, který je přes můstkový spínač zesílen a způsobí natočení serva do požadované polohy. Serva jsou spolehlivá, levná a dostupná, proto jsou často používána u malých školních robotů (Novák, 2005).



Obr. 2.10 – Modelářské servo (Bomazi, 2012)

### 3 SENZORICKÁ VÝBAVA MOBILNÍCH ROBOTŮ

Při návrhu senzorické výbavy mobilního robota je třeba myslet na mnoho věcí a zohlednit různé faktory. Je třeba předem promyslet, v jakém prostředí se bude robot pohybovat, je třeba zvážit, do jakých situací se může robot dostat, jakou činnost od robota očekáváme a mnoho dalších. Všechny tyto faktory musíme při návrhu senzorické výbavy zohlednit (Novák, 2005).

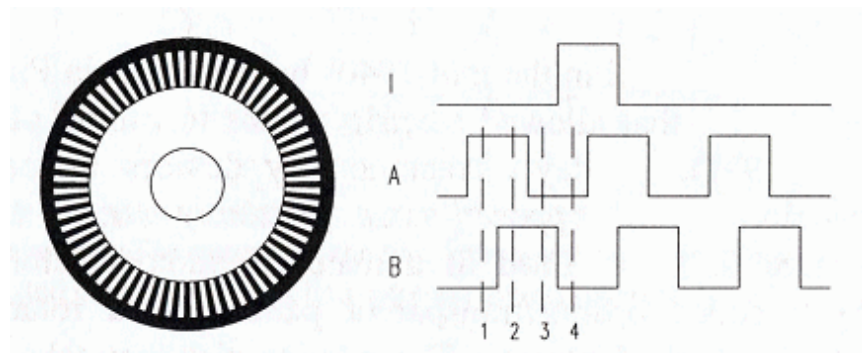
Senzory můžeme podle jejich umístění, vzhledem k robotu, rozdělit na vestavěné a přídavné.

#### 3.1 VESTAVĚNÉ SENZORY

Vestavné senzory slouží k měření interních parametrů robota. Pro diagnostické účely to může být například stav baterie, nebo monitorování kvality komunikace. Pro účely navigace je třeba znát polohu robota a aktuální rychlost jednotlivých pohonů (Novák, 2005).

##### 3.1.1 Inkrementální senzor

Tento senzor je používán k řízení polohy, rychlosti a zrychlení pohonu mobilního robota. Princip spočívá v clonění a propouštění světelného toku ze zdroje k přijímači. To bývá zpravidla realizováno pomocí kotouče, který je pevně připojen k rotoru a obsahuje průsvitné a neprůsvitné úseky. Při otáčení rotoru dochází k clonění a propouštění světelného toku na fotosenzor, který generuje signál, jenž inkrementuje obsah čítače. Výstupní signál má periodu nepřímou úměrnou počtu průsvitných a neprůsvitných částí na otáčku a rychlosti otáčení kotouče. Výhodou tohoto senzoru je jeho jednoduchost a vysoká rozlišovací schopnost. Pokud chceme kromě rychlosti otáčení zjistit i směr, musíme polohu kotouče snímat na dvou místech,



Obr. 3.1 – Ukázka kotouče a průběhu výstupu inkrementálního senzoru (Locker, 2009)

kteřá jsou vzájemně fázově posunuta. Z výstupních signálů lze podle pořadí zastínění jednotlivých snímačů určit rychlost i směr otáčení (Novák, 2005).

## 3.2 PŘÍDAVNÉ SENZORY

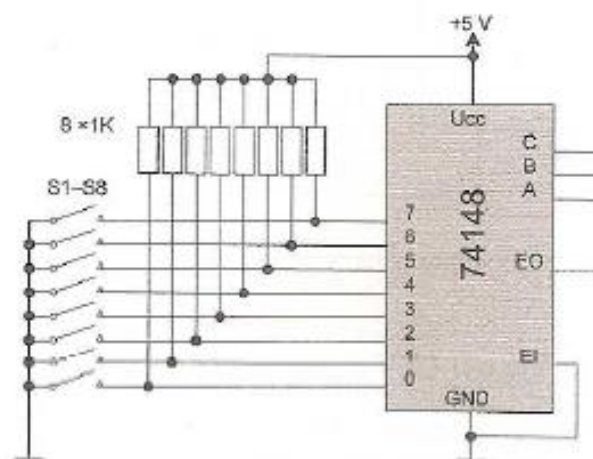
Přídavné senzory slouží k získání informací o okolí mobilního robota. Hlavním úkolem přídavných senzorů bývá detekce překážek za účelem zabránění kolizí mobilního robota s okolními objekty. Jedná se o úkony lokální navigace, která je nadřazena globální navigaci. Podle zaměření mobilního robota můžeme použít i jiné senzory. Mohou to být například senzor měření teploty, senzor určený k analýze složení plynu a tak dále (Novák, 2005).

Senzory určené k detekci překážek můžeme podle způsobu, jakým překážku detekují rozdělit na dotykové a bezdotykové.

### 3.2.1 Dotykový senzor

Je to nejjednodušší senzor určený k detekci překážek. Provedení senzoru bývá realizováno kontaktním spínačem, kdy při dotyku robota s překážkou dojde k sepnutí či rozepnutí elektrického obvodu, a tudíž ke změně logické úrovně, která je vyhodnocována. Proto je třeba připojit každý spínač odděleně (Novák, 2005).

Na obr. 3.2 jsou jednotlivé spínače připojeny k prioritnímu enkodéru s označením 74148. Tento integrovaný obvod zajišťuje kódování osmi datových vstupních linek na tři výstupní.



Obr. 3.2 – Příklad zapojení spínačů dotykového senzoru (Novák, 2005)

### 3.2.2 Infračervený bezdotykový senzor

Pomocí infračerveného senzoru je možno detekovat překážky v blízkém okolí robota. Na tomto senzoru je umístěn vysílač infračerveného světla a jeho přijímač. Infračervené světlo je emitováno pomocí infračervené diody a přijímáno fototranzistorem, který je citlivý na infračervené světlo. Pokud se tedy k senzoru přiblíží nějaká překážka, dojde k odrazení vysílaného světla a k jeho následné detekci (Novák, 2005).



Obr. 3.3 – Infračervený senzor

Takový senzor generuje pouze dvouhodnotový signál, kdy jedna hodnota znamená, že nedetekuje překážku a druhá hodnota znamená, že detekuje. Nevýhodou těchto senzorů je proměnlivá velikost odraženého světla, kdy množství odraženého světla závisí na povrchu a barvě detekované překážky. Proto jsou používány i infračervené senzory s analogovým výstupem, které mají vyšší rozlišovací schopnost.

Pomocí infračerveného senzoru nelze přesně změřit vzdálenost robota od překážky. Přibližnou vzdálenost překážky však lze odhadnout pomocí postupného zvyšování intenzity vysílaného světla. V případě detekce překážky lze podle intenzity vyzařovaného světla přibližnou vzdálenost určit. Tento způsob lze však použít pouze v případě, že překážka dobře reflektuje infračervené světlo (Novák, 2005).

### 3.2.3 Ultrazvukový bezdotykový senzor

Ultrazvukový senzor se používá pro detekci a měření vzdálenosti k překážce. Funkce senzoru je založena na změření doby od vyslání ultrazvukového signálu do jeho přijetí. Senzor tedy musí obsahovat vysílač a přijímač ultrazvukového signálu. Díky nižší rychlosti zvuku je doba od vyslání signálu do jeho přijetí delší, než by tomu bylo například u laserových, nebo infračervených senzorů. To nám umožní tento čas přesně změřit a dopočítat vzdálenost překážky. Nevýhodou je však velké tlumení ultrazvukového signálu, a tudíž nižší dosah senzoru, kolem 10 m (Novák, 2005).

## 4 DÁLKOVÉ OVLÁDÁNÍ

Dálkové ovládání umožňuje vzdáleně řídit činnost robota. Podle použité technologie je možno řídit robota na různé vzdálenosti.

### 4.1 IR OVLÁDÁNÍ

K přenosu informace pomocí infračerveného světla je třeba vysílač a přijímač. Vysílač převádí elektrický signál na optické záření a přijímač toto záření převádí zpět na elektrický signál. Vysílačem bývá dálkový ovladač různé konstrukce s různým počtem tlačítek. Přijímačem bývá modul, který obsahuje přijímač infračerveného světla a obvod pro dekódování přijaté informace, ta je poté uložena do registru a odeslána k dalšímu zpracování. (Zdařil, 2009; Elektro Bastlárna, 2004).

Nevýhodou tohoto způsobu přenosu informace jsou vysoké nároky na výkon vysílače IR světla a na vysokou citlivost přijímače. Z toho důvodu je i dosah tohoto ovládání omezený. Nutností je přímá viditelnost mezi ovladačem a přijímačem. Výhodou je nízká cena a díky omezenému dosahu i vyšší bezpečnost. (Zdařil, 2009).

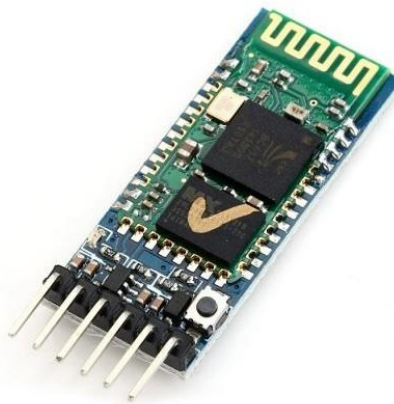


Obr. 4.1 – Příklad dálkového ovladače a přijímače (Zdařil, 2009)



## 4.2 BLUETOOTH

Ovládání mobilního robota pomocí Bluetooth je v dnešní době velice rozšířené z důvodu přítomnosti technologie Bluetooth na mobilních telefonech. Jako vysílač nám tedy může sloužit mobilní telefon, tablet, notebook, či jiné zařízení, které je technologií Bluetooth vybaveno. K mobilnímu robotu musíme připojit Bluetooth modul, který bude obsahovat dekodér příchozího signálu. Informace mezi vysílačem a přijímačem je přenášena pomocí radiových vln. Nelze však říci, že jedno zařízení je pouze vysílačem a druhé pouze přijímačem, protože při přijetí informace dojde k jejímu zpětnému odeslání za účelem ověření správnosti. Vysílání informací je tedy obousměrné. Pro zjednodušení však budeme jako vysílač označovat stranu sloužící k ovládání robota a jako přijímač modul připojený k mobilnímu robotu. Spojení je typu master – slave. To znamená, že jen jedna strana navazuje a řídí komunikaci. V našem případě to bude vysílač. Před zahájením komunikace je třeba tato dvě zařízení spárovat. Do vysílače si můžeme stáhnout již vytvořený program, který slouží k ovládání robota. Při stisku tlačítka je vyslán určitý kód. Přijímač tento signál dekóduje a robot následně vykoná požadovanou akci (Černý, 2019).



Obr. 4.2 – Ukázka Bluetooth modulu

Výhodou ovládání mobilního robota pomocí Bluetooth technologie je tedy velké množství potenciálních vysílačů. Jelikož je nosičem informace radiová vlna, a ne světelný paprsek, mohou být komunikující zařízení od sebe více vzdálena a mohou být mezi nimi různé překážky. Tato technologie nám také umožňuje komunikovat s více zařízeními najednou. Nevýhodou je omezený dosah (do 100 metrů), který závisí na síle vysílaného signálu (Černý, 2019).

### 4.3 Wi-Fi

Pro ovládání mobilního robota prostřednictvím Wi-Fi je nutné vybavit robota Wi-Fi modulem. Tento modul nám umožní vytvořit si vlastní síť, díky které budeme s robotem komunikovat, nebo se k nějaké síti připojí a pokud je z této sítě možný přístup k internetu, můžeme robota ovládat téměř odkudkoliv. Tyto dva módy modulu se nazývají mód klienta a mód stanice. Pokud je modul používán v módu stanice, můžeme jeho funkci přirovnat k modulu, jenž zprostředkovává komunikace pomocí technologie Bluetooth (popsaného výše). Výhodou použití technologie Wi-Fi je vyšší dosah než při použití technologie Bluetooth. Pokud je modul provozován v módu klienta, můžeme s robotem komunikovat prostřednictvím Wi-Fi routeru, ke kterému je modul připojen (Voda, 2018).

## **5 LINE FOLLOWER**

Line follower je označení pro soutěž, kde mezi sebou jednotliví roboti soutěží o nejrychlejší průjezd vyznačené trasy.

### **5.1 PRŮBĚH SOUTĚŽE**

Po odstartování musí robot projet trať vyznačenou černou čarou. Výsledné umístění je určeno podle času, který robot potřeboval na průjezd trati. Před startem musí být robot umístěn za startovní čáru, kterou nemůže překročit do zahájení jízdy. Jízdu odstartuje povel rozhodčí a robot musí po celou dobu jízdy nakreslenou čáru následovat. Pokud robot čáru ztratí, musí se vrátit na místo, kde sledovanou čáru opustil. Robot si nesmí nijak vyznačenou cestu zkracovat. Jízda je ukončena, jakmile robot přesáhne jakoukoli svou částí cílovou čáru. Čas jedné jízdy se tedy měří od startovního signálu, který vydá rozhodčí, až po dosažení cílové čáry. Pokud je robot na trase více než tři minuty, je jeho jízda ukončena a robot musí opustit dráhu (Robogames, nedatováno).

Celá soutěž se poté skládá z jednotlivých kol. Z prvního kvalifikačního kola postupují pouze ti roboti, kteří dokázali úspěšně dojet do cíle. Do finále postupují jen roboti s nejlepším časem, kde spolu ve vyřazovacích soubojích zápasí vždy dvojice robotů. V případě remízy je možné zápas opakovat (Robogames, nedatováno).

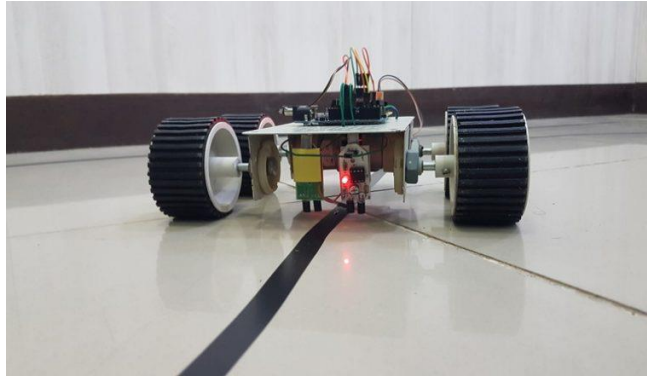
### **5.2 POŽADAVKY NA ROBOTA**

Robot nesmí být nijak nebezpečný vůči svému okolí. Během závodu není povoleno jakékoliv spojení robota s externími zařízeními – robot musí být od přejetí startovní čáry plně autonomní. Maximální povolené rozměry a váha robota se může podle různých soutěžních kategorií lišit (Robogames, nedatováno).

### **5.3 SPECIFIKACE HŘIŠTĚ**

Hřiště je bílé a na něm je černá čára o šířce 1,5 cm. Start a cíl je na čáře vyznačen dvěma kolmými značkami. Čára se nesmí křížit, může se však rozdvíjet a opět spojit. Robot může jet libovolnou trasou, ty však nemusejí být stejně dlouhé. Cesta může být zakončena smyčkou, která robota navede zpět směrem ke startu. Minimální průměr zatáčky je 10 centimetrů. Minimální vzdálenost čáry od kraje hřiště je 15 centimetrů (měřeno od středu čáry). V kvalifikačních kolech nesmí být na trati žádné překážky, ve vyšších kolech však je tato

modifikace povolena. Za překážku můžeme považovat objekt umístěný na čáru, nebo přerušení čáry. Robot se musí objektu vyhnout a nejméně 30 centimetrů od konce objektu musí opět vyhledat čáru a následovat ji. Robot se může objektu dotknout, nesmí s ním však pohnout. Dráha může být přerušena v délce maximálně 20 centimetrů. Za přerušením musí čára pokračovat kdekoli v rozmezí  $\pm 30^\circ$ . Robot musí čáru opět vyhledat dříve než 30 centimetrů od konce přerušení (Robogames, nedatováno).



