

## **Středoškolská odborná činnost 2007/2008**

Obor 10 – elektrotechnika, elektronika, telekomunikace a technická informatika

# **Robot stopař**

Autor:

**Petr Gábrlík**

SŠIEŘ Rožnov pod Radhoštěm

Školní 1610

756 61 Rožnov pod radhoštěm, 4. ročník

Konzultant práce:

**Ing. Jiří Král**

(SŠIEŘ Rožnov pod Radhoštěm)

**Rožnov pod Radhoštěm, 2007**

Zlínský kraj

Prohlašuji tímto, že jsem soutěžní práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Krále a uvedl v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další informační zdroje včetně internetu.

V Rožnově pod Radhoštěm dne 16. března 2007

---

Petr Gábrlík

# 1. OBSAH

<b>1. OBSAH</b> .....	<b>3</b>
<b>2. ÚVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>3. ROBOTIKA</b> .....	<b>5</b>
3.1. ÚVOD.....	5
3.2. VĚDNÍ OBOR .....	5
3.3. ROBOT .....	5
3.3.1. Rozdělení.....	6
<b>4. MECHANICKÁ KONSTRUKCE</b> .....	<b>7</b>
4.1. NÁVRH.....	7
4.2. KONCEPCE ŘÍZENÍ .....	7
4.1.1. Diferenční řízení .....	8
4.3. PODVOZEK .....	9
4.4. UMÍSTĚNÍ ELEKTRONIKY.....	12
<b>5. ELEKTRONIKA</b> .....	<b>13</b>
5.1. BLOKOVÉ SCHÉMA .....	13
5.2. NAPÁJENÍ.....	13
5.3. ŘÍDÍCÍ ELEKTRONIKA .....	14
5.4. POHON .....	14
5.5. SENZORY .....	15
5.5.1. Senzory pro sledování čáry.....	15
5.5.2. Senzory pro detekci překážek.....	16
5.5. CELKOVÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	18
5.6. DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ.....	19
5.6.1. DPS řídicí elektroniky.....	19
5.6.2. DPS napájení a pohonu .....	21
5.6.3. DPS senzorů čáry.....	23
<b>5. ŘÍZENÍ</b> .....	<b>24</b>
5.1. PRINCIP PROGRAMU SLEDOVÁNÍ ČÁRY .....	24
5.2. PROGRAMY .....	25
<b>6. NÁVOD K OBSLUZE</b> .....	<b>26</b>
<b>7. TECHNICKÉ PARAMETRY</b> .....	<b>27</b>
<b>8. ZÁVĚR</b> .....	<b>27</b>
<b>9. POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>28</b>

## 2. ÚVOD

Jelikož se již delší dobu zajímám o robotiku, rozhodl jsem se, že se pokusím nějakého robota zkonstruovat. Pod slovem robot si jistě každý představí něco úplně jiného, protože je to opravdu široký pojem. Ovšem většina lidí si nejspíš vybaví roboty představené ve vědecko-fantastických filmech, které se od reality velmi liší. Proto se v následující kapitole budu snažit robotiku přiblížit. Má představa o robotech se také s postupem času velmi změnila, stejně jako představa o podobě maturitního výrobku. Nové obzory se mi otevřely, až jsem se naučil programovat jednočipové mikropočítače. Bez jejich znalostí bych stěží nějakého robota sestavil.

Abych byl konkrétnější, má první myšlenka byla zkonstruovat robotické rameno. Za použití několika servomechanismů jsem chtěl dosáhnout funkčnosti primitivní lidské ruky, lépe řečeno manipulátoru. Postupně můj zájem přešel od statických robotů k robotům mobilním a začala vznikat podoba výsledného robota.

Robot kterého jsem zkonstruoval je tedy mobilní. Jedná se o malého dvoukolého robota poháněného dvěma motory. Je řízený jednočipovým mikropočítačem. Jeho hlavním úkolem je sledovat černou čáru na zemi, pohybovat se tedy po předem stanovené trase. Je schopen se vyhnout překážce která mu brání v průjezdu po této trase a zpátky se na ni vrátit. To vše za pomoci několika infračervených senzorů. Snažil jsem se ho přizpůsobit požadavkům robotické soutěže ISTROBOT 2007, které bych se chtěl zúčastnit v kategorii Stopař. Jejím cílem je v co nejkratším čase projet trasu, kterou tvoří právě černá čára. Na trase se může vyskytnout také překážka.

## 3. ROBOTIKA

### 3.1. Úvod

Robotika je věda o robotech. Z toho plyne otázka, co je to robot. Slovo robot je českého původu a vzniklo v roce 1920, kdy bylo použito v divadelní hře Karla Čapka. Tam představovalo umělou lidskou bytost, která byla identická jako člověk až na schopnost projevovat city. Slovo robotika jako první použil Isaac Asimov v roce 1941 v povídce Runaround. Isaac také definoval tři základní zákony robotiky. Jeho roboti byli také humanoidní. Roboti se dále začali velmi často vyskytovat ve vědecko-fantastických filmech, ale ve skutečnosti neexistoval žádný funkční prototyp robota, který by byl schopen samostatně vykonávat nějakou užitečnou činnost. První průmysloví roboti začali vznikat v 70. – 80. letech, ale rozmach robotiky a její začlenění do průmyslu přichází až na konci 20. století.

### 3.2. Vědní obor

Robotika je také často nazývána jako kybernetika. Citace definice kybernetiky převzatá z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kybernetika>:

*„Kybernetika je věda, která se zabývá obecnými principy řízení a přenosu informací ve strojích a živých organismech. Za zakladatele je považován Norbert Wiener, americký matematik, který vydal v roce 1948 knihu Kybernetika aneb Řízení a sdělování u organismů a strojů.“*

Není zcela jasné, co vše do ní zapadá. Rozvíjela se odlišně v různých částech světa a postupně z ní začaly vznikat samostatné obory, jako například informatika.

### 3.3. Robot

Robot je samostatně pracující stroj, vykonávající určené úkoly. Největší uplatnění mají dnes roboti v průmyslu, kde díky nim dochází k automatizaci výroby nebo přepravy a tím k urychlení procesu a snížení požadavků na člověka. Člověk je ovšem stále v řídicí pozici, roboti vykonávají nejčastěji manuální činnost, na kterou jsou naprogramováni.

Platná definice průmyslového robota z roku 1990 (ISO TR 8376) citovaná z <http://robot.vsb.cz/>:

*„Průmyslový robot je automaticky řízený reprogramovatelný víceúčelový manipulační stroj, stacionární nebo umístěný na pojezdu, přičemž je určen na použití v průmyslové automatizaci.“*

Po boku průmyslových robotů se vyvíjí roboti servisní. Jejich uplatnění není zatím tak velké jako u průmyslových robotů, ale předpokládá se, že se to v budoucnu

změní. Mohou být uplatněni ve zdravotnictví, při údržbě a čištění, v nebezpečných podmínkách pro člověka, při hašení požárů, diagnostice a další.

### 3.3.1. Rozdělení

Roboty můžeme rozdělit podle schopnosti pohybovat se na:  
stacionární – bez možnosti se přemísťovat, například manipulátory, svařovací roboti.  
mobilní – disponují možností pohybovat se, například roboti pro přepravu materiálu, průzkumní roboti.

#### Rozdělení mobilních robotů:

- *autonomní* – na základě instrukcí vykonává nějaké úkony, často využívá prvků umělé inteligence
- *dálkově ovládané* - pracuje podle průběžných pokynů operátora, který získává zpětnou vazbu například pomocí virtuální reality

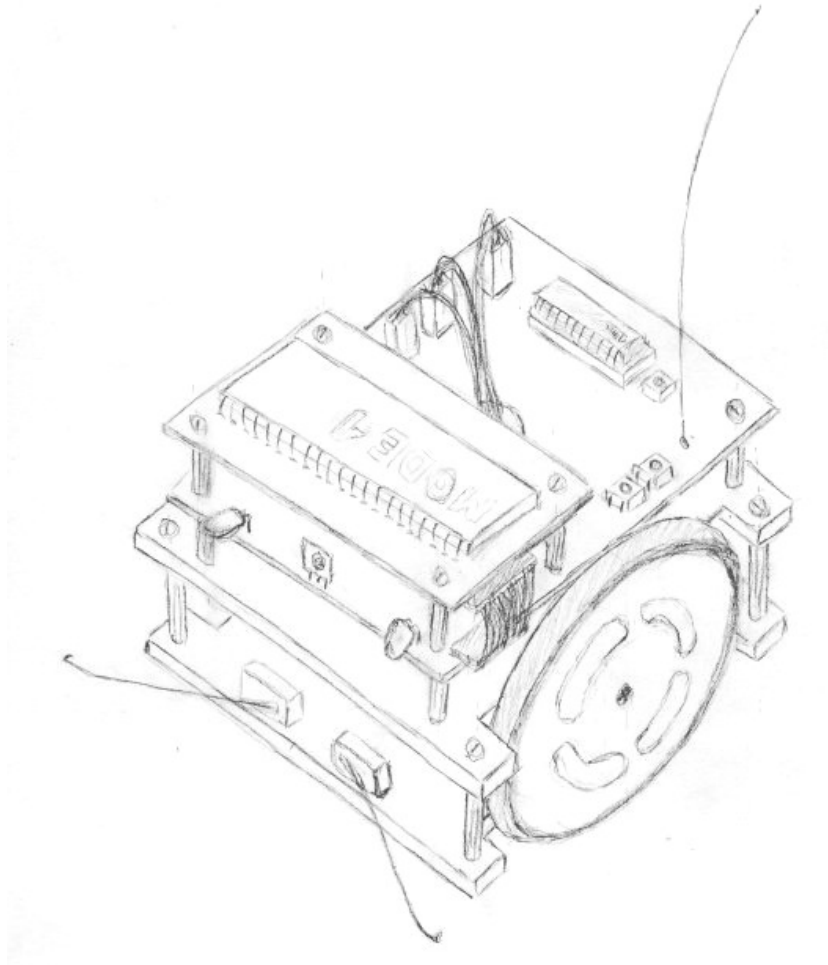
Podle druhu podvozku:

- *diferenciální podvozek* – dvě hnaná kola, rovnováha udržována opěrnými body, nebo pasivním kolem (koly)
- *trojkolový podvozek s řízeným předním kolem* – 2 hnaná kola a jedno motoricky natáčené
- *ackermanův podvozek* – 4 kola, 2 hnaná a 2 natáčená kola (každé mírně jinak, protože každé při zatáčení opisuje jinou dráhu); tyto podvozky mají běžné automobily
- *podvozky se všesměrovými koly*
- *pásové podvozky*
- *kráčející podvozky*

## 4. MECHANICKÁ KONSTRUKCE

### 4.1. Návrh

Na úvod jeden z prvních návrhů tohoto robota (Obrázek 1). Celou konstrukci jsem navrhoval a zhotovoval sám. Inspiroval jsem se také několika roboty, co jsem viděl. Na obrázku je pár odlišností, například grafický displej, který jsem později vyhodnotil, jako zbytečný a nahradil ho 7 segmentovým led displejem.