Obr. 5.1 – Ukázka konstrukce robota kategorie Line follower (Electronics Hub, 2017)

## 6 MINI SUMO

Soutěž s označením Mini sumo vznikla podle sportu Sumo, velmi oblíbeném v Japonsku. V tomto sportu jsou dva soupeři v kruhovém ringu a každý se snaží toho druhého z ringu vytlačit. V soutěži Mini sumo stojí proti sobě v ringu dva roboti daných rozměrů, kteří mohou být buď autonomní nebo teleoperovaní a jejich cílem je vytlačení soupeře z ringu.

### 6.1 SPECIFIKACE RINGU (DOHYA)

Ring je kruhového tvaru, černý, s bílou čarou na okraji. Blízko středu jsou nakresleny dvě rovné čáry označované jako Shikiri lines. Tyto čáry jsou z materiálu, který absorbuje infračervené světlo, protože neslouží pro orientaci robotů, ale jsou určeny jako startovní čáry. Rozměry ringu a čar se řídí podle kategorie soutěže Mini sumo, ve které bude ring použit (Robogames, nedatováno).

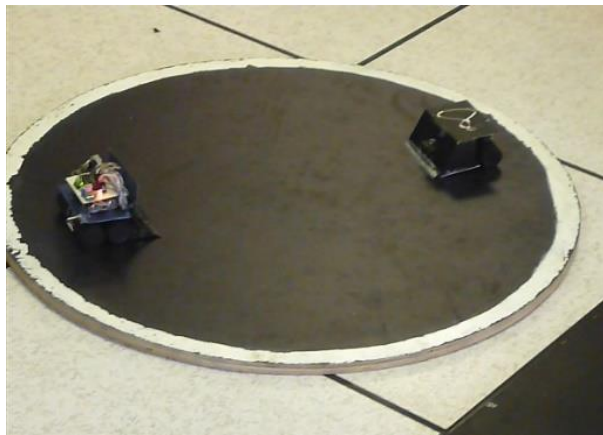
### 6.2 POŽADAVKY NA ROBOTA

Robot musí splňovat velikostní limity stanovené pro jeho kategorii. Po startu zápasu může robot svůj tvar měnit a jeho rozměry mohou být vyšší než stanovené, nesmí se však rozdělit na více funkčních celků, jinak bude diskvalifikován. Podle kategorie robota se taky může lišit možnost jeho ovládní. Roboti mohou být buď plně autonomní nebo teleoperovaní. Autonomním robotům je zakázána jakákoliv komunikace s okolním světem. Před startem jsou umístěny na startovní pozice a po startu musejí nejdříve pět vteřin setrvat v klidu a poté se musejí autonomně pohybovat a zápasit. Teleoperovaní roboti nesmějí mít jakékoliv (buť jen částečné) autonomní ovládní. Robota je možno ovládat pomocí dálkového ovladače nebo pouze prostřednictvím wi-fi z ovládacího počítače. Roboti jsou před startem umístěni do ringu na startovní čáry a po odstartování se mohou začít ihned pohybovat (Robogames, nedatováno).

Žádná zařízení sloužící k sabotáži soupeřících robotů (například infračervené diody určené k zmatení infračervených senzorů oponenta) nejsou povolena. Žádná zařízení, která by mohla poničit ring, nebo soupeře nejsou povolena. Nejsou povolena ani zařízení, která jsou určena k vrhání předmětů na oponenta, či sloužící k zapálení oponenta. Pneumatiky robotů nesmějí být potřeny žádnou lepkavou substancí, která by zlepšovala jejich přilnavost. Robot nesmí obsahovat žádné ostré hrany (Robogames, nedatováno).

### 6.3 PRŮBĚH SOUTĚŽĚ

Celý šampionát se skládá z jednotlivých zápasů dvojic robotů. V těchto zápasech spolu soupeří všichni roboti navzájem. Zápas dvou robotů se skládá ze tří kol. Čas jednoho kola nesmí přesáhnout 3 minuty, jinak bude kolo ukončeno. Pokud robot vyhraje dvě kola, vyhrává celý zápas a jsou mu připsány body. Robot s nejvyšším počtem bodů vyhrává celý turnaj (Robogames, nedatováno).



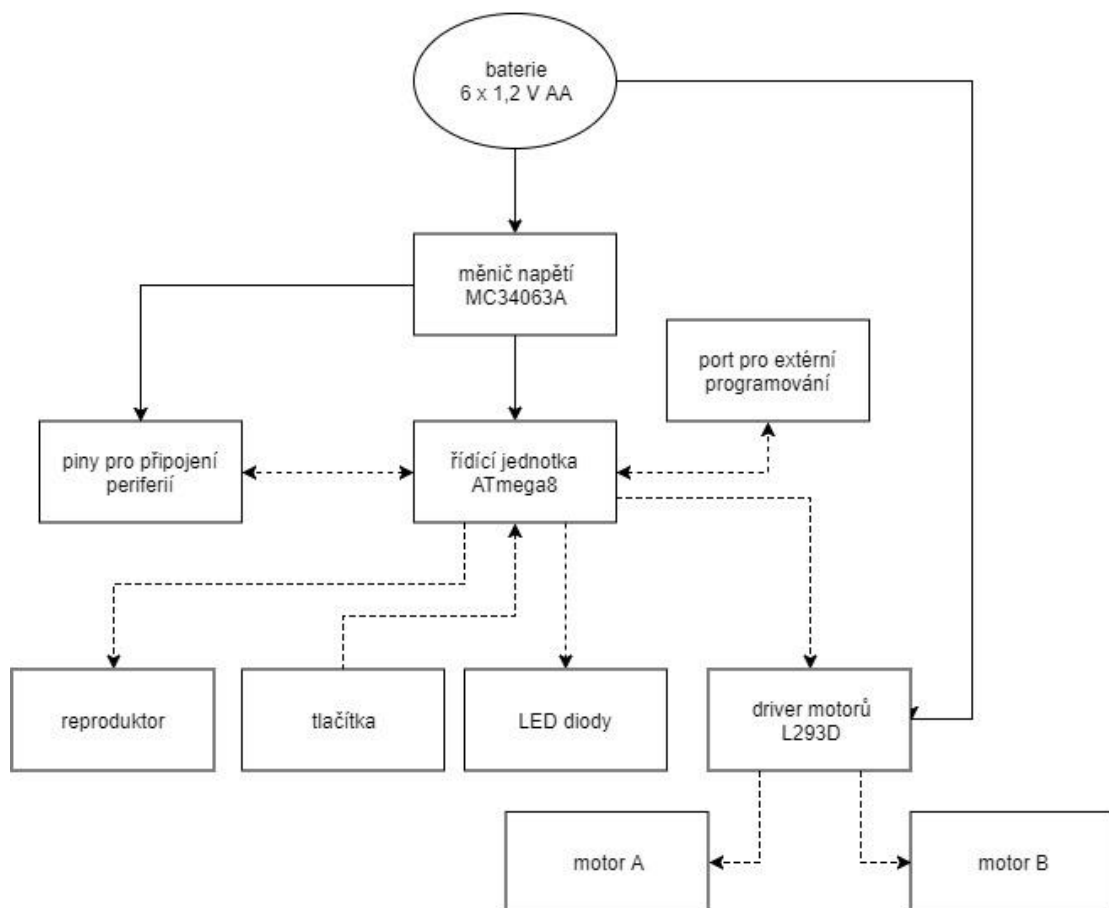
Obr. 6.1 – Zápas robotů kategorie Mini sumo (Mosmas, 2015)

## 7 REALIZACE MOBILNÍHO ROBOTA

V této kapitole se budu věnovat navrženému mobilnímu robotu. Bude popsán řídicí systém konstrukce zvoleného podvozku společně s pohonnými prvky. Tento robot bude schopen po provedení určitých modifikací, které budou též uvedeny, absolvovat soutěže Line follower a Mini sumo.

### 7.1 BLOKOVÉ SCHÉMA

Na obr. 7.1 je vyobrazeno blokové schéma navrženého mobilního robota.



Obr. 7.1 – Blokové schéma robota

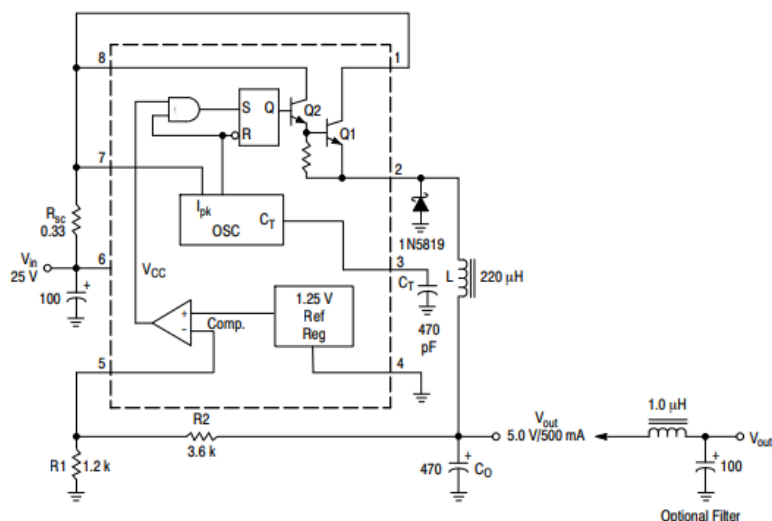
### 7.2 AKUMULÁTORY

K napájení robota je použito šest akumulátorů NiMH velikosti AA. Ty se oproti dříve hojně používaným NiCd akumulátorům vyznačují více než dvojnásobnou kapacitou. Mají malý vnitřní odpor a jejich používání nemá negativní dopad na životní prostředí, jako tomu je

například u již zmíněného typu NiCd. Jejich další výhodou je, že netrpí takzvaným paměťovým efektem, který by mohl nastat při špatném nabíjení akumulátoru. Proto jsou schopny konstantně dodávat 1,2 V až do doby úplného vybití. Jejich nevýhodou je vyšší samovybíjení, než tomu je například u NiCd či Li-Ion akumulátorů. V případě NiMH akumulátorů se jedná asi o 15 až 30 procentní úbytek energie za měsíc při pokojové teplotě. Akumulátory jsou umístěny v boxu, který je zabudován do těla robota. Do boxu je možné umístit až šest akumulátorů, které jsou zapojeny do série. Tímto způsobem se získá napětí 7,2 V, kterým je robot napájen. Pro opětovné nabití se musí akumulátory z robota vyjmout a vložit do externí nabíječky (Battex, nedatováno).

### 7.3 MĚNIČ NAPĚTÍ S MC34063A

Pro napájení robota je napětí a proud dodávaný akumulátory nevhodný. Musí se tedy obojí upravit. Použijí k tomu integrovaný obvod s označením MC34063A. Tento obvod je určen pro měniče stejnosměrného napětí. Skládá se z vnitřní teplotně kompenzované napěťové reference, komparátoru, oscilátoru s proměnnou střídou, s aktivním omezením proudu a výstupního výkonového spínače. Tento obvod byl speciálně navržen pro zapojení ve Step-Up, Step-Down a Voltage-Inverting aplikacích s minimálním počtem připojených externích komponent. Obvod je určen pro práci se vstupním napětím v rozmezí 3 až 40 voltů. Nejvyšší výstupní proud dosahuje 1,5 A. Výstupní napětí je volitelné, podle způsobu zapojení. Nejvyšší operační frekvence obvodu je 100 kHz (On Semiconductor, nedatováno).

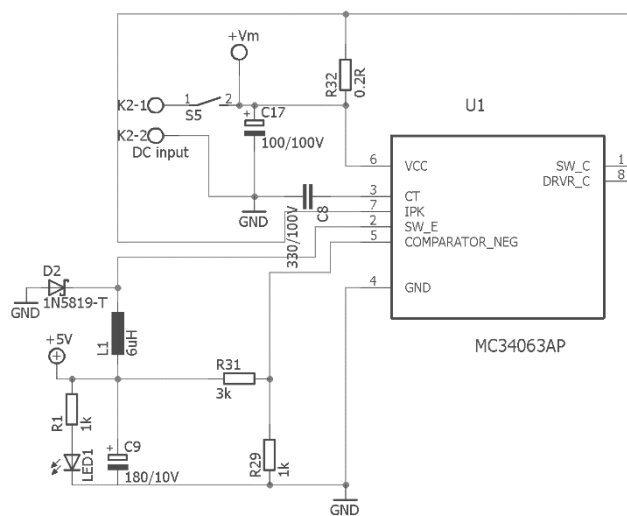


Obr. 7.2 – Zapojení typu Step-Down s MC34063A (On Semiconductor, nedatováno)



Z akumulátorů je na vstup obvodu přivedeno napětí 7,2 V a pro napájení řídicího mikropočítače robota je potřeba napětí 5 V. Proto bylo zvoleno zapojení typu Step-Down.

Pomocí internetového kalkulatoru byla dopočítána potřebná velikost připojených součástek. Připravené zapojení je určeno ke konverzi vstupního stejnosměrného napětí velikosti 7,2 V na napětí velikosti 5 V s možnou odchylkou 10 mV. Podle předpokládané maximální spotřeby robota, s přihlédnutím k možným stavům při práci s robotem, byl zvolen výstupní proud 700 mA. Operační frekvenci obvodu je 100 kHz. Pro vyhlazení průběhu vstupního i výstupního napětí jsou k obvodu na vstupu a výstupu připojeny kondenzátory.

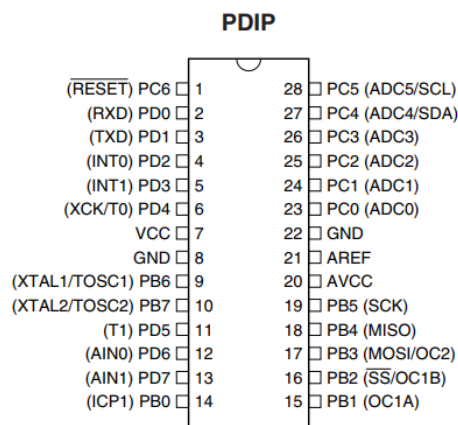


Obr. 7.3 – Zapojení MC34063AP v obvodu měniče napětí robota

Z tohoto měniče jsou napájeny všechny součástky robota, kromě driveru motorů, který je napájen přímo z akumulátorů.

## 7.4 MIKROPOČÍTAČOVÁ ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

Řídicí jednotkou robota je mikropočítač ATmega8. Jedná se o osmibitový AVR mikrokontroler vyráběný firmou Atmel. Tento mikrokontroler obsahuje dva osmibitové čítače/časovače a jeden šestnáctibitový čítač reálného času s odděleným oscilátorem, tři PWM kanály, AD převodník s rozlišením deseti bitů, rozhraní SPI, sériové rozhraní USART, programovatelný časovač typu Watchdog a mnohé další funkce. Operační napětí mikropočítače je 2,7 až 5,5 V. Mikropočítač ATmega8 je nabízen ve dvou pouzdrech. V zapojení bylo použito pouzdro s označením PDIP. Toto pouzdro obsahuje 28 vývodů (Atmel Corporation, 2009).



Obr. 7.4 – Mikropočítač Amega8 (Atmel Corporation, 2009)

## 7.5 ZAPOJENÍ MIKROPOČÍTAČE V OBVODU

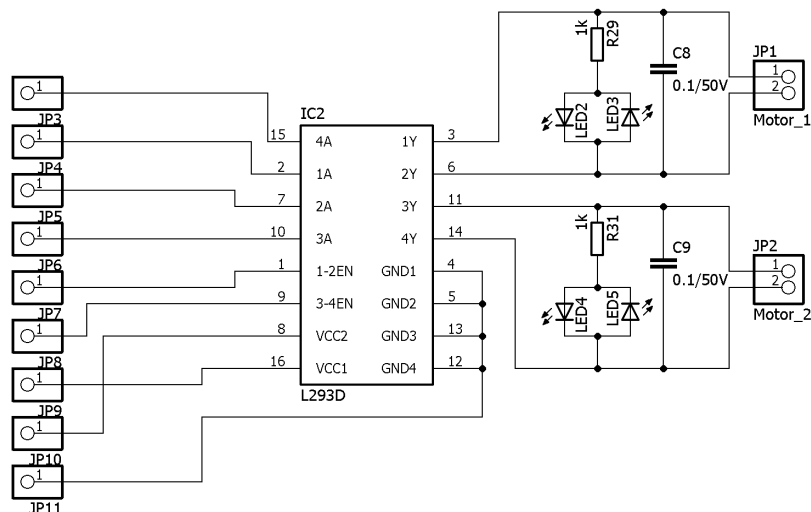
Na piny s označením PB6 a PB7 je připojen 16 MHz externí krystal, který je zdrojem hodinového signálu mikropočítače. Piny PC0 až PC4 slouží k připojení periférií. Na těchto pinech je možné v případě potřeby spustit analogově digitální převodník. Piny PB3, PB4 a PB5 jsou připojeny k ISP (In-system programming) konektoru. Díky této vlastnosti může být mikropočítač programován v obvodu bez potřeby jeho vyjmutí a vložení do speciálního programátoru. Pin PC6 je připojen k tlačítku s označením RESET, sloužící uživateli pro vyvolání restartu mikropočítače. PD0 je pin sériového přijímače. Tento pin je sdílen pětipinovým sériovým komunikačním portem a konektorem pro připojení modulu přijímače infračerveného ovládání. PD1 je pin určený pro sériové vysílání. Je připojen k pětipinovému sériovému komunikačnímu portu a k LED s označením LED7, která svým světlem indikuje probíhající komunikaci. Dioda s označením LED6 je přes rezistor, který omezuje protékající proud, připojena přímo k pinu PC5. K mikropočítači jsou dále připojena dvě tlačítka, která jsou obsluhována piny PD2 a PD3. Tlačítka jsou také připojena prostřednictvím 4,7 k $\Omega$  pull-up rezistorů napájení, díky čemuž je při normální operaci na vstupu mikropočítače stav vysokého napětí a při stisknutí tlačítka se tento stav změní na nulové napětí. Pin PD4 je napojen přes 10 $\mu$ F kondenzátor k piezoelektrickému reproduktoru. Piny PD5, PD6, PD7, PB0, PB1 a PB2 slouží k ovládání driveru motorů.

Tab. 7.1 – Zapojení jednotlivých pinů mikropočítače

Označení pinu	Zapojení
PB0	Řízení motorů
PB1	Řízení motorů
PB2	Řízení motorů
PB3	ISP
PB4	ISP
PB5	ISP
PB6	Krystal
PB7	Krystal
PC0	Připojení periférií
PC1	Připojení periférií
PC2	Připojení periférií
PC3	Připojení periférií
PC4	Připojení periférií
PC5	Indikační LED
PC6	Reset
PD0	Sériová komunikace a IR ovládání
PD1	Sériová komunikace, indikační LED
PD2	Tlačítko
PD3	Tlačítko
PD4	Reproduktor
PD5	Řízení motorů
PD6	Řízení motorů
PD7	Řízení motorů

Podrobné schéma zapojení DPS a osazovací plány jednotlivých součástek je možno najít v příloženém návodu k obsluze robota.

## 7.6 OBVOD PRO ŘÍZENÍ MOTORŮ



Obr. 7.5 – Obvod řízení motorů

Hlavní součástí obvodu určeného pro řízení motorů je dvojitý bipolární H-můstek s označením L293D. Tento integrovaný obvod obsahuje vestavěnou řídicí logiku a ochranné diody. Výstupní proud L293D je 600 mA, špičkový výstupní proud je 1,2 A. Na tuto skutečnost se musí brát ohled při výběru motorů. Pro správnou činnost integrovaného obvodu je třeba dvou napájecích napětí, jedno nestabilizované v rozsahu 4,5 až 36 V a druhé stabilizované 5 V. Stabilizované napětí je přivedeno na vstup VCC1 a nestabilizované na vstup VCC2. Piny 1A, 2A a 1-2EN slouží k ovládání motoru 1 a piny 3A, 4A a 3-4EN slouží k ovládání motoru 2. Pro indikaci směru otáčení jsou k výstupu motorů připojeny dvojice LED. Způsob ovládání směru otáčení motoru 1 je uveden v tab. 7.2 (Texas instruments, 2016).

Tab. 7.2 – Ukázka funkce výstupu L293D

1A	2A	1-2EN	Funkce
V	N	V	Otáčení dopředu
N	V	V	Otáčení dozadu
V	V	V	Motor zkratován (brzda)
N	N	V	Motor zkratován (brzda)
X	X	N	Motor odpojen

Kde V – vysoká úroveň (logická 1),  
N – nízká úroveň (logická 0),  
X – jakákoli úroveň (Texas instruments, 2016).

Pokud má být ovládán směr a rychlost otáček motoru 1, musí se přivést na jeden z ovládacích vstupů (1A, 2A, 1-2EN) PWM signál o vhodném kmitočtu. Pro ovládání motoru 2 platí stejná pravidla jako pro ovládání motoru 1, jen se řídicí signály musí přivést na vstup 3A,4A nebo 3-4EN (Texas instruments, 2016).

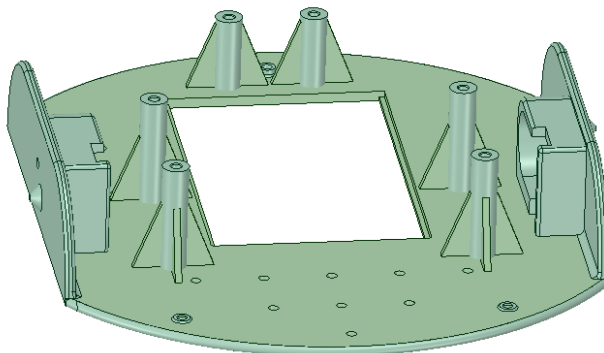
V modelu je používán pro určení směru otáček motorů piny mikropočítače PD6 a PD7 pro motor 1 a piny PB0 a PD5 pro motor 2. Rychlost otáčení obou motorů je regulováno prostřednictvím pinů PB1 a PB2, které jsou výstupní piny pro čítač/časovač 1. Tento čítač/časovač bude používán pro generování řídicího PWM signálu, a protože obsahuje dvě nezávislé komparační jednotky, bude každá z nich využívána pro řízení rychlosti otáček jednoho motoru.

## **7.7 MOTORY**

Pohyb robota je zajišťován dvěma stejnosměrnými kartáčovými motory s připojenou převodovkou, jejíž převodový poměr je 180:1. Provozní napětí motorů je 4,5 V. Měly by však správně fungovat v rozmezí 3 až 6 V. Jmenovitý proud motoru je 800 mA. Převodovka obsahuje vestavěnou bezpečnostní spojku, která chrání zuby před zničením. Výstupní hřídel převodovky je ve tvaru písmene D o průměru 3 mm (Pololu Robotics & Electronics, nedatováno).

## 7.8 TĚLO ROBOTA

Na obr. 7.6 se nachází 3D návrh těla robota vytvořený v programu DesingSpark Mechanical.

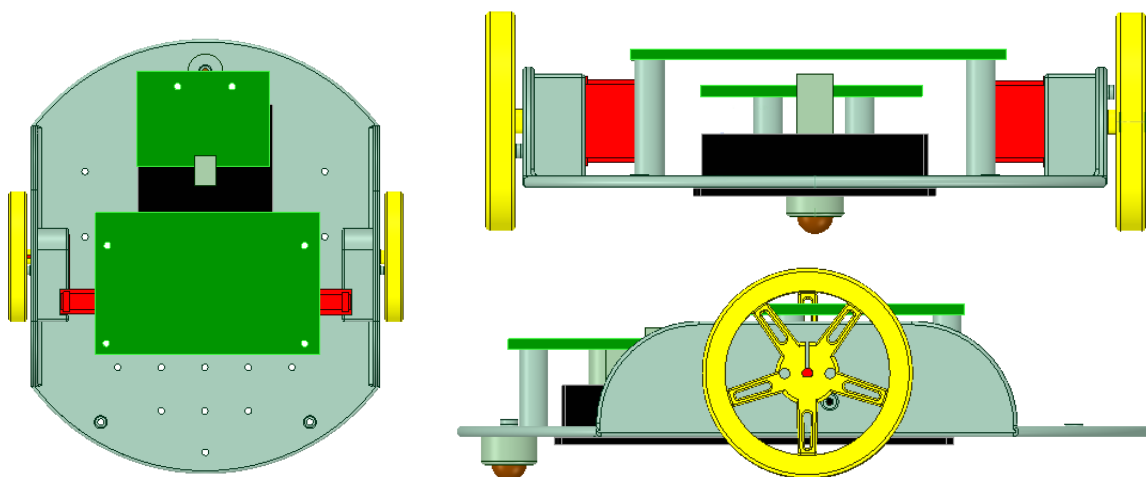


Obr. 7.6 – Návrh těla robota

Při návrhu těla robota bylo vycházeno z kruhu o průměru dvaceti centimetrů. Tento rozměr byl zvolen z toho důvodu, že největší povolené rozměry robota kategorie minimouse jsou 25×25 centimetrů. Tudíž bude robot patřit do kategorie minimouse i v případě připojení senzoru přesahující půdorys robota. Na bocích jsou kruhové úseče. V těchto místech jsou stěny, které slouží pro uchycení motorů. Pro jejich lepší uložení jsou na stěnách pouzdra, kam lze motor jednoduše vložit a zajistit šroubkem. Do prostoru bude vyčnívat hřídel motoru, na kterou se připevní kolo, jehož osa bude přesně na středu robota. Pokud se tedy spustí oba motory směrem proti sobě stejnou rychlostí, bude se robot točit na místě kolem své osy. Uvnitř těla je obdélníkový otvor, který slouží k umístění boxu na akumulátory. Byl použit box na šest akumulátorů velikosti AA, který byl zabudován do těla robota víkem směrem dolů. Pokud by se umístil víkem směrem nahoru, docházelo by ke kolizím víka a desky plošných spojů, umístěné nad akumulátorovým pouzdrém. Při každé výměně akumulátorů by muselo dojít nejprve k demontáži desky plošných spojů, poté k výměně akumulátorů a opětovné montáži DPS. Na obr. 7.6 je znázorněno, že otvor pro pouzdro na akumulátory není umístěn na střed robota, ale je posunut více dozadu. Příčinou je zachování stability robota, jelikož robot má pouze dvě kola uprostřed. Dalším nutným opatřením je umístění kuličky v pouzdře na zadní část robota. Vzniknou tedy tři opěrné body. Díky umístění akumulátorů se i celé těžiště přesune potřebným směrem a zabrání tak překlopení robota. Šest malých distančních sloupek vystupujících z plochy těla robota, slouží k uchycení desek plošných spojů, které nemohou být přidělány k tělu robota přímo.

Pomocné otvory pro montáž doplňků (například senzorů) se nacházejí hlavně v přední části.

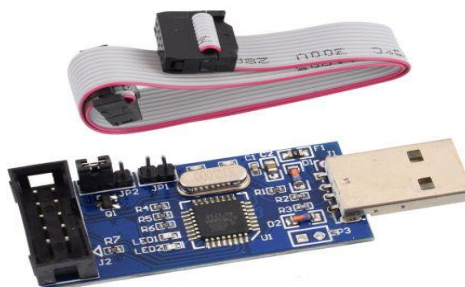
Na obr. 7.7 je zobrazena podoba složeného robota, kde je světle modrou barvou vyznačeno tělo, žlutou jsou znázorněna kola, červenou motory, zelenou desky plošných spojů, černou box na akumulátory a hnědou barvou kulička v pouzdru.



Obr. 7.7 – Nákres složeného robota

## 7.9 PROGRAMOVÁNÍ ROBOTA

Aby mohl být mikropočítač programován pomocí počítače, je nutné připojit počítač k ISP portu, umístěného na desce plošných spojů. To však jednoduše nepůjde, protože počítač je připojen přes konektor USB. Musí se proto použít programátor ISP rozhraní.



Obr. 7.8 – Ukázka externího programátoru (GM Electronic, nedatováno)

Díky tomuto programátoru je možné komunikovat s mikropočítačem, umístěným na desce plošných spojů, z počítače. Použitý programátor je založen na čipu ATMega88V, maximální rychlost zápisu je 5 KB/sec, programátor obsahuje deseti pinové ISP rozhraní, podporuje operační systémy Windows, Linux a MAC OS. Pro nahrání kódu do mikropočítače přes tento programátor lze použít aplikace AVRdude a ProgISP (GM Electronic, nedatováno).

Pro napsání samotného kódu pro mikropočítač lze použít program s názvem Atmel Studio. Tento program napsaný kód zkompiluje a uloží ho do souboru s příponou .hex. Soubor bude poté pomocí programu AVR Burn-O-Mat (což je vlastně program AVRdude rozšířený o uživatelské rozhraní) nahrán do mikropočítače (GM Electronic, nedatováno).



## 8 MODIFIKACE ROBOTA PRO POUŽITÍ VE VYBRANÝCH SOUTĚŽÍCH

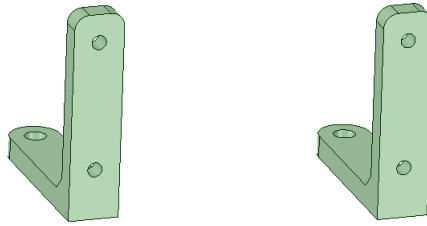
### 8.1 SOUTĚŽ LINE FOLLOWER

Pro použití mobilního robota v soutěži line follower postačí na přední stranu těla robota připojit infračervené senzory určené pro sledování čáry. Tyto senzory jsou schopny detekovat černou čáru, které se musí robot neustále držet. Nejjednoduším způsobem naprogramování robota je střídavé spínání jednotlivých motorů dané detekčním signálem senzorů.

Pokud budou dva senzory umístěny v přední části robota, každý na jedné straně sledované čáry, je možné vždy sepnout jeden motor a čekat, až senzor, připojený k robotu na stejné straně jako sepnutý motor, detekuje čáru. V tu chvíli je nutné motor vypnout a sepnout druhý motor. Druhý motor je spuštěný opět tak dlouho, dokud příslušný senzor nedetekuje čáru. V té chvíli je druhý motor vypnut a je sepnut opět první motor. Tento cyklus se neustále opakuje a robot takto může projet určenou trasu.

V této soutěži se však mohou vyskytovat i obtížné úseky. Například může dojít k rozdvojení nebo přerušení čáry, či k umístění objektu na čáru. S těmito skutečnostmi musí být při programování robota počítáno. Výhodou je znalost podoby hřiště, na kterém je čára nakreslena. Podle toho je třeba program upravit, aby byl robot na jednotlivé nástrahy připraven a správně fungoval. V případě rozdvojení čáry je možné použít více senzorů pro detekci čáry a programově ošetřit, aby robot vybral správnou cestu. Pro detekci překážky je možné použít ultrazvukového senzoru, který směřuje před robota a detekuje přítomnost překážky. Ultrazvukový senzor lze nahradit i infračerveným senzorem, který není nasměrován na podklad, ale před robota. Infračervený senzor však nemá takový dosah jako ultrazvukový a proto existuje nebezpečí pozdní detekce překážky. Programově je pak třeba ošetřit, aby robot překážející objekt objel, opět se napojil na čáru a pokračoval v jízdě (Robogames, nedatováno).