Obrázek 1: Návrh robota.

### 4.2. Koncepce řízení

Jedná se o autonomního mobilního robota, tedy pohyblivého robota, který na základě instrukcí vykonává určitou činnost. Konstrukce robota vychází ze známé kinematické koncepce tříkolky s diferenčním řízením (viz. kapitola 4.1.1. Diferenční řízení). Tato koncepce je velmi používaná a zvolil jsem ji pro její výhody, jako je konstrukční jednoduchost a jednoduchost řízení. Nedisponuje takovou stabilitou, jakou dosahuje koncepce čtyřkolá, ovšem pro podmínky, pro které je robot určen, zcela vyhovuje.

Malé stabilizační kolečko jsem nahradil kluzákem (viz. Obrázek 2). Je to konstrukčně jednodušší, a jelikož je těžiště robota blízko os kol, kluzák při jízdě klade minimální odpor.

#### 4.1.1. Diferenční řízení

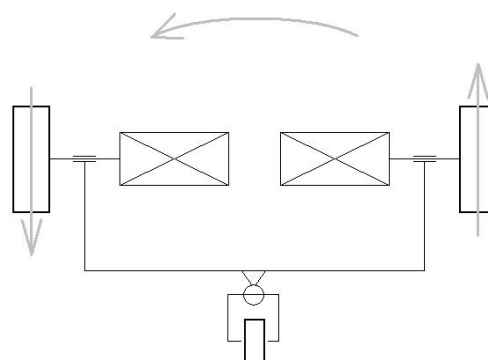
Citace definice diferenčního řízení z <http://robot.vsb.cz/>:

*„Podvozek robota je osazen dvěma nezávisle poháněnými koly a změna orientace robota (směru jízdy) se provádí pomocí rozdílných otáček L a P kola. Zadní kolo je pouze opěrné na ostruže a samovolně se natáčí do směru pohybu robota.“*

Robot má díky tomuto řízení dobrou manévrovatelnost. Dokáže zatáčet pod libovolným poloměrem regulací rychlostí jednotlivých kol, nebo se otáčet na místě, točí-li se kola opačným směrem (viz. Obrázek 3). Stejně jako dopředu se dokáže robot pohybovat dozadu.



**Obrázek 2:** Detail kluzáku.

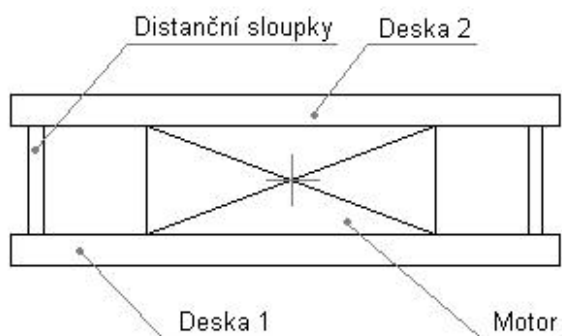


**Obrázek 3:** Diferenční řízení.

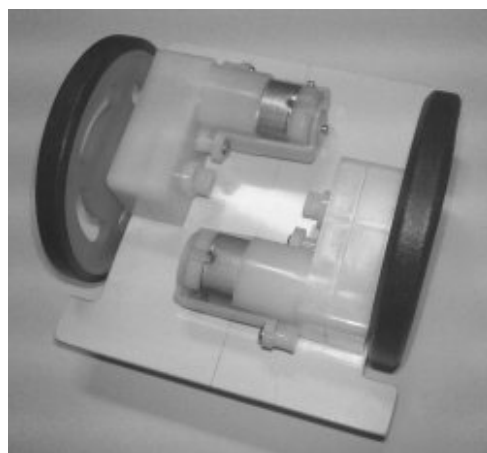


### 4.3. Podvozek

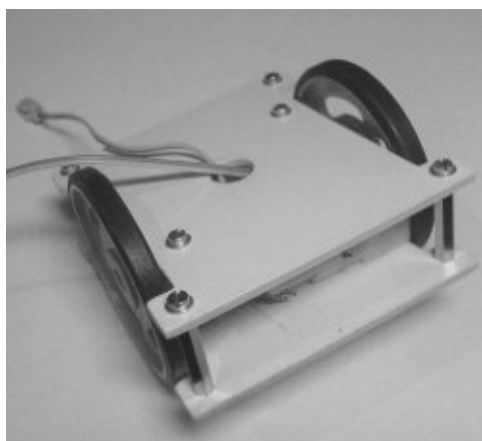
Podvozek robota se skládá ze dvou desek z bílého PVC nad sebou, rozepřené 6 distančními sloupky o výšce 25mm. Mezi nimi jsou umístěny dva motory, které jsou zespod přilepeny (k Desce 1) oboustrannou lepící páskou a z vrchu přitlačeny vrchní deskou (Deska 2) tak, aby pevně držely. Umístění motorů jde vidět na Obrázku 5. Celek je sešroubován a je demontovatelný a je znázorněn na Obrázku 4 a Obrázku 6. Kola jsou plastová potažená gumovým páskem a mají průměr 66mm.