Pro uchycení ultrazvukového senzoru k tělu robota lze použít připravených úchytů.



Obr. 8.1 – Úchyty pro ultrazvukový senzor

## 8.2 SOUTĚŽ MINI SUMO

V soutěži Mini sumo musí být robot schopen vyhledat soupeře, vytlačit ho z ringu a při tom hlídat, aby on sám nepřekročil okraj ringu. Pro vyhledání soupeře je výhodné použití ultrazvukového senzoru. Robot se bude postupně otáčet kolem své osy a pomocí senzoru snímat prostor před sebou. Pokud detekuje překážku, jejíž vzdálenost od robota bude nižší než průměr ringu, je tato překážka považována za soupeře. Robot se daným směrem rozjede a dokud bude detekovat překážku, nezastaví se. Pokud překážku přestane detekovat, začne se opět otáčet a hledat soupeře. Detekční úhel ultrazvukového senzoru je  $15^\circ$ . Nepřítele tedy zaznamená jen tehdy, je-li přímo před ním.

Pro zamezení samovolného vyjetí robota z ringu je možno připojit infračervený senzor pro detekci hraniční čáry ringu. Poté je potřebné pomocí správného programu ošetřit nebezpečné situace. Tedy pokud robot pojede kupředu a detekuje čáru, zastaví se, kousek couvne, otočí se a bude dál pokračovat v zápase. Toto řešení však má nedostatky. Například pokud bude robot soupeřem vytlačován až k okraji ringu, senzor detekuje čáru, náš robot začne couvat a sám z ringu vyjede. Proto je lepší variantou přidání dvou infračervených senzorů, kdy jeden bude vpředu a druhý vzadu. Přední senzor bude použit k zamezení samovolného vyjetí robota z ringu například při útoku na nepřítele, nebo v případě chybné detekce ultrazvukového čidla. A druhý (zadní) senzor bude sloužit pro zamezení vyjetí robota z ringu při couvání, nebo v případě vytlačování robota soupeřem, může tento senzor sloužit ke spuštění úhybného manévru.

## 9 ZHODNOCENÍ

V práci byla navržena celá konstrukce mobilního robota. Z důvodu množství výhod byla zvolena tříkolová konstrukce podvozku, která byla vytisknuta pomocí 3D tiskárny a při testování prototypu se dobře osvědčila. Pro demonstraci funkčnosti napsaných programů byl použit vývojový kit EvB 4.3. Tento kit je založen na mikropočítači ATmega32, který je od navrženého ATmega8 mírně odlišný. Při testování bylo nutné připravené programy modifikovat a použít odlišné výstupní piny.

Pro možnost ověření funkčnosti programů určených k ovládní robota při soutěžích Line follower a Mini sumo bylo vyrobeno hřiště s nakreslenou čarou a ring. Mnou navržený program pro soutěž Line follower se skvěle osvědčil při nižších rychlostech, avšak při spínání maximálního výkonu motoru docházelo k velmi rychlému otočení robota a rychlému pohybu senzoru, který nakreslenou čáru nestihl detekovat. Z tohoto důvodu nebyly i při testování robota v soutěži Mini sumo spouštěny motory naplno. Vyhledání překážky (soupeře) a její následné vytlačení mimo ring v soutěži Mini sumo robot zvládl bez potíží.

## 10 ZÁVĚR

Byl navržen a sestaven výukový mobilní robot, který je přizpůsobený k tomu, aby byl schopný absolvovat soutěže Line follower a Mini sumo. Podle této bakalářské práce by měli být studenti schopni vyrobit, postavit a naprogramovat vlastního funkčního výukového mobilního robota, který bude způsobilý absolvovat již zmíněné soutěže. Pro rozšíření funkcí robota je na desce plošných spojů umístěn konektor určený pro připojení modulu přijímače infračerveného ovládání. Studenti tedy mohou schopnosti robota rozšířit o dálkové ovládání. Všechny konektory určené pro připojení periférií jsou připojeny ke vstupu mikropočítače, kde lze zapnout analogově digitální převodník, je tedy možné připojit periférie, které mají analogový výstup. Díky této skutečnosti lze robot rozšířit téměř o cokoliv. Jediné omezení je v počtu, kdy pro připojení periférií je vyčleněno pouze pět pinů mikropočítače.

## POUŽITÁ LITERATURA

- ATmega8A*. 2009. [on-line]. Atmel Corporation. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.432-027.1.pdf>.
- Arduino Bluetooth modul HC-05*. [on-line]. Arduino návody. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/arduino-bluetooth-modul-hc-05.html>.
- Bomazi. 2012. *Micro servo*. [on-line]. Wikimedia Commons. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micro\\_servo.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micro_servo.jpg).
- ČERNÝ, M. 2019. *Ovládání pomocí Bluetooth – pro Arduino*. [on-line]. RoboDoupě. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://robodoupe.cz/2014/ovladani-pomoci-bluetooth-pro-arduino/>.
- Dvojité H-můstky pro řízení stejnosměrných motorů*. [on-line]. Hobby robot. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.hobbyrobot.cz/wp-content/uploads/bridge05.pdf>.
- Electric motor cycle 2*. 2006. [on-line]. Wikimedia Commons. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electric\\_motor\\_cycle\\_2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electric_motor_cycle_2.png).
- How To Make Arduino Line Follower Robot*. 2017. [on-line]. Electronics Hub. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.electronicshub.org/arduino-line-follower-robot/>.
- Infračervené dálkové ovládání*. 2004. [on-line]. Elektro Bastlírna. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.ebastlirna.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=125>.
- Infrared Proximity Sencor – IC-PROX*. [on-line]. Flickr. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/snazzyguy/4150703942>.
- ISP programátor*. [on-line]. GM Elektronik. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/isp-programator>.
- KRÁL, J. 2012. *Stavebnice MAT – modul krokové motory*. Bakalářská práce. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Katedra výpočetní a didaktické techniky. Vedoucí: P. Michalík.
- L293x Quadruple Half-H Drivers*. 2016. [on-line]. Texas instruments. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>.
- Lego Mindstorms kit*. 2010. [on-line]. Wikimedia Commons. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UranusOmniDirectionalRobotPodnar.png>.
- LINDA, M.; RŮŽIČKA, M.; BEZOUŠKA, V. *Roboty a manipulátory, Pohony RaM I*. [on-line]. Technická fakulta, ČZU v Praze, Katedra elektrotechniky a automatizace. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3078065/>.
- Line Following Rules*. [on-line]. Robogames. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <http://robogames.net/rules/line-following.php>.
- LOCKER, M. 2009. *Inkrementální endokér*. [on-line]. Robot klub Rychnov. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [http://robotika.vosrk.cz/guide/sensors/decode/cs?fbclid=IwAR3-4sWDxxcq42uft7pyz2qqTmf2Mvkq68DP1iT9Ep5CZjl\\_8rYc22qE6Q](http://robotika.vosrk.cz/guide/sensors/decode/cs?fbclid=IwAR3-4sWDxxcq42uft7pyz2qqTmf2Mvkq68DP1iT9Ep5CZjl_8rYc22qE6Q).

- MAHMOUD, M., S. 2018. *Fuzzy Control, Estimation and Diagnosis. Single and Interconnected Systems*. Springer International Publishing. 627 s. ISBN 978-3-319-54954-8.
- Maze Solving/Micromouse Rules*. 2019. [on-line]. Robogames. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://robogames.net/rules/maze.php>.
- MC34063A, MC33063A, SC34063A, SC33063A, NCV33063A*. [on-line]. On Semiconductor. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC34063A-D.PDF>.
- Mindstorms EV3*. [on-line]. Lego.com. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.lego.com/cs-cz/mindstorms/products/mindstorms-ev3-31313>.
- Mini Plastic Gearmotor*. [on-line]. Pololu Robotics & Electronics. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.pololu.com/product/1594>.
- MOSMAS. 2015. *Micromouse Green Giat*. [on-line]. Wikimedia Commons. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micromouse\\_Green\\_Giant\\_V1.3.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Micromouse_Green_Giant_V1.3.jpg).
- NOVÁK, P. 2005. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. Praha: BEN – technická literatura. ISBN 80-730-0141-1.
- PH modul pro Arduino*. [on-line]. Arduino.shop.cz. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://arduino-shop.cz/arduino/1250-tekute-ph-hodnota-detekce-detekovat-senzor-modul-monitorovani-ovladani-pro-arduino.html>.
- Princip pohybu krokových motorů*. [on-line]. Západočeská univerzita v Plzni, Katedra výpočetní a didaktické techniky. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: <https://www.kvd.zcu.cz/cz/materialy/POS/HTML/61/default.htm>.
- Regulace otáček stejnosměrných motorů pomocí PWM*. 2009. [on-line]. Internetový portál elektrotechnika. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/19063021-Obr-1-jednokvadrantovy-proudovy-regulator-otacek-dioda-plni-funkci-ochrany-tranzistoru-proti-zapornemu-napeti-generovaneho-vinutim-motoru.html>.
- Robosoutěž ČVUT*. 2019. [on-line]. Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://robosoutez.fel.cvut.cz/>.
- Robotika*. [on-line]. Výukový portál. Střední průmyslová škola Brno. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7493/mod\\_resource/content/1/ROBOTIKA.pdf](https://moodle.sspbrno.cz/pluginfile.php/7493/mod_resource/content/1/ROBOTIKA.pdf)
- SparkFun HC-SR04 Ultrasonic Sensor*. [on-line]. Wikimedia Commons. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SparkFun\\_HC-SR04\\_Ultrasonic-Sensor\\_13959-01a.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SparkFun_HC-SR04_Ultrasonic-Sensor_13959-01a.jpg).
- ŠTĚPÁN, P. 2010. *Mobilní robotika*. [online]. Fel.cvut.cz [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://cw.fel.cvut.cz/old/\\_media/mkr/lessons/lesson1.pdf](https://cw.fel.cvut.cz/old/_media/mkr/lessons/lesson1.pdf)
- Unified Sumo Robot Rules*. [on-line]. Robogames. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://robogames.net/rules/all-sumo.php>.
- Uranus Omni Directional Robot Podnar*. 2010. [on-line]. Wikimedia Commons. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UranusOmniDirectionalRobotPodnar.png>.

- VODA, Z. 2018. *TinyLab: wifi modul ESP8266*. [on-line]. Arduino.cz. [cit. 2019-04-30].  
Dostupné z: <https://arduino.cz/tinyLab-wifi-modul-esp8266/>.
- Základní charakteristiky*. [on-line]. Battex. [cit. 2019-05-01]. Dostupné z:  
<http://www.battex.info/hermeticke-akumulatory/nimh-akumulatory/zakladni-charakteristiky>.
- ZDAŘIL, T. 2009. *Přijímač dálkových ovládaní*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí: Z. Kolka.

## **PŘÍLOHY**

**A – CD**

**B – Montážní návod**



**Příloha k bakalářské práci**

Výukový mobilní robot

Kamil Regner

**CD**

## **Obsah**

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF.
- 2 Montážní návod (návod ke stavbě a obsluze robota).
- 3 Úplné zdrojové kódy demonstračních programů.
- 4 3D návrhy jednotlivých částí robota.

**Příloha k bakalářské práci**

Výukový mobilní robot

Kamil Regner

**MONTÁŽNÍ NÁVOD**

**NÁVOD KE STAVBĚ A OBSLUZE ROBOTA**

## OBSAH

	Seznam ilustrací .....	B – 3
	Seznam tabulek .....	B – 4
	ÚVOD .....	B – 5
1	SOUČÁSTKY .....	B – 6
1.1	Součástky potřebné pro sestavení robota .....	B – 6
1.2	Součástky potřebné pro modifikaci robota .....	B – 7
2	VÝROBA DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ .....	B – 8
2.1	Výroba dps pro řízení robota .....	B – 8
2.2	Konstrukce dps určené k ovládní motorů.....	B – 13
3	SESTAVENÍ ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE ROBOTA .....	B – 16
3.1	Komponenty k sestavení základní konstrukce robota.....	B – 16
3.2	Návod pro sestavení základní konstrukce robota.....	B – 17
4	MODIFIKACE ROBOTA PRO SOUTĚŽE.....	B – 20
4.1	Komponenty k sestavení modifikovaného robota.....	B – 20
4.2	Návod pro sestavení modifikovaného robota.....	B – 20
5	PROGRAMY PRO OBSLUHU MEŘICÍCH A AKČNÍCH ČLENŮ ROBOTA .	B – 22
5.1	Program pro obsluhu infračerveného senzoru .....	B – 22
5.2	Program pro obsluhu ultrazvukového senzoru.....	B – 23
5.3	Program pro řízení motoru .....	B – 25
6	PROGRAMY PRO ABSOLVOVÁNÍ VYBRANÝCH SOUTĚŽÍ .....	B – 27
6.1	Program pro soutěž line follower.....	B – 27
6.2	Program pro soutěž mini sumo .....	B – 29
7	SPECIFIKACE MOBILNÍHO ROBOTA .....	B – 31

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Obrázky potřebných součástí pro sestavení těla robota .....	B – 6
Obr. 1.2 – Obrázky potřebných součástí pro modifikaci robota .....	B – 7
Obr. 2.1 – Schéma zapojení obvodu určeného pro řízení robota.....	B – 10
Obr. 2.2 – Schéma zapojení obvodu napěťového měniče .....	B – 10
Obr. 2.3 – DPS určená k řízení robota .....	B – 11
Obr. 2.4 – Rozmístění součástí DPS určené k řízení robota (osazovací plán).....	B – 11
Obr. 2.5 – DPS určená k řízení robota v měřítku 1:1 .....	B – 12
Obr. 2.6 – Schéma zapojení obvodu určeného k řízení motorů.....	B – 14
Obr. 2.7 – DPS určená k řízení motorů.....	B – 14
Obr. 2.8 – Rozmístění součástí DPS určené k řízení robota (osazovací plán).....	B – 15
Obr. 2.9 – DPS určená k řízení motorů v měřítku 1:1 .....	B – 15
Obr. 3.1 – Návrh DPS určené k řízení robota s vyznačenými konektory .....	B – 18
Obr. 3.2 – Návrh DPS určené k řízení motorů s vyznačenými konektory .....	B – 18
Obr. 5.1 – Vývojový diagram programu pro infračervený senzor.....	B – 22
Obr. 5.2 – Vývojový diagram funkce pro ultrazvukový senzor .....	B – 24
Obr. 5.3 – Vývojový diagram programu pro řízení motoru.....	B – 26
Obr. 6.1 – Vývojový diagram pro soutěž Line follower.....	B – 28
Obr. 6.2 – Vývojový diagram pro soutěž Mini sumo .....	B – 30

## **SEZNAM TABULEK**

Tab. 2.1 – Součástky potřebných pro výrobu DPS určené k řízení robota.....	B – 8
Tab. 2.2 – Součástky potřebné pro výrobu DPS určené k řízení motorů .....	B – 13
Tab. 3.1 – Komponenty pro sestavení základní konstrukce robota .....	B – 16
Tab. 4.1 – Komponenty pro sestavení modifikovaného robota .....	B – 20
Tab. 7.1 – Parametry robota.....	B – 31

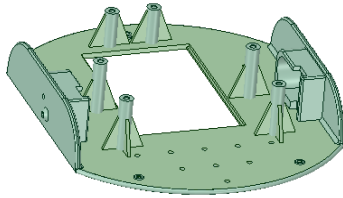
## ÚVOD

Tento návod slouží k výrobě a zprovoznění vlastního výukového modulárního mobilního robota. Hlavní řídicí jednotkou robota je mikropočítač ATmega8, který obsahuje až 8 kB programovatelné paměti. Program lze nahrát prostřednictvím ISP konektoru připojeného k mikropočítači. Dále robot obsahuje shield pro řízení motorů, založený na integrovaném obvodu L293D. Prostřednictvím tohoto shieldu jsou řízeny dva DC motory, které zajišťují pohyb robota. Na desce plošných spojů určené k řízení robota je vyvedeno pět pinů mikropočítače sloužících pro připojení periférií. Připojené periferie mohou generovat jak digitální, tak analogový signál. Pro zpracování analogového signálu však musejí být na příslušných pinech spuštěny analogově digitální převodníky. Na zmíněné desce plošných spojů se též nachází signalizační LED a tlačítka určené k rozšíření schopností robota.

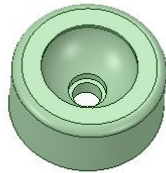
V návodu jsou uvedeny seznamy součástek potřebných pro sestavení robota společně s plány a podrobným návodem sestavení. Dále jsou uvedeny okomentované programy sloužící pro testování funkcí vybraných měřicích a akčních členů robota. Pro demonstraci možností robota je v návodu ukázka dvou programů určených k absolvování vybraných soutěží.

# 1 SOUČÁSTKY

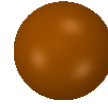
## 1.1 SOUČÁSTKY POTŘEBNÉ PRO SESTAVENÍ ROBOTA



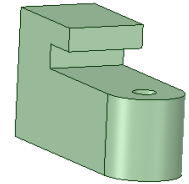
Tělo robota



Pouzdro pro kuličku



Kulička



Úchyt pro DPS



NiMH akumulátor  
velikosti AA



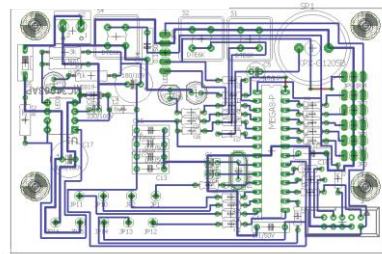
Kolo



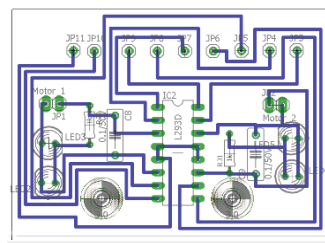
Propojovací kabel



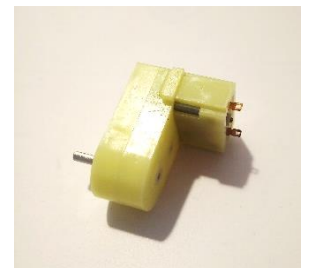
Akumulátorový box



Deska plošných spojů  
řídící část



Deska plošných spojů  
motorová část



Motor



Programátor



Samořezný šroub



Šroubek s matickou

Obr. 1.1 – Obrázky potřebných součástek pro sestavení těla robota



## 1.2 SOUČÁSTKY POTŘEBNÉ PRO MODIFIKACI ROBOTA



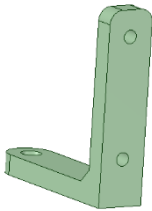
Ultrazvukový  
senzor HC SR04



Infračervený senzor  
sledování čáry 2×



Propojovací kabel 10×



Úchyt  
ultrazvukového  
senzoru 2×



Samořezný šroub 6×



Šroubek s matickou 2×

Obr. 1.2 – Obrázky potřebných součástí pro modifikaci robota

## 2 VÝROBA DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ

### 2.1 VÝROBA DPS PRO ŘÍZENÍ ROBOTA

Seznam součástek potřebných pro výrobu desky plošných spojů určené k řízení robota naleznete v tab. 2.1.

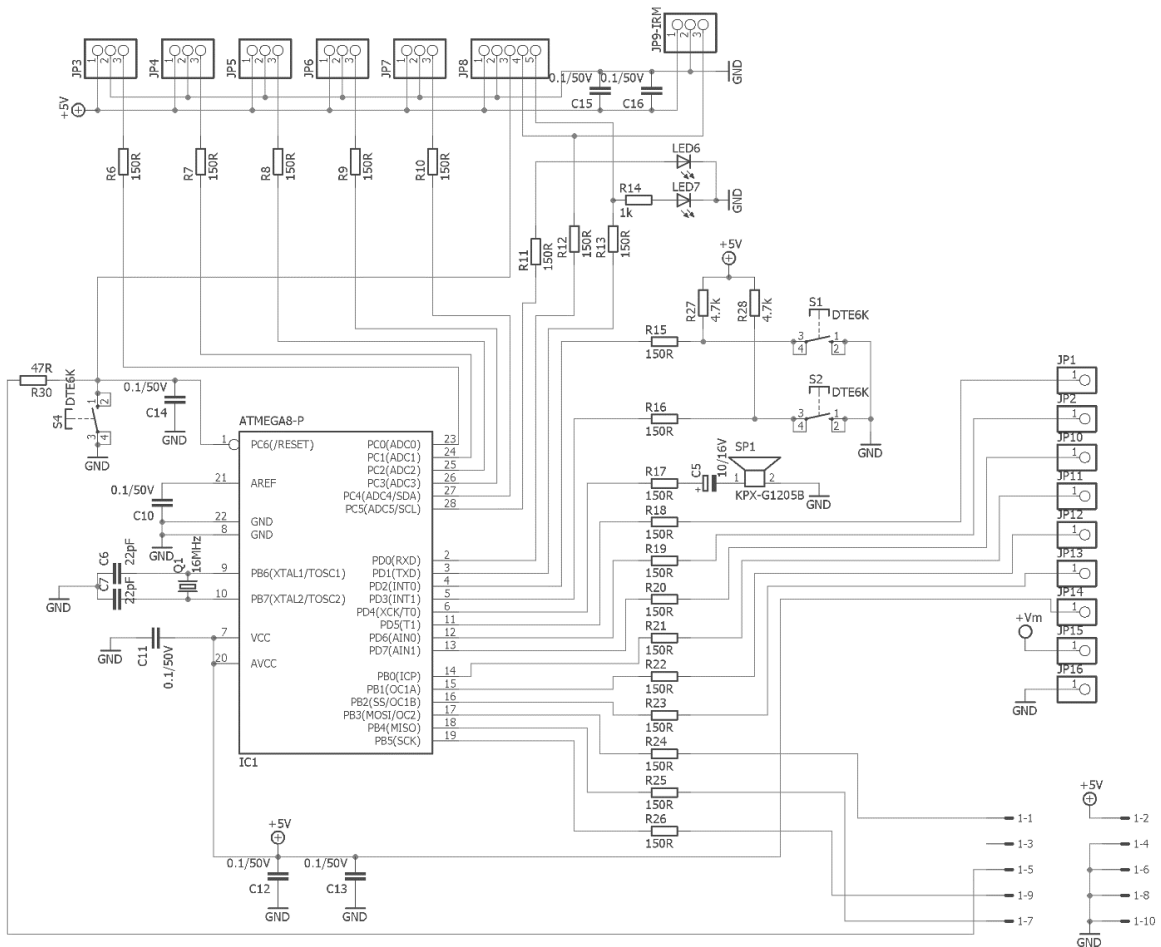
Tab. 2.1 – Součástky potřebných pro výrobu DPS určené k řízení robota

Název součástky ve schématu	Součástka	Hodnota	Typ pouzdra
C5	Kondenzátor	10 $\mu$ F	057-010-1
C6	Kondenzátor	22 pF	C025-024X044
C7	Kondenzátor	22 pF	C025-024X044
C8	Kondenzátor	330 $\mu$ F	C025-024X044
C9	Kondenzátor	180 $\mu$ F	E3,5-10
C10	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C11	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C12	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C13	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C14	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C15	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C16	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C17	Kondenzátor	100 $\mu$ F	E3,5-10
1	ISP konektor		057-010-1
D2	Dioda 1N5819-T		D041-7,6
IC1	Mikropočítač ATmega8-P		DIL28-3
JP1	Konektorová lišta		1×01
JP2	Konektorová lišta		1×01
JP3	Konektorová lišta		1×03
JP4	Konektorová lišta		1×03
JP5	Konektorová lišta		1×03
JP6	Konektorová lišta		1×03
JP7	Konektorová lišta		1×03
JP8	Konektorová lišta		1×05
JP9-IRM	Konektorová lišta		1×03
JP10	Konektorová lišta		1×01
JP11	Konektorová lišta		1×01
JP12	Konektorová lišta		1×01
JP13	Konektorová lišta		1×01
JP14	Konektorová lišta		1×01
JP15	Konektorová lišta		1×01
JP16	Konektorová lišta		1×01
K2	Šroubovací svorkovnice		W237-102
L2	Cívka	6 $\mu$ H	0207/7

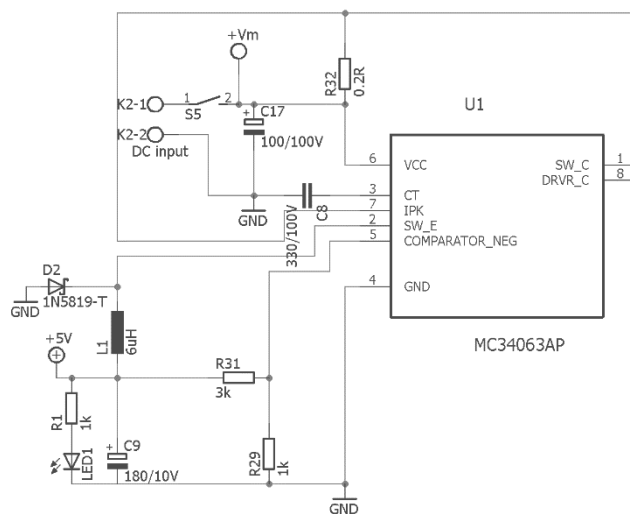
Tab. 2.1 – Součástky potřebné pro výrobu DPS určené k řízení robota – pokračování

Název součástky ve schématu	Součástka	Hodnota	Typ pouzdra
LED1	LED		LED5MM
LED6	LED		LED5MM
LED7	LED		LED5MM
Q1	Krystal	16 MHz	HC49/S
R1	Rezistor	1 k $\Omega$	0309/12
R6	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R7	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R8	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R9	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R10	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R11	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R12	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R13	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R14	Rezistor	1 k $\Omega$	0204/7
R15	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R16	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R17	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R18	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R19	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R20	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R21	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R22	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R23	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R24	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R25	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R26	Rezistor	150 $\Omega$	0204/7
R27	Rezistor	4,7 k $\Omega$	0204/7
R28	Rezistor	4,7 k $\Omega$	0204/7
R29	Rezistor	1 k $\Omega$	0309/12
R30	Rezistor	47 $\Omega$	0204/7
R31	Rezistor	3 k $\Omega$	0309/12
R32	Rezistor	0,2 $\Omega$	0309/12
S1	Tlačítko		DTE6K
S2	Tlačítko		DTE6K
S4	Tlačítko		DTE6K
S5	Spínač		DS-01
SP1	Reproduktor		AL201P
U1	Převodník napětí		DIP254P762X508-8

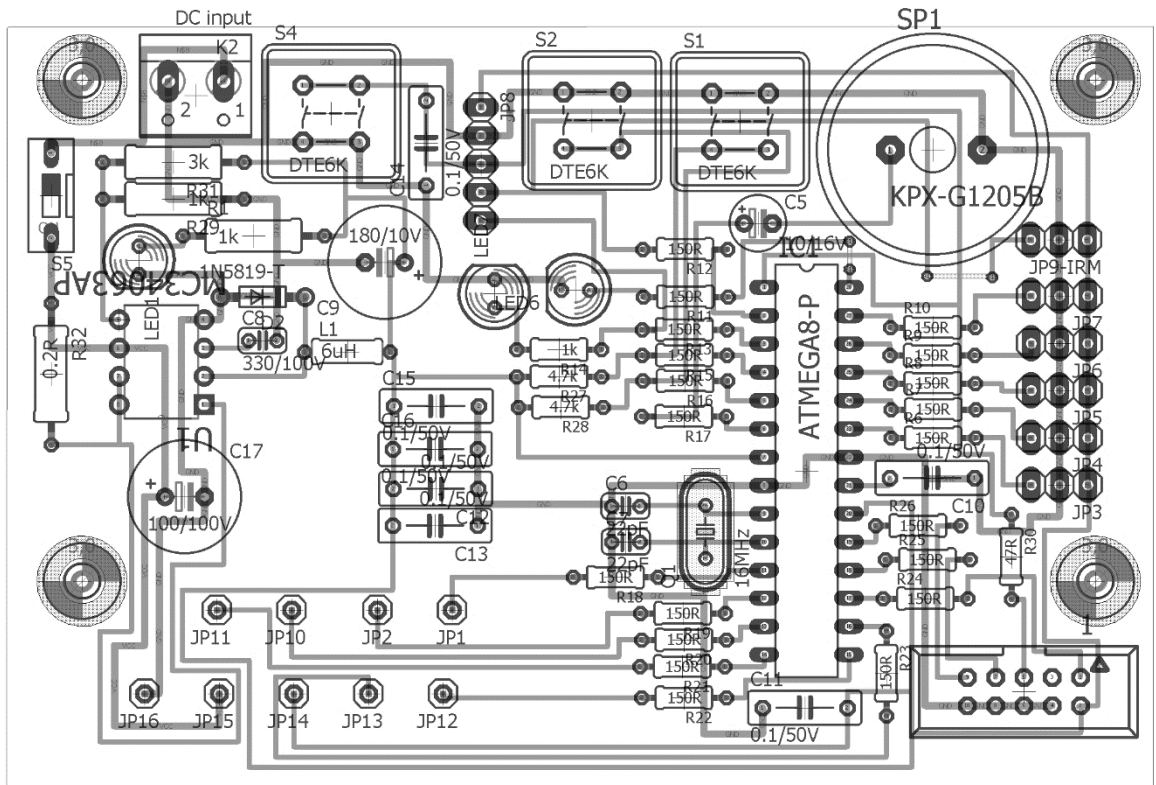
Níže jsou vyobrazena schémata zapojení obvodu a osazovací plány desky plošných spojů pro řízení robota.