**Obrázek 4:** Části podvozku.

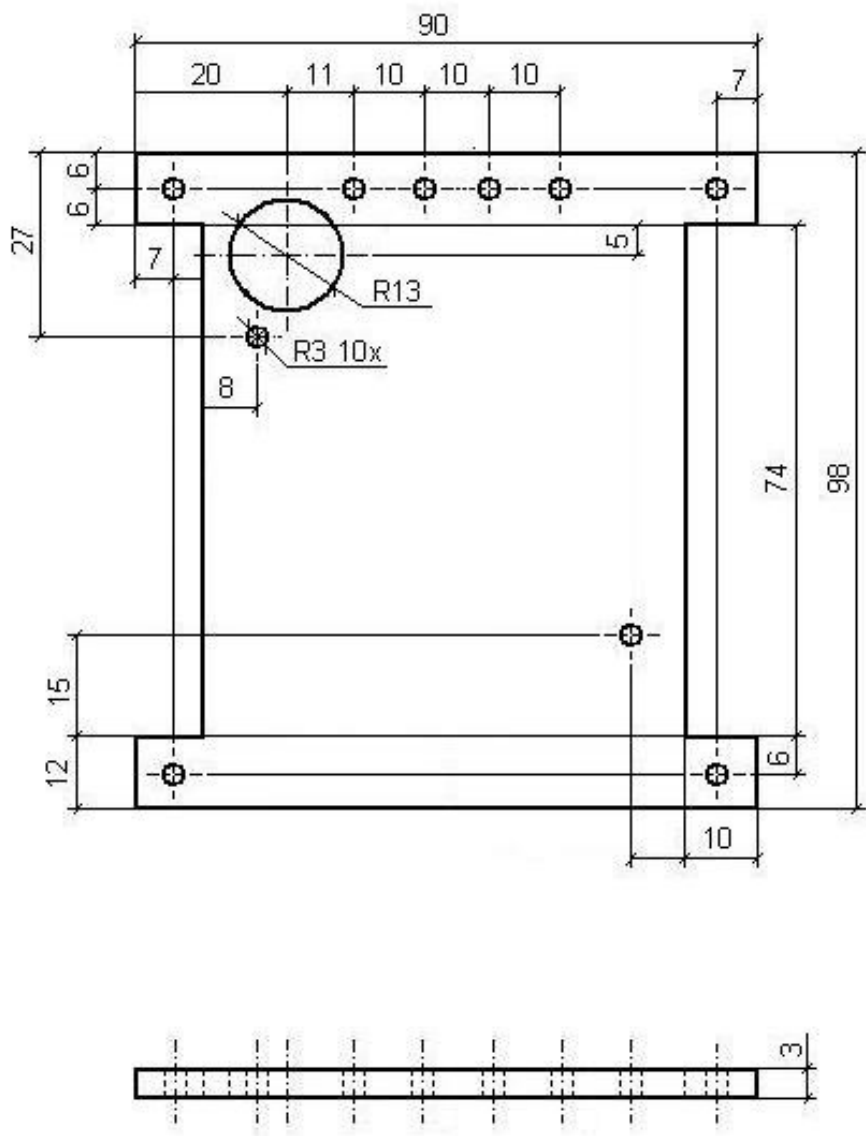


**Obrázek 5:** Umístění motorů.

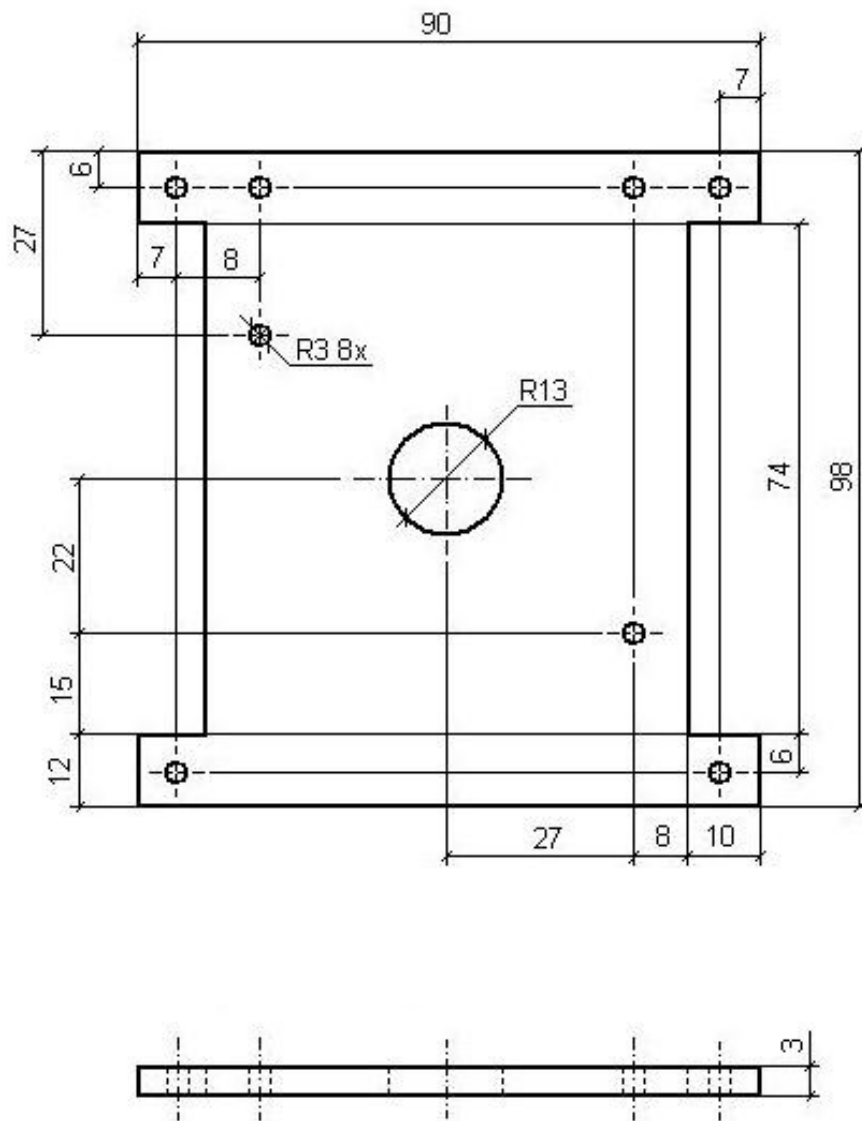


**Obrázek 6:** Kompletní podvozek.

Výkresy k Desce 1 a Desce 2 se nachází na následujících stranách. Otvory o průměru 13mm slouží k vedení kabelů k řídicí elektronice.



PETR GÁBRLÍK	16.3.2007
DESKA 1	



PETR GÁBRLÍK

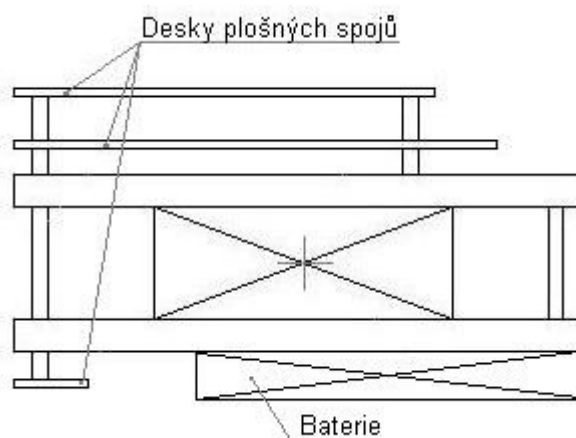
16.3.2007

DESKA 2

## 4.4. Umístění elektroniky

Řídící elektronika tvoří nástavbu nad podvozkem. Dvě desky plošných spojů jsou na distančních sloupcích umístěny v patrech nad sebou. To umožňuje rychlou demontáž nebo případně přidání další DPS, jako další patro. Kable od podvozku jsou vedeny středem konstrukce, aby zvenku nepřekážely. Jedna deska plošných spojů je také umístěna zespod podvozku, nachází se na ní čidla snímání čáry a je umístěna taktéž na distančních sloupcích.

Držáky baterií jsou přilepeny oboustrannou lepící páskou také zespod podvozku. Umístění těžkých baterií blízko země zaručuje posunutí těžiště směrem dolů a tím lepší stabilitu. Vše je znázorněno na Obrázku 7.



**Obrázek 7:** Umístění DPS a baterií.

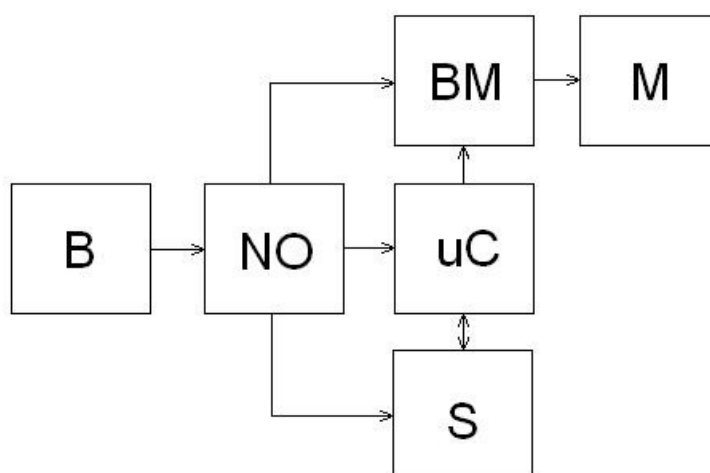
## 5. ELEKTRONIKA

Při návrhu schématu zapojení jsem vycházel z doporučených zapojení uváděných v datasheetech jednotlivých součástek a svých znalostí. Zapojení bych mohl rozdělit do následujících částí:

1. Napájení
2. Řídící elektronika
3. Pohon
4. Senzory

Jednotlivé části jsou popsány zvlášť, vychází ze **Schématu 1**.

### 5.1. Blokové schéma



B – baterie  
NO – napájecí obvody  
uC – mikropočítač  
BM – budiče motorů  
M – motory  
S - senzory

### 5.2. Napájení

Robota napájí 6 akumulátorů AAA o kapacitě 750mAh. Použité integrované obvody potřebují napájecí napětí 5V a motory maximální napětí 6V, proto je třeba napětí 7,2V z baterií snížit. K tomu jsem použil integrovaný stabilizátor 7805, který napětí stabilizuje na 5V. Kondenzátory C3 a C4 jsou proti rušení, C5 je vyhlazovací. Zapnutý stav signalizuje zelená led dioda LED1.

Po prvních testováních jsem zjistil, že jeden motor má mechanickou vadu a točí se pomaleji než motor druhý při stejném napětí. Za následek to má zatáčení robota, tedy nemožnost rovné jízdy. Rozhodl jsem se tento problém řešit

hardwarově. Zpomalení rychlejšího motorku rezistorem v sérii sice jde a dosáhl jsem rovné jízdy, ovšem při rozjezdu, kdy má motor větší proudový odběr, vzniká na rezistoru větší úbytek napětí a motor se rozjíždí pomaleji než druhý. Zkoušel jsem také snížit napětí na rychlejším motorku pomocí diody, ovšem aby se motory točily stejně, potřeboval jsem úbytek pouze kolem 0,1V. Použití schottky diody s úbytkem napětí 0,2V mělo za následek zatáčení na druhou stranu.

Problém jsem vyřešil použitím integrovaného stabilizátoru LT1086CT s nastavitelným výstupním napětím. Napětí se nastavuje odporovým děličem, 100  $\Omega$  trimrem R37 (s předřadným odporem R36) nastavuji napětí s přesností na desetiny voltu a tím doladuji rychlost pomalejšího motoru, zrychluji ho. Kondenzátory u stabilizátoru mají stejný význam jako u prvního. Napětí z tohoto stabilizátoru napájí pouze operační zesilovače jednoho motoru, zbytek elektroniky je napájen 5V ze stabilizátoru prvního.

### 5.3. Řídící elektronika

O řízení celého robota se stará jednočipový mikropočítač Atmega8 běžící na frekvenci 8MHz vnitřního oscilátoru. Jeho výhodou je podpora ISP programování (In System Programming), kdy lze programovat pomocí pouze 4 připojených pinů přes seriový port k počítači. Program lze psát jak v assembleru tak v C a je pro něj vyhrazena paměť 8kB.

Napájecí napětí 5V je nutno přivést na piny 7, 8 a 20, 22. Na pin 1 je přiveden spínač S1 který slouží k ručnímu resetování mikropočítače. Přes tranzistor Q1 je spínán reset při programování. Programování probíhá přes piny MOSI, MISO a SCK, na SCK a MOSI jsou proti zemi připojeny Zenerovy diody D1 a D2, sloužící jako ochrana vstupů. Probíhající programování je signalizováno červenou led diodou LED2, buzenou přes tranzistor Q2 z pinu MOSI.

Na PB.6 a PB.7 jsou připojeny ovládací tlačítka, v sérii mají připojené kondenzátory C12 a C13 proti zámkům. Na PB.4 a PB.5 jsou připojeny spínače „tykadla“, stejně jako ovládací tlačítka. Na PB.1 a PB.2 jsou čidla QRD1114 pro sledování čáry. Rezistory R33 a R34 slouží k nastavení proudu infradiodami. Celý port C je zabrán 7-segmentovým led displejem, který je na něj připojen přímo přes rezistory 470 $\Omega$ . Na PB.0 a PC.5 jsou vysílací infradiody, na PC.4 infrapřijímač. PC.0 – PC.3 budí OZ motorů.