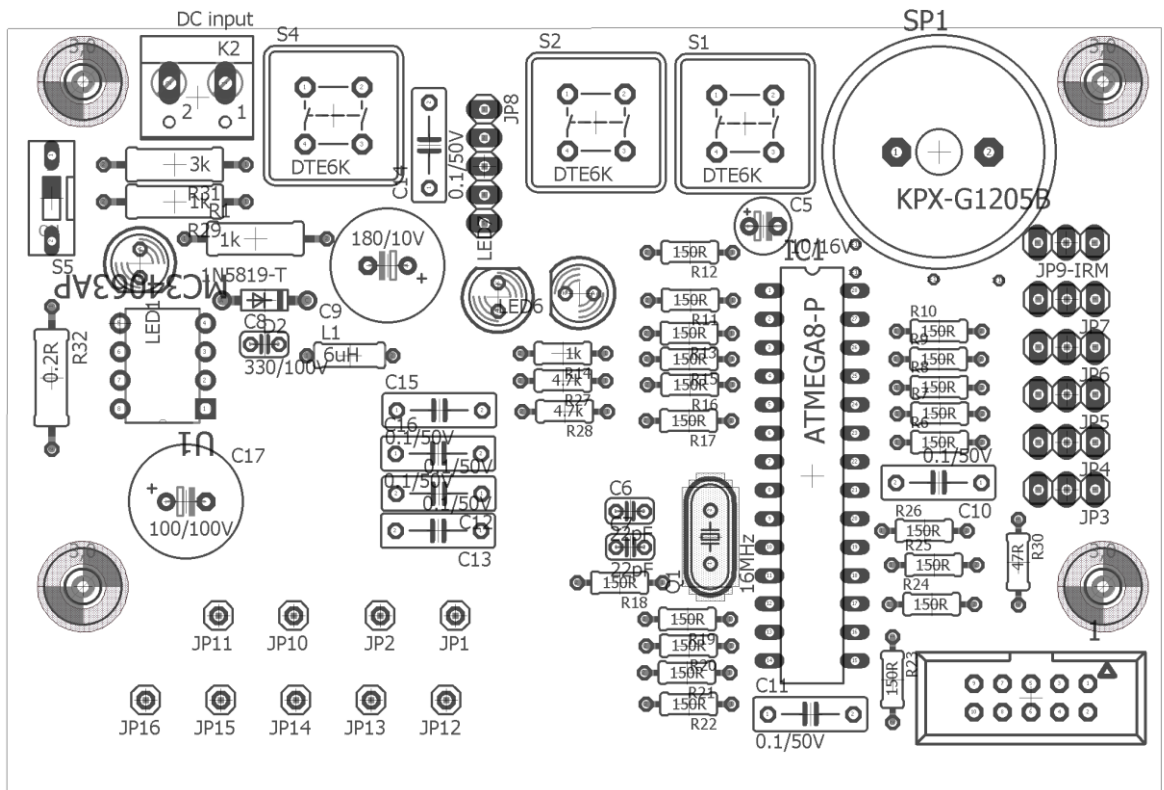
Obr. 2.1 – Schéma zapojení obvodu určeného pro řízení robota



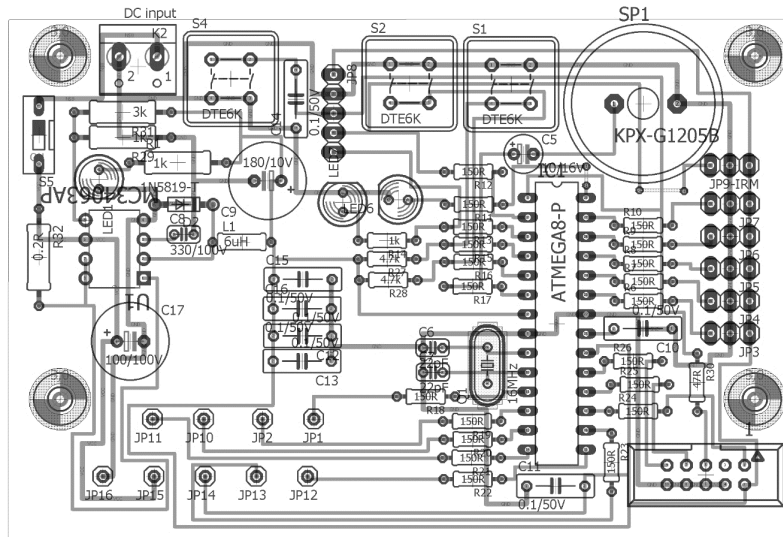
Obr. 2.2 – Schéma zapojení obvodu napěťového měniče



Obr. 2.3 – DPS určená k řízení robota



Obr. 2.4 – Rozmístění součástek DPS určené k řízení robota (osazovací plán)



Obr. 2.5 – DPS určená k řízení robota v měřítku 1:1

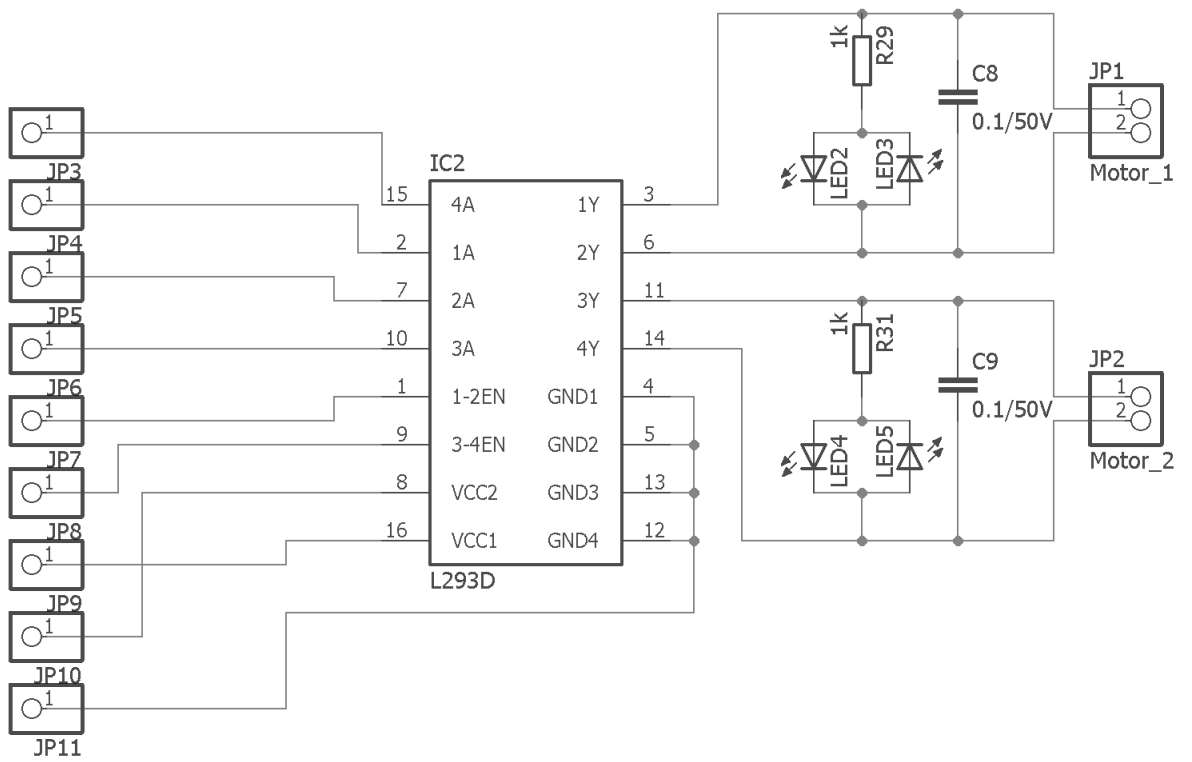
## 2.2 KONSTRUKCE DPS URČENÉ K OVLÁDÁNÍ MOTORŮ

Seznam součástek potřebných pro výrobu desky plošných spojů určené k ovládání motorů robota naleznete v tab. 2.2.

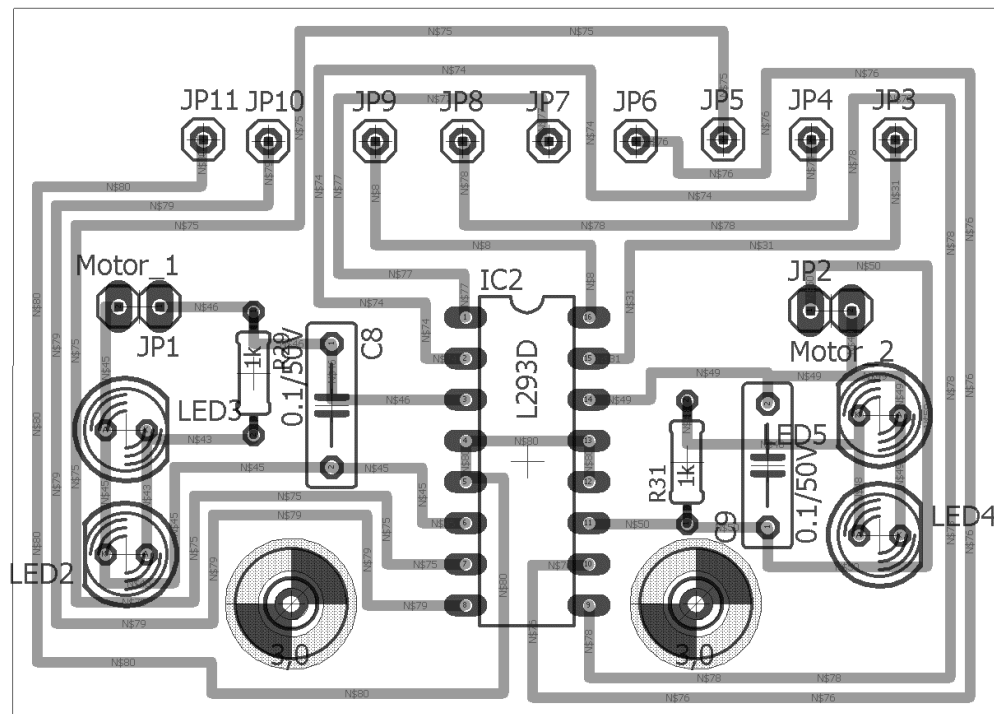
Tab. 2.2 – Součástky potřebné pro výrobu DPS určené k řízení motorů

Název součástky ve schématu	Součástka	Hodnota	Typ pouzdra
C8	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
C9	Kondenzátor	0,1 $\mu$ F	C075-032X103
IC2	H-můstek L293D		DIL16
JP1	Konektorová lišta		1×02
JP2	Konektorová lišta		1×02
JP3	Konektorová lišta		1×01
JP4	Konektorová lišta		1×01
JP5	Konektorová lišta		1×01
JP6	Konektorová lišta		1×01
JP7	Konektorová lišta		1×01
JP8	Konektorová lišta		1×01
JP9	Konektorová lišta		1×01
JP10	Konektorová lišta		1×01
JP11	Konektorová lišta		1×01
LED2	LED		LED5MM
LED3	LED		LED5MM
LED4	LED		LED5MM
LED5	LED		LED5MM
R29	Rezistor	1 k $\Omega$	0204/7
R31	Rezistor	1 k $\Omega$	0204/7

Schéma zapojení obvodu a osazovací plány desky plošných spojů pro řízení motorů naleznete níže.

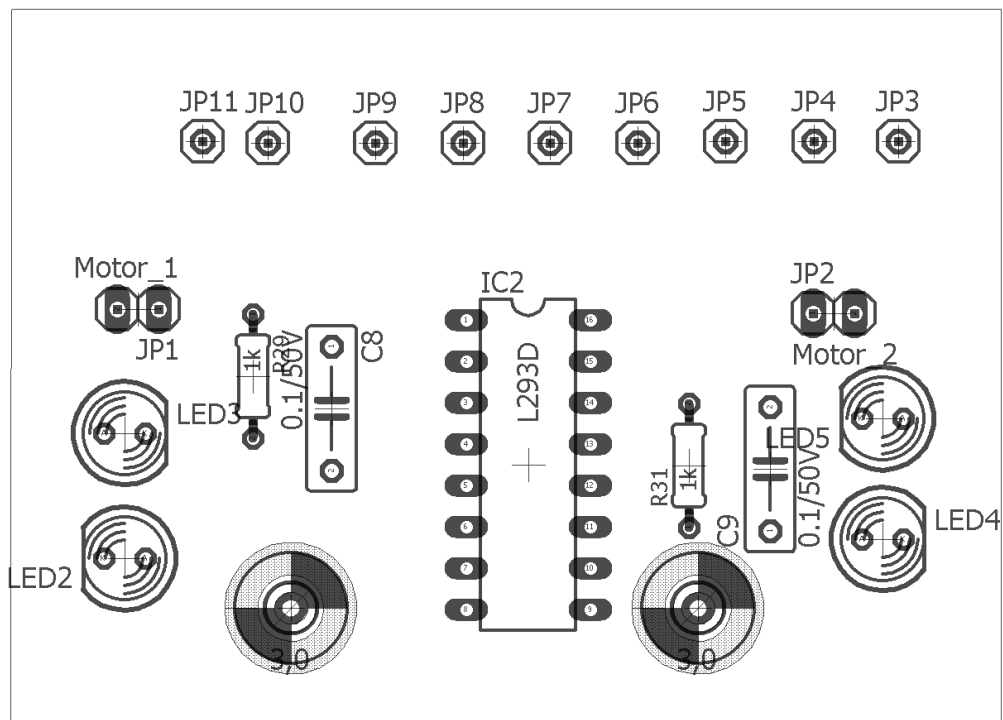


Obr. 2.6 – Schéma zapojení obvodu určeného k řízení motorů

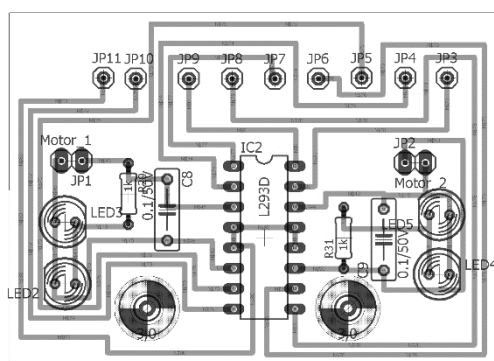


Obr. 2.7 – DPS určená k řízení motorů





Obr. 2.8 – Rozmístění součástek DPS určené k řízení robota (osazovací plán)



Obr. 2.9 – DPS určená k řízení motorů v měřítku 1:1

### 3 SESTAVENÍ ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE ROBOTA

#### 3.1 KOMPONENTY K SESTAVENÍ ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE ROBOTA

V tab. 3.1 jsou uvedeny komponenty potřebné pro sestavení základní konstrukce navrženého mobilního robota.

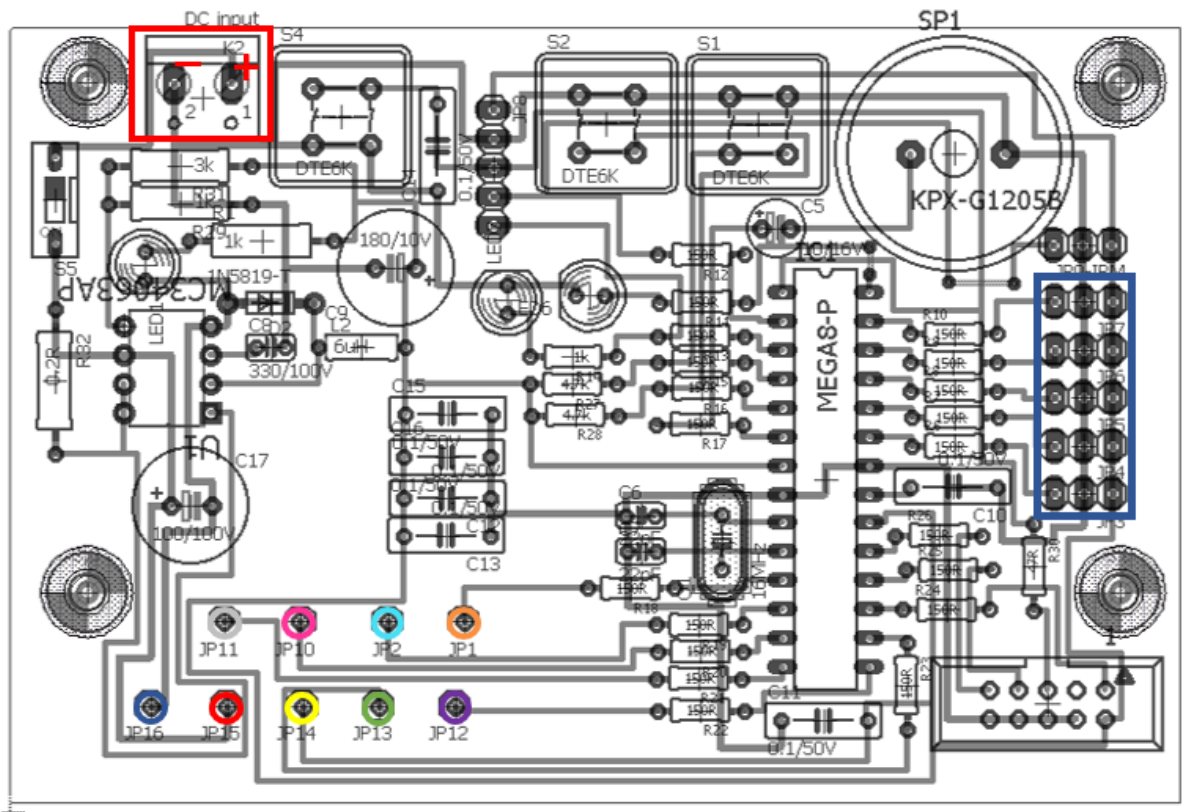
Tab. 3.1 – Komponenty pro sestavení základní konstrukce robota