### 5.4. Pohon

Pohonnou jednotkou jsou, jak už jsem psal, dva stejnosměrné elektromotory s označením GM8. Součástí motoru je i převodovka. Parametry motorů ukazuje Tabulka 1.

Převodový poměr	143:1
Rychlost otáčení při 5V	70 ot./min
Proudový odběr bez zátěže	58 mA
Proudový odběr při 0 ot./min	670 mA
Točivý moment při 0ot./min	0,3 Nm
Rozměry	55x 48x 23
Hmotnost	32g

**Tabulka 1:** Parametry motoru.

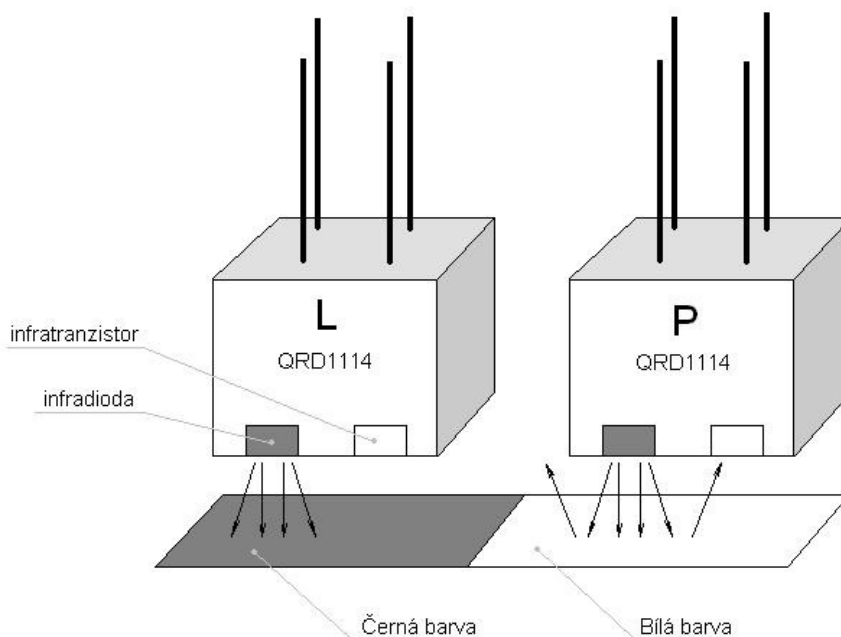
Při běžné jízdě má motor odběr okolo 150mA, ale při rozjezdu dosahuje hodnot mnohem vyšších. Proto je třeba motory budit výkonovými tranzistory či operačními zesilovači. Zvolil jsem výkonový OZ L272M, je to dvojce operačních zesilovačů v pouzdře DIL8. Pro každý motor jsou potřeba právě dva OZ, aby bylo možné změnit směr otáčení, neboli polaritu napětí na svorkách motoru. Na kladné vstupy OZ je přiváděn signál z mikropočítače, vždy na jednom z dvojce OZ musí být log1 a na druhém log0. Záporné vstupy jsou spojeny a nastaveny rezistory R7 a R8 na polovinu napájecího napětí.

## 5.5. Senzory

Robot je vybaven několika senzory, aby mohl zjišťovat podmínky ve svém okolí a reagovat na ně. Pro sledování čáry na zemi má na podvozku dva IR senzory, pro detekci překážek také IR senzory a dotykové čidla. Principy jednotlivých čidel jsou popsány jednotlivě.

### 5.5.1. Senzory pro sledování čáry

Vodící čára je černá a její okolí je bílé (nebo jiná světlá barva). Černá barva světlo odráží velmi slabě, na rozdíl od barvy bílé, která světlo odráží dobře. Robot musí za pomoci senzorů tyto dvě barvy rozeznat a to právě na základě jejich odrazivosti. Použil jsem dva senzory QRD1114, což jsou odrazové infrsenzory. V pouzdře se nachází infradioda a infratranzistor. Infradioda neustále svítí a je-li povrch pod čidlem bílý, infračervené světlo se od povrchu odrazí a dopadne do báze infratranzistoru, čímž ho otevře. Je-li povrch neodrazivý, tranzistor zůstává uzavřen. Ze schématu je vidět, že je-li infratranzistor uzavřen, je na jeho kolektoru napájecí napětí, tudíž log1, v otevřeném stavu je na něm log0, protože je uzemněn. Tyto stavy vyhodnocuje mikropočítač. Princip senzoru je znázorněn na Obrázku 8.



**Obrázek 8:** Princip rozeznání barev.

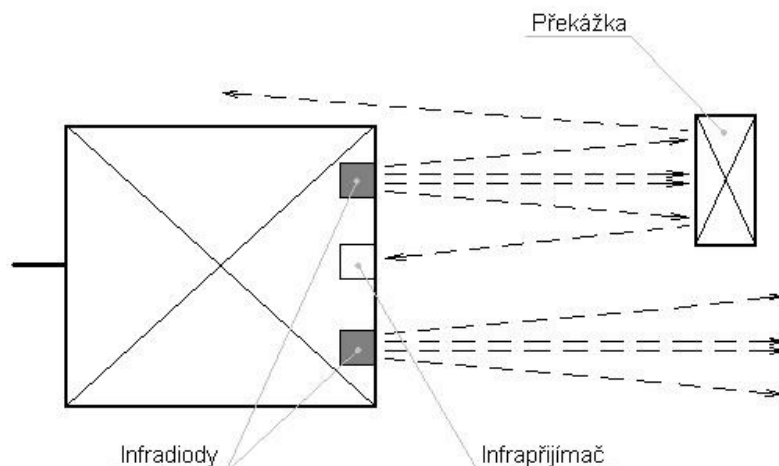
Levý senzor (L) se nachází nad černou plochou, do báze tranzistoru nedopadá infračervené světlo, vyhodnoceno jako  $\log 1$ . Pravý senzor (P) je nad plochou bílou, do báze infračervené světlo dopadá, vyhodnoceno jako  $\log 0$ .

### 5.5.2. Senzory pro detekci překážek

Překážky před robotem jsou detekovány také pomocí infrasenzorů. Tentokrát je infratranzistor nahrazen infrapřijímačem SFH5110. Ten vyhodnocuje příjem na základě dopadu infračerveného světla blikajícího na frekvenci 36kHz. Infradiody tudíž musí blikat na této frekvenci. Infrapřijímač se nachází mezi dvěma infradiodami. Je-li před robotem překážka, vysvícené infračervené světlo se vrací zpátky směrem k němu a dopadá na infrapřijímač. Řídící elektronika vyhodnotí překážku.

Vycházel jsem z doporučeného zapojení od výrobce. Setkal jsem se ovšem s problémem špatného vyhodnocení při rozběhu jednoho z motorů. Bylo to nejspíš vlivem větší spotřeby jednoho z motorů, která měla za následek pokles napětí na přijímači a vyhodnocení překážky. Vyřešil jsem to přidáním vhodného kondenzátoru C11 na výstup přijímače, který po krátkou dobu podrží napětí a zamezí tím chybnému vyhodnocování v proudových špičkách.

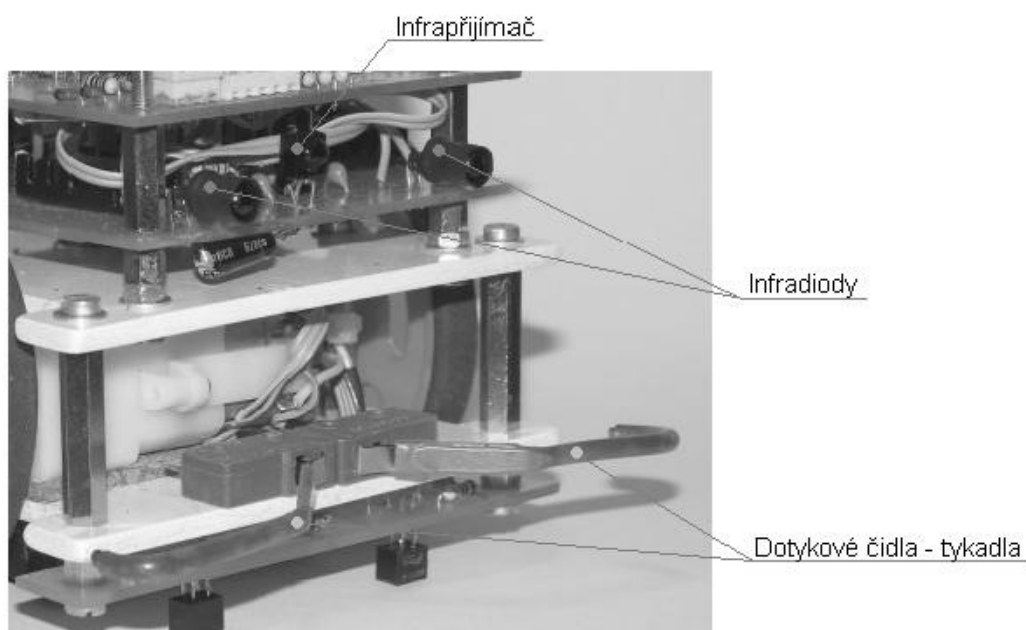




**Obrázek 9:** Princip detekce překážky.

Na Obrázku 9 jde vidět umístění infradiod a infrapřijímače a princip detekce překážky. Jelikož infradiody slabě vyzařují světlo i do stran, infrapřijímač vyhodnocuje příjem, aniž by došlo ke zpětnému odrazu světla od překážky. Tento problém jsem vyřešil navlečením infradiod do černých smršťovacích bužírek tak, aby mohlo infračervené světlo svítit pouze pod malým úhlem (směrem vpřed). Řešení je na Obrázku 9.

Problém nastane, je-li překážka černá. Černá barva nedokáže světlo odrazit natolik, aby se vrátilo zpět k robotovi. Nebo je-li překážka nízká nebo, úzká natolik, že se infračervené světlo neodrazí. Tyto situace mohou nastat, proto je robot vybaven „tykadly“. Jsou to obyčejné spínače, z nichž je vyvedený drát tak, aby při možném nárazu byly spínače sepnuty a vyhodnocena tak překážka. Tykadla jsou vidět na Obrázku 10.



**Obrázek 10:** Senzory detekce překážek.

## 5.5. Celkové schéma zapojení

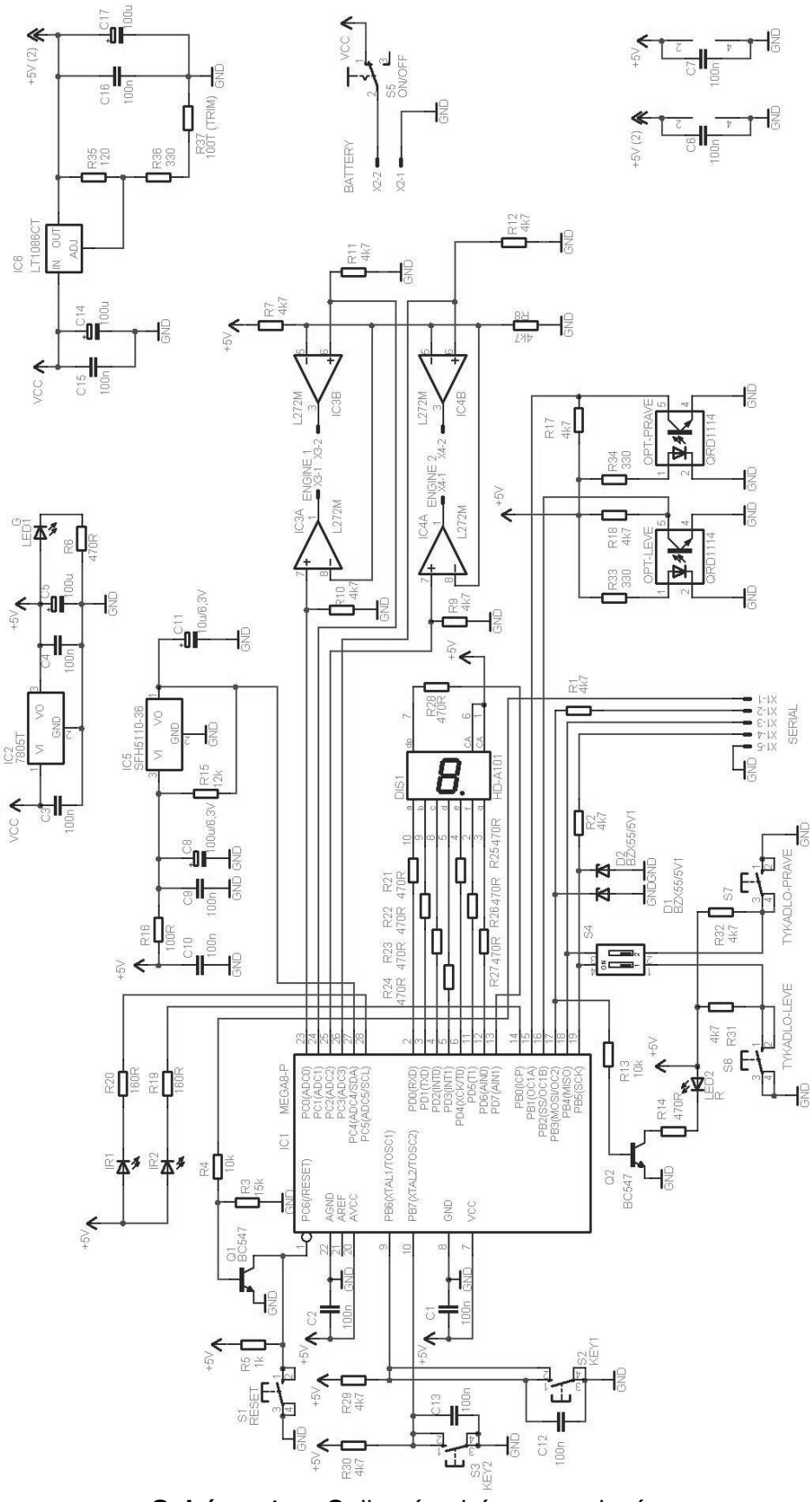


Schéma 1: Celkové schéma zapojení.

## 5.6. Desky plošných spojů

Jak bylo zmíněno výše, jsou použity tři plošné spoje. Původně jsem chtěl řídicí elektroniku, napájecí obvody a obvody pro pohon umístit na jednu DPS, ale kvůli malému půdorysu robota jsem musel toto zapojení rozdělit na dvě části a umístit je na dvě DPS do pater nad sebe. Ve středu těchto plošných spojů je také vyvrtána díra o průměru 13mm, ve stejné ose jako díra v podvozku, pro vedení kabelů. Třetí plošný spoj s čidly čáry je přichycen zespod podvozku. Umístění elektroniky bylo popsáno již v kapitole 4.3. a znázorněno na Obrázku 6.

Plošné spoje, stejně jako schémata zapojení, jsem navrhoval sám v programu Eagle 4.16r2 Light a vyráběl doma fotocestou. Plošné spoje jsou jednostranné a jelikož se mi nepodařilo všechny cesty spojit, použil jsem několik drátových propojek. Pro snadnou demontáž jsem vodiče nepájel, ale opatřoval je konektory se zámkem (KSZ, v Eaglu con-molex).

### 5.6.1. DPS řídicí elektroniky

Na tomto plošném spoji se nachází popsaná řídicí elektronika, komplet zobrazuje Schéma 2. Při návrhu jsem dbal na to, aby ovládací tlačítka byla vyvedena u kraje a byla dobře přístupná. Deska má rozměry 75 x 70 a je na Obrázku 11. Použité součástky jsou uvedeny v Tabulce 2.

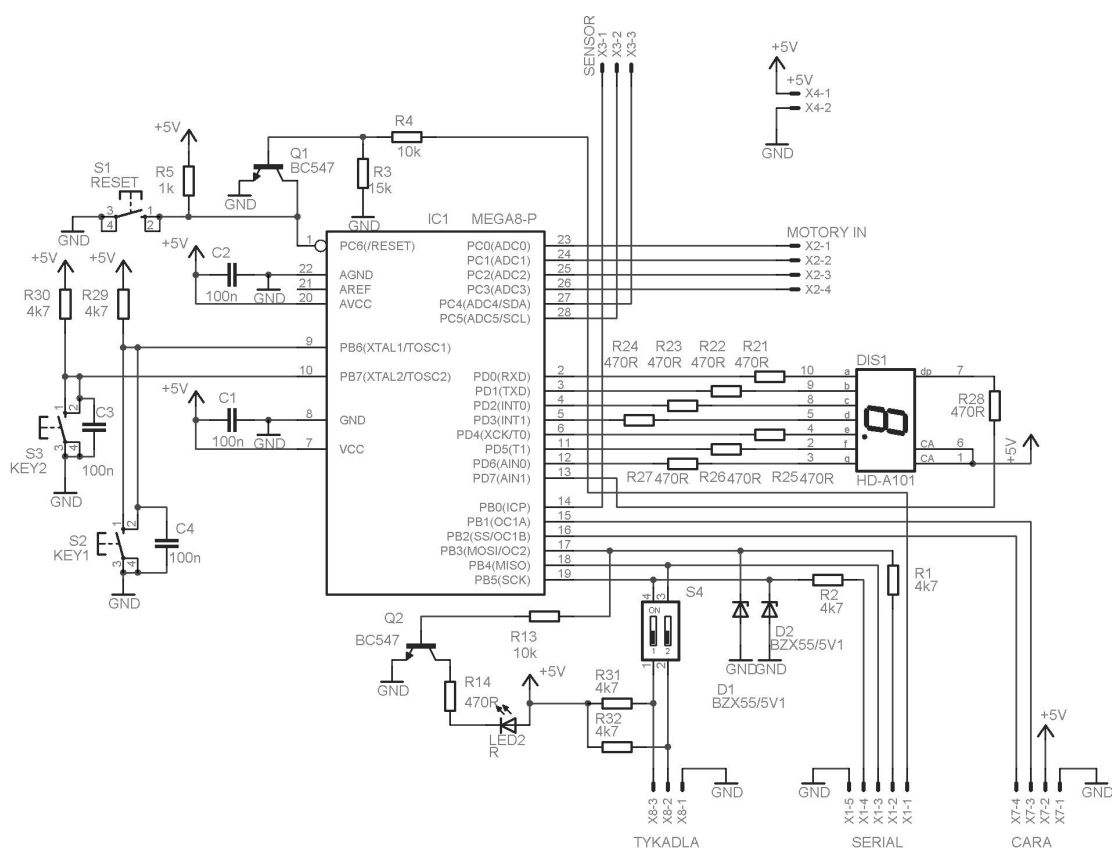
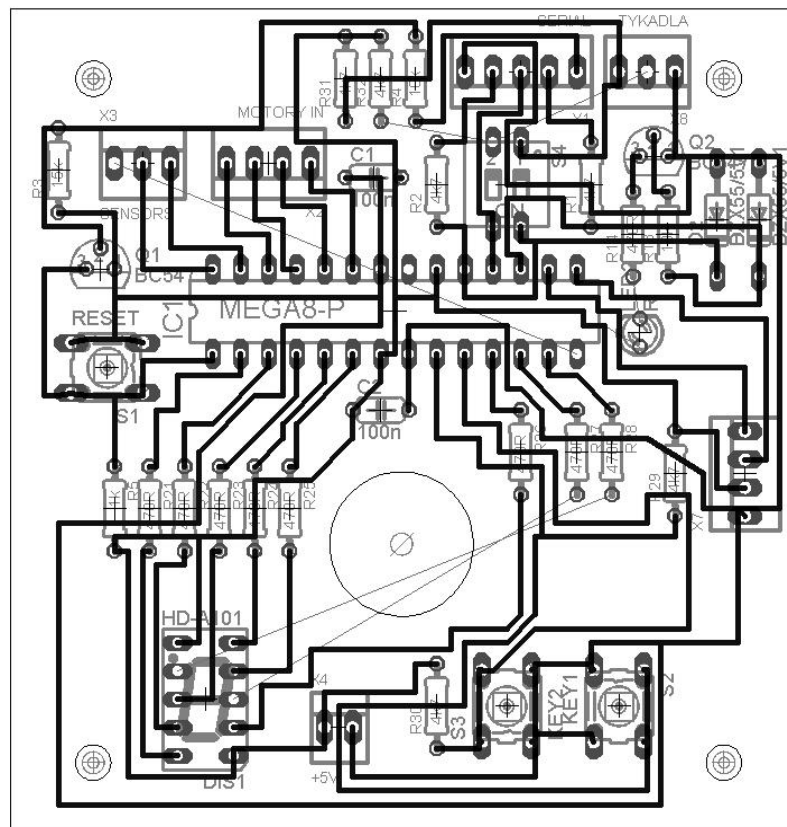