Komponenta	Množství
Tělo robota	1
Pouzdro pro kuličku	1
Kulička o průměru 1 cm	1
Úchyt pro DPS	1
Propojovací kabel	13
Akumulátorový box	1
Kolo	2
Motor	2
Deska plošných spojů řídicí část	1
Deska plošných spojů motorová část	1
NiHM akumulátor velikosti AA	6
Samořezné šrouby 3 mm	8
Šroub s maticí 2 mm	2

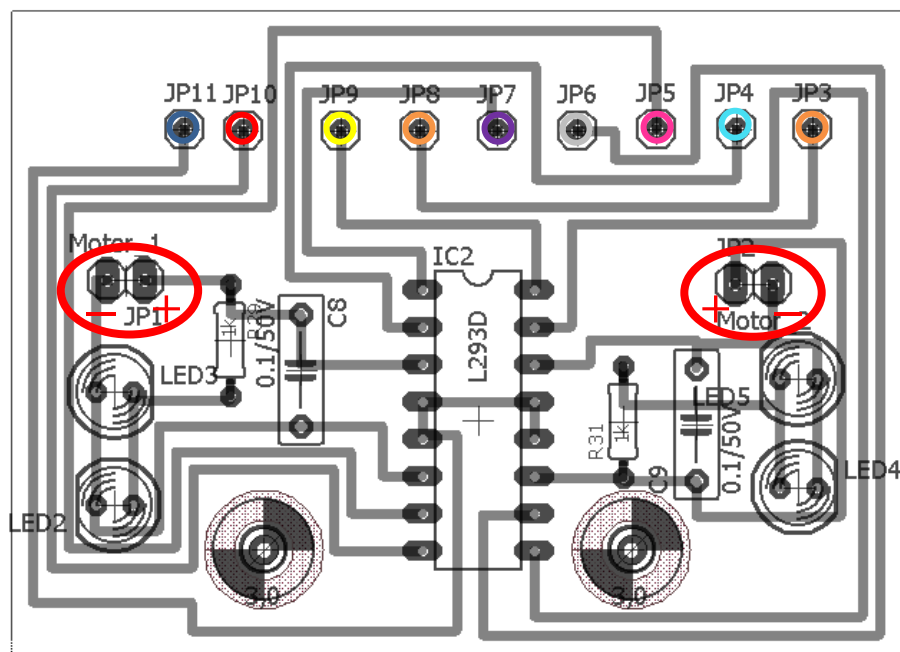
## 3.2 NÁVOD PRO SESTAVENÍ ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE ROBOTA

Do připravených pouzder na těle robota vložíme motory. Hřídele motorů budou z těla robota vysunuty. Připraveným otvorem vsuneme šroubek a motory zajistíme. Z důvodu zabránění kolize kola se šroubkem směřujeme hlavičku šroubku z těla robota. Bateriový box vsuneme do otvoru uprostřed těla robota, a to prodlouženou hranou dopředu. Box vsuneme nejprve stranou, kde z něho vystupují vývody a poté k tělu robota přitiskneme i druhou stranu. Tímto způsobem dojde k zacvaknutí boxu do těla robota a není třeba ho více uchycovat. Vývody bateriového boxu musejí směřovat nad tělo robota a nesmějí být mezi tělem robota a boxem sevřeny. Na vrchní straně bateriového boxu se nachází otvor, do kterého přišroubujeme úchyt pro desku plošných spojů. Do úchytu vsuneme desku plošných spojů určenou k řízení motorů a připevníme ji dvěma šrouby k zadním sloupkům na těle robota. Druhou desku plošných spojů pomocí šroubků přiděláme ke zbývajícím čtyřem sloupkům. Tato deska musí být orientována tak, aby piny sloužící k propojení desek plošných spojů směřovaly dozadu. Pro uchycení pouzdra na kuličku použijeme otvor v zadní části robota. Pouzdro pomocí šroubku k robotu přiděláme tak, aby otvor pro umístění kuličky směřoval dolů. Hlavička šroubku musí být zcela zapuštěna a orientována dolů, aby nebránila pohybu kuličky. Na hřídele motorů nasuneme kola tak, aby vyčnívající část středu kola směřovala k tělu robota.

Pro propojení jednotlivých desek plošných spojů použijeme propojovací kabely. Spojení provedeme podle přiložených obrázků. Jednotlivé piny sloužící k propojení desek plošných spojů jsou na obrázku označeny různě barevnými kruhy. Kabely propojíme tedy pouze piny značené stejnými barvami. V případě chybného propojení může dojít k trvalému poškození jednotlivých součástí.



Obr. 3.1 – Náčres DPS určené k řízení robota s vyznačenými konektory



Obr. 3.2 – Náčres DPS určené k řízení motorů s vyznačenými konektory

Na náčresu desky plošných spojů určené k řízení motorů jsou červenou elipsou zvýrazněny piny sloužící pro připojení jednotlivých motorů.

Na nákresu desky plošných spojů určené k řízení robota je červeným obdélníkem zvýrazněný konektor určený pro připojení vývodů akumulátorového boxu. Černý drát připevníme k záporně označenému vstupu konektoru a červený ke kladně označenému.

V případě správného zapojení se po zapnutí hlavního vypínače rozsvítí LED indikující přítomnost napájecího napětí mikropočítače. V této fázi je sestavena základní část robota, ke které je možné dále připojovat různé periferie. V této chvíli je možné se připojit k ISP konektoru umístěnému na desce plošných spojů určené k řízení robota a pomocí externího programátoru nahrát do mikropočítače zvolený program.

## 4 MODIFIKACE ROBOTY PRO SOUTĚŽE

### 4.1 KOMPONENTY K SESTAVENÍ MODIFIKOVANÉHO ROBOTY

V tab. 4.1 jsou uvedeny komponenty potřebné pro sestavení modifikované konstrukce navrženého mobilního robota.

Tab. 4.1 – Komponenty pro sestavení modifikovaného robota

Komponenta	Množství
Sestavená základní konstrukce robota	1
Ultrazvukový senzor HC SR04	1
Úchyt ultrazvukového senzoru	2
Infračervený senzor pro sledování čáry	2
Šroub s maticí	4
Samořezný šroub	4

### 4.2 NÁVOD PRO SESTAVENÍ MODIFIKOVANÉHO ROBOTY

V rozích ultrazvukového senzoru se nacházejí otvory. Do nich se vloží šrouby a senzor se přišroubuje k úchytům tak, aby vývody směřovaly vzhůru. Úchyty se poté pomocí šroubů a matic připevní na přední část těla robota. Na těle senzoru pro sledování čáry je otvor, kam se vloží šroub a pomocí maticky se tento senzor uchytí na určené místo. Musí se však zajistit, aby senzor nebyl od snímaného podkladu vzdálen více, než je jeho detekční rozsah (1–15 mm). Pokud není možné toto zabezpečit, je třeba mezi tělo robota a senzor vložit podložku, která bude tento nedostatek kompenzovat.

Dále je třeba tyto senzory připojit k pinům desky plošných spojů určené k řízení robota, které jsou v nákresu na obr. 3.1 zvýrazněny modrým obdélníkem. Pravý pin každé trojice je určený k napájení připojených periférií, prostřední pin je zemnicí a levý je připojen k mikropočítači a slouží ke vzájemné komunikaci.

Pro infračervený senzor je toto rozložení ideální, protože z něj jsou vyvedeny pouze tři piny: GND, VCC a OUT. Vývod s označením VCC je připojen pomocí propojovacího kabelu k napájecímu pinu, vývod GND k zemnicímu pinu a vývod OUT ke komunikačnímu pinu. Po připojení bude senzor okamžitě fungovat a začne generovat digitální signál na svém výstupu OUT, který nabývá pouze dvou hodnot, a to logické jedničky a logické nuly. Díky napojení na

komunikační port je mikropočítač schopen detekovat úroveň signálu a uživatel ve svém programu pouze zjišťuje, jaká úroveň na připojeném komunikačním pinu mikropočítače je.

Nevýhodou připojení ultrazvukového senzoru je skutečnost, že ultrazvukový senzor má čtyři vývody označené jako VCC, GND, Triger a Echo. Vývody VCC a GND musí být opět připojeny na napájecí a zemnicí piny, avšak u vývodů Triger a Echo je nutné, aby byl každý připojen na jeden komunikační pin. Princip ultrazvukového senzoru totiž spočívá v tom, že při sepnutí pinu Triger jsou vysílány ultrazvukové vlny a pokud jsou odraženy a následně přijímány, je na vývodu Echo generován signál, jehož délka odpovídá době, která uběhla od vyslání do přijetí ultrazvukových vln. Programově je tedy třeba zajistit změření délky generovaného signálu a pokud je známa rychlost, jakou se vlny v daném prostředí pohybují, je možné dopočítat vzdálenost překážky od které byly vlny odraženy.

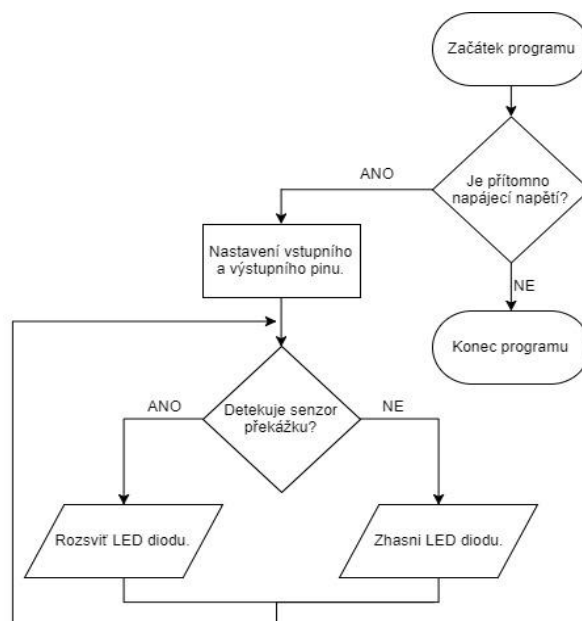
# 5 PROGRAMY PRO OBSLUHU MEŘICÍCH A AKČNÍCH ČLENŮ ROBOTA

## 5.1 PROGRAM PRO OBSLUHU INFRAČERVENÉHO SENZORU

Výstupem infračerveného senzoru je dvouhodnotový signál. Program pro obsluhu tohoto senzoru je tedy velmi jednoduchý. V případě detekce senzoru se rozsvítí signalizační LED, která je již na desce plošných spojů určené k řízení robota umístěna. Způsob připojení infračerveného senzoru je popsán výše. V tomto případě byl vývod senzoru určeného ke komunikaci připojen k pinu mikropočítače s označením PC0.

Na začátku programu je pin PC0, ke kterému je připojen vývod senzoru, nastaven jako vstupní a pin PC5, ke kterému je připojena signalizační LED jako výstupní. Poté je v nekonečné smyčce zjišťován stav vstupního pinu. Případě detekce signálu vysoké úrovně na vstupním pinu je na výstupní pin přiveden signál nízké úrovně, čímž dojde k rozsvícení připojené Led. Pokud na vstupu přestane být detekován signál vysoké úrovně, je na výstupní port přiveden signál této úrovně a dojde k zhasnutí LED.

Na obr. 5.1 je znázorněn vývojový diagram programu, který probíhá v nekonečné smyčce a bude ukončen nahráním nového programu, nebo odpojením robota od napájení. Celý projekt Atmel Studia, obsahující tento program je nahrán na příloženém CD, uložen ve složce Demonstrační programy, pojmenován IR\_senzor\_LED\_dioda.



Obr. 5.1 – Vývojový diagram programu pro infračervený senzor



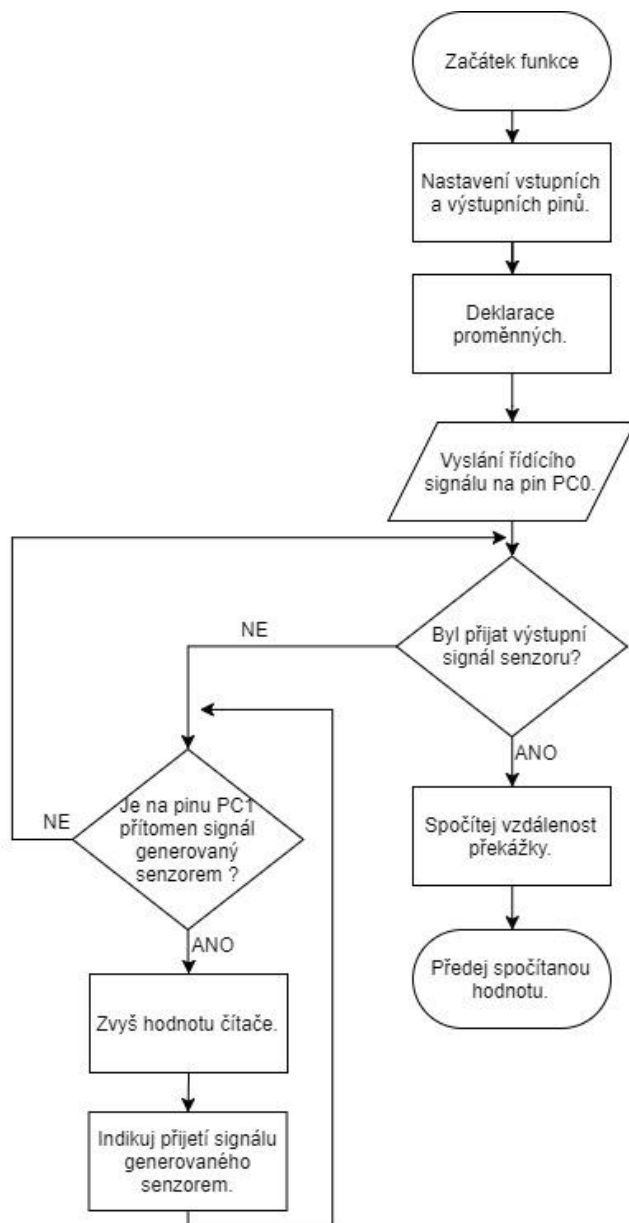
## 5.2 PROGRAM PRO OBSLUHU ULTRAZVUKOVÉHO SENZORU

Pro obsluhu ultrazvukového senzoru s označením HC SR04 je potřeba vytvořit funkci, která bude po zavolání vracet hodnotu vzdálenosti překážky od senzoru v centimetrech.

Ultrazvukový senzor se připojí k napájecímu a zemnímu pinu, vývody s označením Trigger a Echo k pinům PC0 a PC1. Jak již bylo výše popsáno, pro zjištění vzdálenosti překážky od robota je nutné vyslat a přijmout ultrazvukové vlny. Vlny budou vyslány přivedením signálu vysoké úrovně na vývod ultrazvukového signálu s označením Trigger. Vysílání bude probíhat 10 milisekund, poté bude ukončeno a v případě odrazu vln je třeba změřit délku signálu, který bude generován vývodem Echo. Délka signálu odpovídá době od vyslání do přijetí ultrazvukových vln. Jelikož se vlny vzduchem šířily k překážce a zase zpět, musí se doba vydělit dvěma, tím se získá čas, za který vlny doletěly k překážce. Ten se vynásobí rychlostí šíření vln v daném prostředí a převede se na požadované jednotky.