Schéma 2: Zapojení DPS řídicí elektroniky.



**Obrázek 11:** DPS řídicí elektroniky.

**Rozpiska součástek k této DPS**

<i>Typ součástky</i>	<i>Počet kusů</i>
R 4k7	6
R 15k	1
R 10k	2
R 1k	1
R 470	9
C 100n	4
D BZX55/5V1	2
7-seg. displej HD-A101	1
IC Atmega8	1
patice DIL28	1
LED červená	1
Q BC547	2
mikrospínače S	3
DIP přepínač dvojité	1
KSZ 2x	1
KSZ 3X	2
KSZ 4x	2
KSZ 5x	1

**Tabulka 2:** Rozpiska součástek.

### 5.6.2. DPS napájení a pohonu

Na tomto plošném spoji se nachází napájecí obvody, obvody buzení motorku a infračervené čidlo překážky, zapojení je zřejmé ze Schématu 3. Použité součástky jsou uvedeny v Tabulce 3. Při návrhu této DPS jsem musel dbát především na umístění infradiod a infrapřijímače, které jsou v jedné ose na okraji desky. Na druhém konci jsou konektory tak, aby s nimi šlo manipulovat i bez odejmutí vrchní DPS. Deska má rozměry 85 x 70 a je na Obrázku 12.

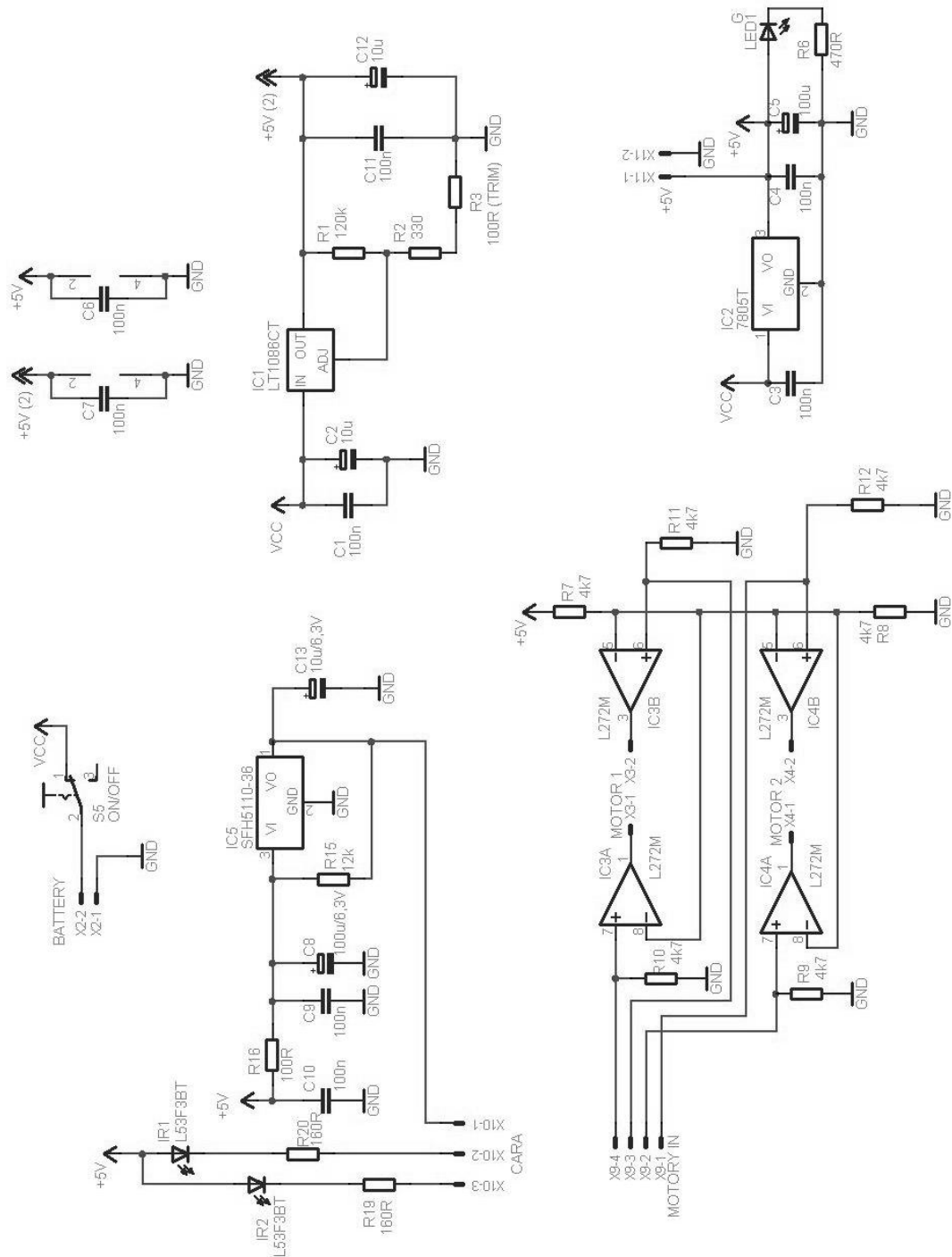
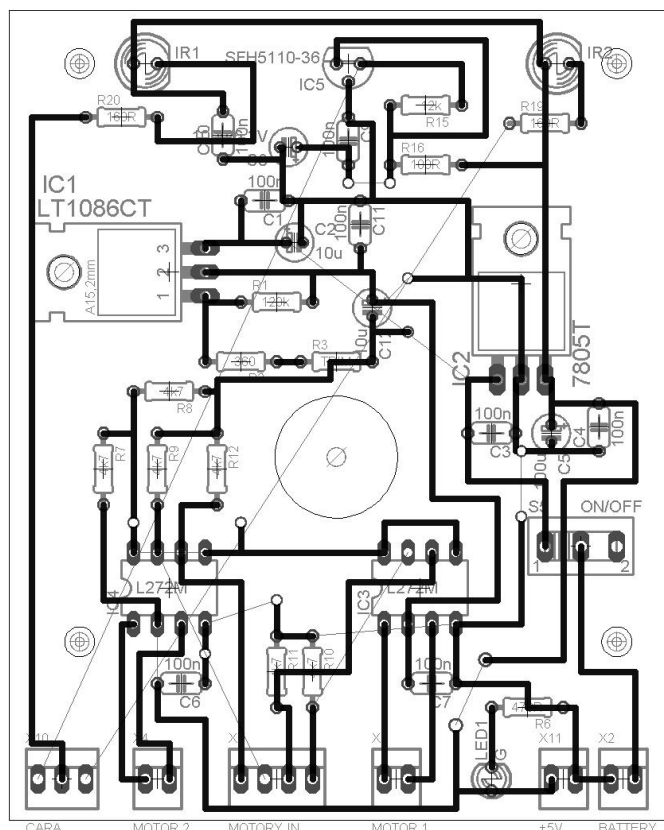


Schéma 3: Zapojení DPS napájení a pohonu.



**Obrázek 12:** DPS napájení a pohonu.

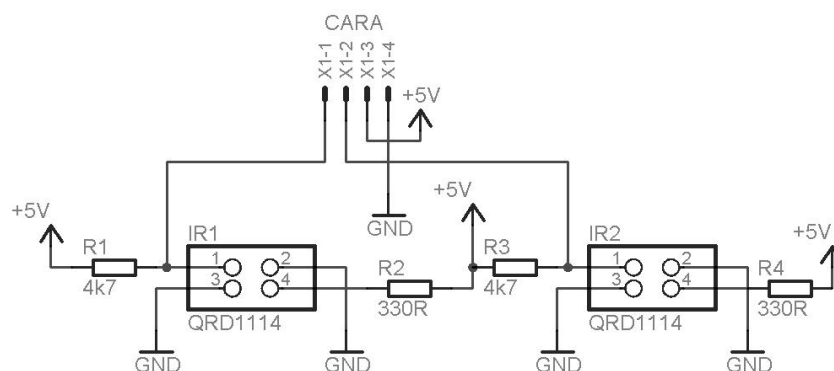
### Rozpiska součástek k této DPS

<i>Typ součástky</i>	<i>Počet kusů</i>
R 120k	1
R 330	1
R 100	2
R 470	1
R 4k7	6
R 12k	1
R 2k2	2
C 100n	9
C 10u/25V	3
C 100u/10V	2
7805	1
LT1086CT	1
L272M	2
SFH5110-36	1
IR led L53F3BT	2
LED zelená	1
S páčkový přepínač	1
KSZ 2x	4
KSZ 3x	1
KSZ 4x	1

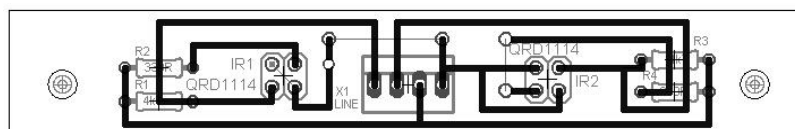
**Tabulka 3:** Rozpiska součástek.

### 5.6.3. DPS senzorů čáry

Na tomto plošném spoji se nachází pouze infrasenzory a několik rezistorů, ovšem musí být na zvláštní DPS, jelikož infrasenzory pro sledování čáry musí být v těsné blízkosti povrchu. Vzdálenost infrasenzorů od sebe jsem nakonec zvolil 40mm, robot je určen pro sledování čáry o šířce 15mm. Zapojení je zřejmé ze Schématu 4. Deska má rozměr 13 x 90 a je na Obrázku 13. Použité součástky jsou uvedeny v Tabulce 4.



**Schéma 4:** Zapojení DPS senzorů čáry.



**Obrázek 13:** DPS senzorů čáry.

#### Rozpiska součástek k této DPS

Typ součástky	Počet kusů
R 330	2
R 4k7	2
QRD1114	2

**Tabulka 4:** Rozpiska součástek.

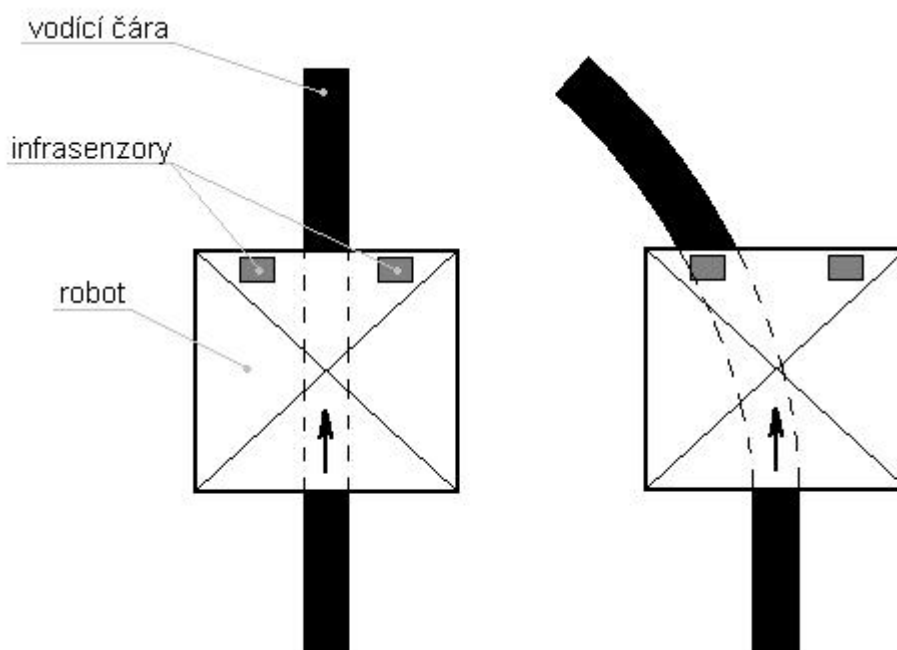
## 5. ŘÍZENÍ

Jak bylo psáno, celého robota řídí jednočipový mikropočítač Atmega8. Robot vykonává programem předem definované úkony. Program jsem psal v assembleru v AVR Studiu 3.56, kde byl uložen do souboru \*.hex a pomocí PonnyProgu2000 byl program zapsán do mikropočítače. Hlavní část programu (funkce sledování čáry a detekce překážky) je uvedena v příloze dokumentace.

Rychlost otáčení motorů je možné regulovat pomocí pulsní šířkové modulace (PWM), ovšem jelikož se robot nepohybuje příliš rychle, jedou oba motory stále na plný výkon, tzn. je na nich stále log1.

### 5.1. Princip programu sledování čáry

Princip funkce infrasenzorů pro sledování čáry již popsán byl. Je-li pod senzorem bílá plocha, na výstupu má log0, je-li pod ním plocha černá, na výstupu má log1. Sensory jsou dva a jsou od sebe vzdáleny tak, aby při přímé jízdě byly oba nad bílou plochou a černá vodící čára byla mezi nimi (Obrázek 14 vlevo). Začne-li vodící čára zatáčet, jedno z čidel se dostane nad černou barvu (Obrázek 14 vpravo), a je to vyhodnoceno jako pozastavení otáčení kola na straně tohoto čidla. Jelikož se točí pouze jedno kolo, robot se natočí tak, že ono čidlo se dostane opět nad bílou plochu, pozastavený motorek se rozběhne a robot jede rovně. Tento proces snímání se provádí v řádu kHz a ve výsledku je to téměř plynulý průjezd zatáčkou.



**Obrázek 14:** Princip sledování čáry.

V průběhu snímání černé vodící čáry také blikají infradiody na přední robota a je vyhodnocován stav infrapřijímače pro detekci překážek. Princip tohoto senzoru byl popsán v kapitole 5.4.2. Pro detekci překážek. Je-li před robotem překážka, na



výstupu přijímače se objeví log0. Je vyvolán podprogram pro objetí překážky. Robot se otočí o 90° doprava, jede přímo, otočí se doleva, jede přímo, otočí se doleva a jede tak dlouho, dokud jeden ze senzorů čáry nenalezne čáru. Poté se robot na čáře otočí doprava a pokračuje ve sledování čáry. Rozsah objíždění překážky se dá lehce upravit v programu.

Je-li překážka před robotem černá a tím pádem nedojde k odrazu infračerveného světla, tak do ní narazí. Tykadla pro detekci překážek jsou sepnuta a tím robot rozpozná překážku. Couvne si a udělá stejný objížděcí manévr jako v případě vyhodnocení infrapřijímačem.

## 5.2. Programy

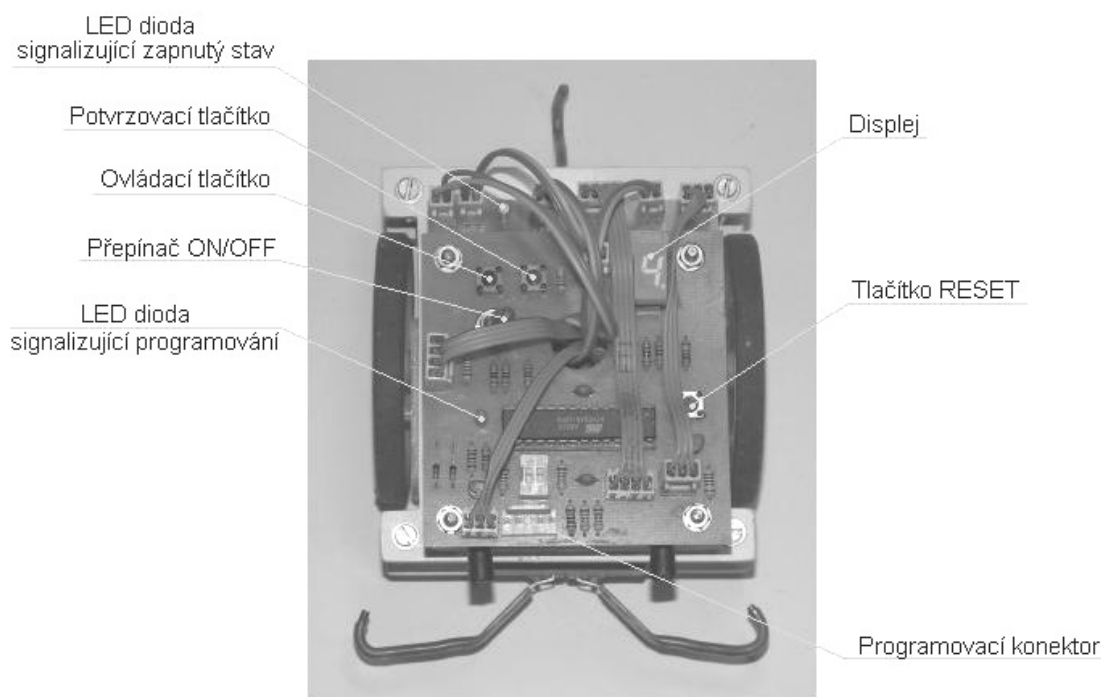
Hlavním úkolem robota je sledovat čáru jak bylo zmíněno. Ale pro ukázkou jsem napsal i programy další, které se dají přepínat v menu.

1. Ukázková jízda – tento program je pro předvedení pohybových vlastností robota. V provozu nejsou žádné senzory, robot se na volném prostoru projede, předvede pár otoček apod.
2. Sledování čáry – výše popsáný program.
3. Detekce překážky 1 – robot jede přímým směrem a zastaví se před překážkou, kterou vyhodnotí pomocí infrasenzoru.
4. Detekce překážky 2 - robot jede rovněž přímým směrem a zastaví se před překážkou, kterou vyhodnotí dotykovými senzory – tykadly.
5. Volná jízda – robot jede přímým směrem a při nalezení překážky infrasenzorem zabočí vpravo a pokračuje v jízdě. Při detekování překážky dotykovými senzory robot couvne, otočí se doleva a pokračuje v jízdě. Takto robot „náhodně“ jezdí v prostoru a vyhýbá se překážkám.