V programu je tedy nutností nejprve nastavit pin PC0 jako výstupní a PC1 jako vstupní, poté se na deset milisekund přivede na pin PC0 signál vysoké úrovně, čímž dojde k vyslání ultrazvukových vln. Pokud je po ukončení vysílání na pinu PC1 přítomen signál vysoké úrovně, je potřeba zvyšovat hodnotu čítače. V případě, že byla hodnota čítače inkrementována a na pinu PC1 již není přítomen signál vysoké úrovně, je výsledná hodnota čítače vynásobena rychlostí šíření zvuku ve vzduchu, vydělena dvěma, převedena na požadované jednotky a vrácena jako výstup funkce.

Vývojový diagram tohoto programu je znázorněn na obr. 5.2. Celý projekt Atmel Studia, obsahující tento program, je nahrán na příloženém CD, uložen ve složce Demonstrační programy, pojmenován `Ultrazvukovy_senzor_test`.



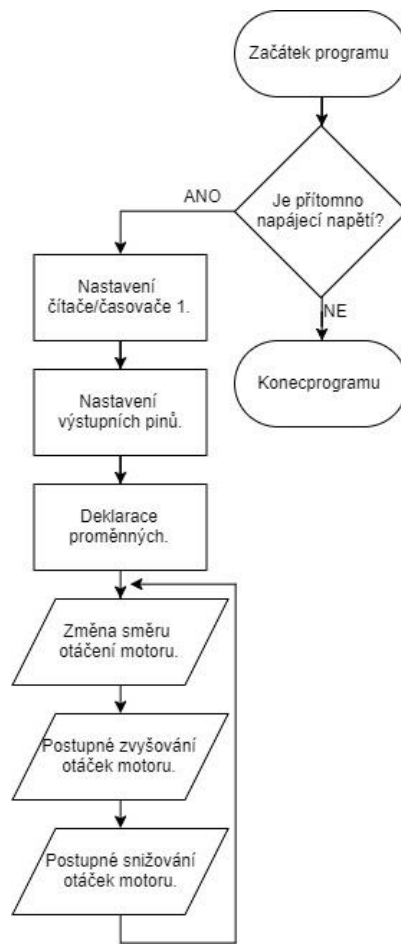
Obr. 5.2 – Vývojový diagram funkce pro ultrazvukový senzor

### 5.3 PROGRAM PRO ŘÍZENÍ MOTORU

Pro ukázkou řízení motoru je třeba vytvořit jednoduchý program, který bude nejprve zvyšovat otáčky motoru až po nejvyšší možnou mez a poté je bude opět snižovat, až dojde k zastavení motoru. Po provedení tohoto cyklu bude změněn směr otáčení motoru a celý proces se bude opakovat. Motor se připojí k pinům na desce plošných spojů určené k řízení motorů, která je vyobrazena na obr. 3.2. Piny pro připojení motoru jsou označeny oválem. Pro tento případ se zvolí piny umístěné vlevo od středu desky. Motor připojený k těmto vývodům se ovládá prostřednictvím pinů PD6, PD7 a PB1 mikropočítače. Piny PD6 a PD7 slouží pouze k určení směru otáčení motoru. Pin PB1 je výstupem čítače/časovače 1, prostřednictvím kterého se bude generovat PWM signál, který bude sloužit k regulaci rychlosti otáček motoru. Na pinech PD6 a PD7 musejí být rozdílné úrovně. V případě shodných stavů bude motor zastaven.

V samotném programu se nejprve provede nastavení čítače/časovače, prostřednictvím kterého se bude generovat PWM signál. Nastavení se zrealizuje zápisem hodnot do registrů TCCR1A a TCCR1B. Tyto registry slouží jako řídicí pro čítač/časovač 1. Výstup čítače/časovače 1 je připojen k pinu PB1, směr otáčení motorů se bude řídit prostřednictvím pinů PD6 a PD7. Všechny tyto piny musí být nastaveny jako výstupní. Pro určení směru otáčení motorů se používá řídicí proměnná typu bool. Pokud je hodnota proměnné rovna logické 1, je na pin PD6 přiveden signál vysoké úrovně a na pin PD7 signál nízké úrovně, v opačném případě jsou i signály přivedené na piny PD6 a PD7 opačné, po nastavení pinů je znegována hodnota řídicí proměnné. Poté je v cyklu postupně zvyšována hodnota proměnné pro řízení rychlosti motorů, která je následně zapisována do registru 0CR1AL, čímž dochází ke změně střídy generovaného signálu, a tudíž i ke změně rychlosti otáček motoru. Po dosažení maximální možné hodnoty je proměnná snižována a její hodnota je opět předávána registru 0CR1AL. Po dosažení minima je ukončen jeden průběh cyklu a vše probíhá znova od nastavení směru otáčení motorů.

Vývojový diagram programu je vyobrazen na obr. 5.3. Celý projekt Atmel Studia tohoto programu je nahrán na příloženém CD, umístěn ve složce Demonstrační programy, pojmenován Ovladani\_motoru.



Obr. 5.3 – Vývojový diagram programu pro řízení motoru

## **6 PROGRAMY PRO ABSOLVOVÁNÍ VYBRANÝCH SOUTĚŽÍ**

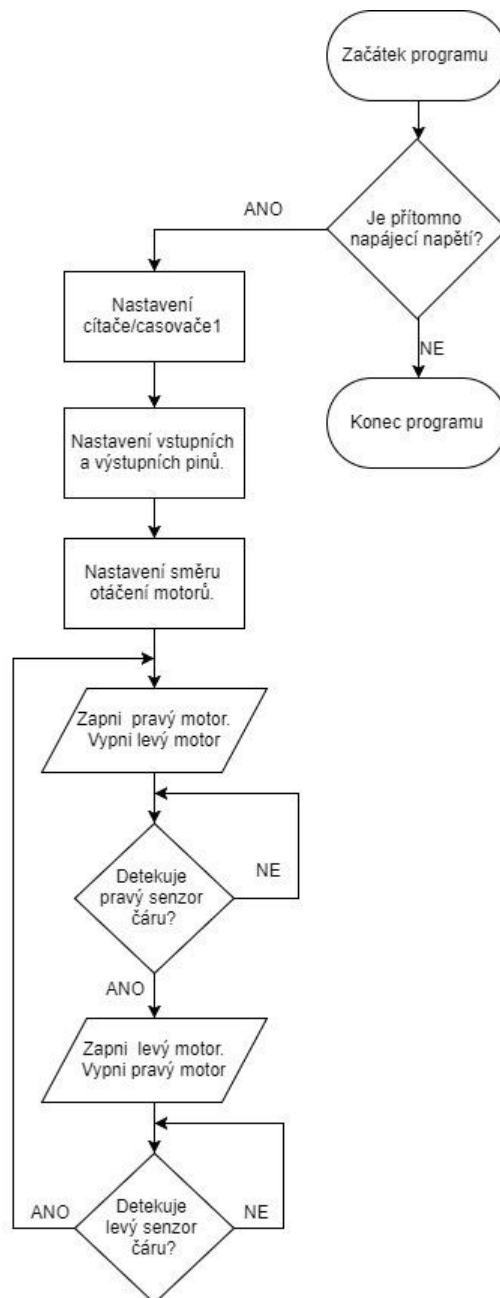
V návodu byly ukázky principů základních programů pro ovládání měřicích a akčních členů. Jejich kombinací a doplněním programového kódu lze vytvořit program pro autonomní ovládání robota v soutěži Line follower či v soutěži Mini sumo.

### **6.1 PROGRAM PRO SOUTĚŽ LINE FOLLOWER**

Pro soutěž Line follower k základní sestavené konstrukci robota se připojí dva infračervené senzory. Senzory budou umístěny vpředu a sledovaná čára se bude nacházet mezi nimi. Senzory jsou připojeny k pinům PC0 a PC1.

V těle programu se nejprve nastaví čítač/časovač 1 a vstupní i výstupní piny. Vstupními piny jsou ty, ke kterým jsou připojeny senzory a výstupní ty, které slouží k ovládání motorů. Dále se nastaví hodnoty pinů sloužících k ovládání směru otáčení jednotlivých motorů, které se po celou dobu nemění. Poté je program přiveden do nekonečné smyčky, ze které jsou podle hodnoty řídicí proměnné volány jednotlivé funkce. Jsou to funkce pro pohyb robota vpravo a vlevo. Prostřednictvím funkce pro pohyb robota vpravo je sepnut levý motor robota a vypnut pravý. Tato funkce probíhá tak dlouho, dokud není levým senzorem detekována čára, v té chvíli je funkce ukončena a vrácena příslušná hodnota řídicí proměnné. Podle vrácené hodnoty je rozhodnuto o zavolání funkce určené pro pohyb robota vlevo, která je svou konstrukcí podobná funkci pro pohyb robota vpravo, pouze s rozdílem sepnutí opačného motoru a ukončením prostřednictvím detekce čáry pravým senzorem. Program probíhá v nekonečné smyčce a je ukončen odpojením robota od napájecí, či nahráním jiného programu do robota.

Vývojový diagram pro tento program je vyobrazen na Obr. 6.1 – Vývojový diagram pro soutěž Line follower. Celý projekt Atmel Studia tohoto programu je nahrán na příloženém CD, umístěn ve složce Demonstrační programy, pojmenován Line follower.



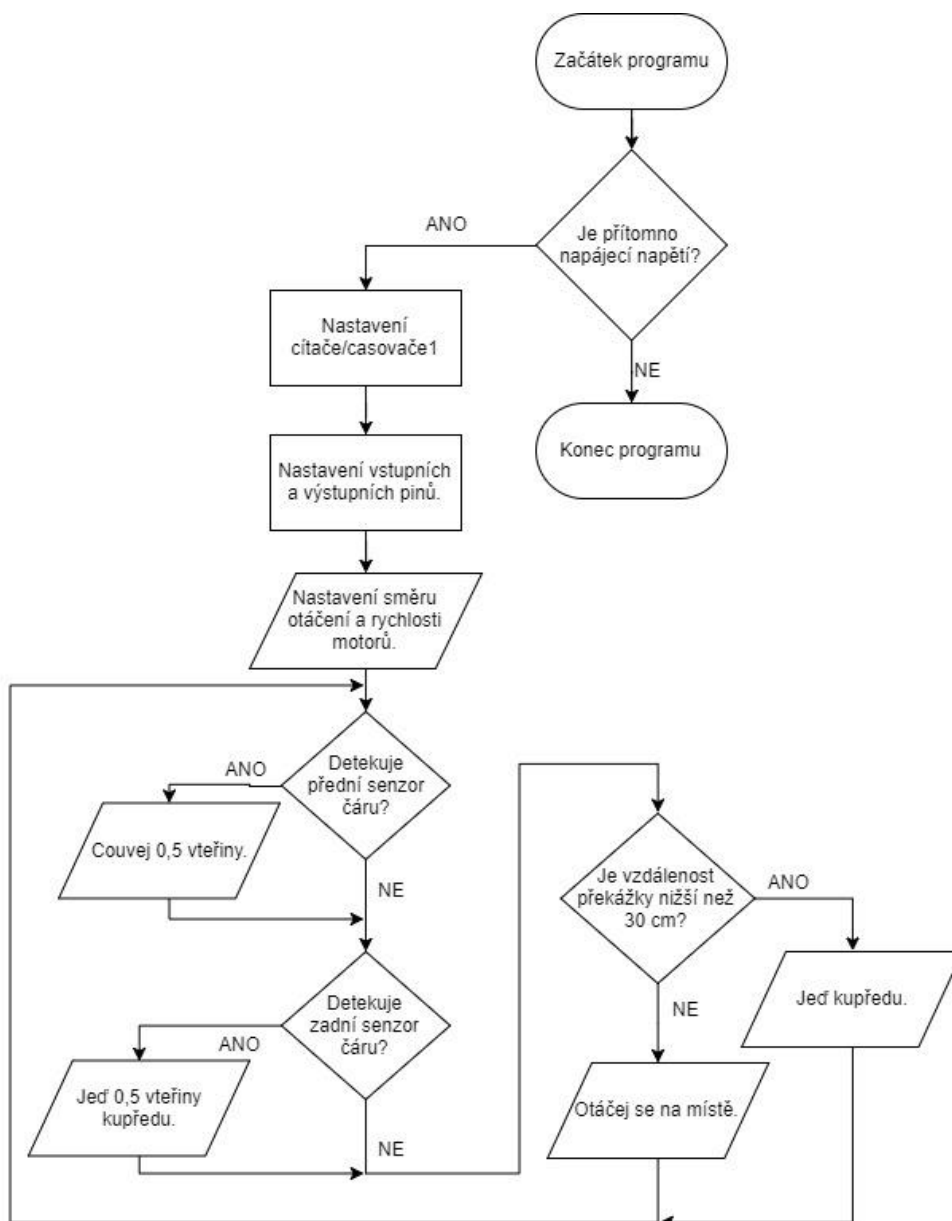
Obr. 6.1 – Vývojový diagram pro soutěž Line follower

## 6.2 PROGRAM PRO SOUTĚŽ MINI SUMO

Pro soutěž Mini sumo je potřeba na základní sestavenou konstrukci robota umístit ultrazvukový senzor, který bude připevněn k připraveným úchytům. Na spodní stranu robota se připojí dva infračervené senzory – jeden vpředu a druhý vzadu. Vývod ultrazvukového senzoru s označením Trigger bude připojen k pinu PC0, Echo k pinu PC1, přední infračervený senzor bude připojen k pinu PC2 a zadní k pinu PC3.

V programu se nejprve prostřednictvím řídicích registrů nastaví čítač/časovač 1, který bude použit ke generování PWM signálu, řídicího rychlost otáčení motorů. Poté se nastaví vstupní a výstupní piny, kde výstupními budou piny sloužící k ovládní motorů a pin, který je připojen k vývodu ultrazvukového senzoru s označením Echo. Dále se nastaví počáteční směr otáčení jednotlivých motorů a jejich rychlost. Motory se budou po celou dobu točit konstantní rychlostí a v programu je třeba pouze měnit směr jejich otáčení, a tudíž i směr pohybu robota. Po zapnutí se musí robot nejprve otáčet a hledat protivníka, tudíž bude i počáteční směr jednotlivých motorů navzájem opačný. Samotný program poté bude probíhat v nekonečné smyčce, kde bude nejprve zjišťováno, jestli zadní infračervený senzor nedetekuje čáru. Pokud tomu tak bude, pojedou robot půl vteřiny kupředu, čehož je možné docílit změnou výstupního signálu na pinech řídicích směr otáčení motorů. Následně bude v programu zjišťováno, jestli čáru nedetekuje přední infračervený senzor, v případě detekce pojedou robot půl vteřiny dozadu. Dále bude zjišťováno prostřednictvím připravené funkce pro ultrazvukový senzor, jestli není v prostoru před robotem detekována překážka, která je blíže než 30 centimetrů. Pokud ano, pojedou robot kupředu. V opačném případě se bude robot dál otáčet kolem své osy a v nekonečné smyčce budou neustále vyhodnocovány signály generované připojenými senzory.

Vývojový diagram tohoto programu je zobrazen na následujícím obrázku. Celý projekt Atmel Studia tohoto programu je nahrán na příloženém CD, umístěn ve složce Demonstrační programy, pojmenován Mini sumo.



Obr. 6.2 – Vývojový diagram pro soutěž Mini sumo



## 7 SPECIFIKACE MOBILNÍHO ROBOTA

V tab. 7.1 jsou shrnuty parametry vyrobeného robota.

Tab. 7.1 – Parametry robota

Napájení	6 × AA akumulátor 2200 mAh
Výdrž při maximálním zatížení	7 h
Délka	21 cm
Šířka	18 cm
Výška	7 cm
Váha	0,5 kg
Rozhraní	ISP