## 6. NÁVOD K OBSLUZE

Obsluha robota je velmi jednoduchá, je pouze zapotřebí plně nabitých baterií. Přepínačem ON/OFF se robot zapne, zapnutý stav je signalizovaný svitem zelené LED diody. Číslo na displeji zobrazuje zvolený program, po zapnutí se na něm zobrazí číslo 1. Ovládacím tlačítkem se zvolí požadovaný program (jednotlivé programy jsou popsány v kapitole 5.2. Programy) a potvrzovacím tlačítkem je program spuštěn. Mezi stiskem potvrzovacího tlačítka a spuštěním programu je několikasekundová prodleva, pro např. umístění robota na dráhu a po dobu této prodlevy svítí na displeji pouze desetinná tečka. Běh programu lze kdykoliv přerušit tlačítkem RESET, který restartuje mikropočítač a je spuštěn znovu. Robot lze také za běhu vypnout přepínačem ON/OFF. Mikropočítač se programuje přes programovací konektor a po dobu programování svítí červená LED dioda.

Při slabých bateriích může následkem poklesu napětí docházet ke špatnému vyhodnocování senzorů, baterie je nutno znova dobít. Všechny ovládací prvky jsou zobrazeny na Obrázku 15.



**Obrázek 15:** Ovládací prvky.

## 7. TECHNICKÉ PARAMETRY

Veškeré podstatné technické parametry robota jsou zapsány v Tabulce 5.

Rozměry robota (Š x D x V)	100 x 120 x 80 mm
Hmotnost	457 g
Rychlost pohybu	0,2 m/s
Minimální poloměr zatáčky	100 mm
Šířka sledované čáry	15 mm
Proudový odběr v menu	100 mA
Proudový odběr při přímém pohybu	300 mA
Napájen	7,2V, NiMH, 750 mAh (6 x AAA)
Výdrž baterií	cca 1 hod.

**Tabulka 5:** Technické parametry robota.

## 8. ZÁVĚR

Na robotovi jsem pracoval přibližně čtyři měsíce a nyní je plně funkční. Podařilo se mi zprovoznit vše, co jsem navrhnul a splnil jsem své původní plány. Při stavbě se vyskytlo několik problémů, se kterými jsem nepočítal, jako například rozdílné otáčky motorů, nebo různá rušení, která ovlivňovala funkci senzorů, ale vše jsem nakonec vyřešil.

Robot mě vyšel finančně přibližně na 1700,- Kč. Funkce robota sledování čáry má uplatnění v průmyslu, jako například manipulátor, který má po skladišti rozvážet materiál po předem definované trase. Uplatnění by se našlo jistě více.

Také jsem dbal na to, aby se robot mohl zúčastnit soutěže ISTROBOT 2007 v kategorii Stopař. V této kategorii má robot za úkol sledovat černou čáru a musí se vypořádat s nástrahami, jako je překážka na čáře.

Při stavbě jsem získal mnoho zkušeností, jak z konstrukční stránky tak i stránky elektronické, které jistě využiji při stavbě dalšího robota. Také jsem se naučil programovat mikropočítače Atmel AVR, je to vůbec má první aplikace tohoto mikropočítače.

## 9. POUŽITÁ LITERATURA

- Váňa V.: Mikrokontroléry Atmel AVR – assembler, Praha 2003, ISBN 80-7300-093-8
- Ing. Král J.: skripta Základy programování jednočipových mikropočítačů v assembleru a jazyku C, 2006
- datasheet Atmega8
- datasheet QRD1114
- datasheet L-53F3BT
- datasheet SFH5110
- <http://www.wikipedie.cz>
- <http://www.robot.vsb.cz>

```

*****
;
;Robot stopař (pouze část pro sledování čáry)

*****
;
***** INICIALIZACE *****
;
*****

;---- Definiční soubor Atmega8 ----
.include "m8def.inc"

;---- Pojmenování registrů ----
.def Temp      = R16
.def Delay1    = R17
.def Delay2    = R18
.def Delay3    = R19

;---- Nastavení portů a registrů
RESET:        ldi Temp,0b00000001
              out DDRB,Temp          ; nastavuje portu B
              ldi Temp,0b11101111
              out DDRC,Temp          ; nastavení portu C
              ldi Temp,0b11111111
              out DDRD,Temp          ; nastavuje port D jako výstupní

              ser Delay1
              ser Delay2
              ser Delay3

;***** Inicializace zásobníku
;
;          ldi Temp,LOW(RAMEND)
;          out SPL,Temp
;          ldi Temp,HIGH(RAMEND)
;          out SPH,Temp

*****
;
***** HLAVNÍ PROGRAM *****
;
*****

;-----
;----- HLAVNÍ NABÍDKA FUNKCÍ -----

;---- Funkce 1 - Demo -----

MENU:        ldi Temp,0b01111001    ; do Temp binarni kod pro 1 na disp
              out PORTD,Temp        ; zobrazení 1 na disp
              sbic PINB,0x6
              rjmp JEDNA
              rjmp MENU

JEDNA:       sbis PINB,0x6
              rjmp MENU2

;-----

              sbis PINB,0x7
              rjmp DEMO

;-----

              rjmp JEDNA

;---- Funkce 2 - Sledování čáry -----

MENU2:       ldi Temp,0b00100100    ; do Temp binarni kod pro 2 na disp

```

```

        out PORTD,Temp          ; zobrazení 2 na disp
        sbic PINB,0x6
        rjmp DVA
        rjmp MENU2

DVA:    sbis PINB,0x6
        rjmp MENU3
;-----
        sbis PINB,0x7
        rjmp LINE
;-----
        rjmp DVA

;----- Funkce 3 - ukázka detekce překážek infrasenzorem -----
MENU3:  ldi Temp,0b00110000    ; do Temp binarni kod pro 3 na disp
        out PORTD,Temp        ; zobrazení 3 na disp
        sbic PINB,0x6
        rjmp TRI
        rjmp MENU3

TRI:    sbis PINB,0x6
        rjmp MENU4
;-----
        sbis PINB,0x7
        rjmp FCE1
;-----
        rjmp TRI

;----- Funkce 4 - ukázka detekce překážek tykadly -----
MENU4:  ldi Temp,0b00011001    ; do Temp binarni kod pro 4 na disp
        out PORTD,Temp        ; zobrazení 4 na disp
        sbic PINB,0x6
        rjmp CTYR
        rjmp MENU4

CTYR:   sbis PINB,0x6
        rjmp MENU5
;-----
        sbis PINB,0x7
        rjmp FCE2
;-----
        rjmp CTYR

;----- Funkce 5 - náhodná jízda -----
MENU5:  ldi Temp,0b00010010    ; do Temp binarni kod pro 5 na disp
        out PORTD,Temp        ; zobrazení 5 na disp
        sbic PINB,0x6
        rjmp PET
        rjmp MENU5

PET:    sbis PINB,0x6
        rjmp MENU
;-----
        sbis PINB,0x7
        rjmp NAHOD
;-----
        rjmp PET

```

```

;-----
;----- FUNKCE SLEDOVÁNÍ ČÁRY -----
LINE:      rcall DLY2S
           ldi Temp,0b00100100      ; do Temp binarni kod pro 2 na disp
           out PORTD,Temp           ; zobrazení 2 na disp

;---- Levé kolo -----
LEVE:      cbi PORTC,1              ; *** 0 na motor 1

;-----
           sbic PINB,0x1            ; načtení levého čidla
           rjmp PRAVE

;-----
           sbi PORTC,1              ; *** 1 na motor 1

DLY1:      sbi PORTC,5              ; ir led
           ldi Delay1,36
           dec Delay1
           brne DLY1

           sbis PINC,0x4            ; kontrola IR přijímače
           rjmp OBJET

           cbi PORTC,5              ; ir led

DLY2:      ldi Delay1,32
           dec Delay1
           brne DLY2

DLY11:     sbi PORTC,5              ; ir led
           ldi Delay1,36
           dec Delay1
           brne DLY11

           sbis PINC,0x4            ; kontrola IR přijímače
           rjmp OBJET

           cbi PORTC,5              ; ir led

DLY22:     ldi Delay1,32
           dec Delay1
           brne DLY22

;---- Pravé kolo -----
PRAVE:     cbi PORTC,3              ; *** 0 na motor 2

;-----
           sbic PINB,0x2            ; načtení pravého čidla
           rjmp LEVE

;-----
           sbi PORTC,3              ; *** 1 na motor 2

           sbi PORTC,5              ; ir led

```

## Příloha A

## Úryvek řídicího programu

```
DLY3:      ldi Delay1,36
           dec Delay1
           brne DLY3

           sbis PINC,0x4           ; kontrola IR přijímače
           rjmp OBJET

           cbi PORTC,5           ; ir led

DLY4:      ldi Delay1,32
           dec Delay1
           brne DLY4

           sbi PORTC,5           ; ir led

DLY33:     ldi Delay1,36
           dec Delay1
           brne DLY33

           sbis PINC,0x4           ; kontrola IR přijímače
           rjmp OBJET

           cbi PORTC,5           ; ir led

DLY44:     ldi Delay1,31
           dec Delay1
           brne DLY44
           nop

           rjmp LEVE             ; smyčka jízda

;-----
OBJET:     cbi PORTC,0           ; objížděcí manévr
           cbi PORTC,1
           cbi PORTC,2
           cbi PORTC,3

           rcall VPRAVO
           rcall VPRED
           rcall VLEVO
           rcall VPRED
           rcall VPRED
           rcall VLEVO

           cbi PORTC,0
           cbi PORTC,1
           cbi PORTC,2
           cbi PORTC,3

;-----
           sbi PORTC,1
           sbi PORTC,3

LOOP4:     sbic PINB,0x1         ; nalezena čára?
           rjmp NUL

           rjmp LOOP4

NUL:       cbi PORTC,0
           cbi PORTC,1
           cbi PORTC,2
```



```

cbi PORTC,3
rcall VPRAVO
rjmp LEVE ; pokračování ve sledování čáry

;*****
;***** PODPROGRAMY *****
;*****

;----- Podprogram zpoždění 2s -----
DLY2S: ldi Temp,0b01111111 ; do Temp binarni kod pro . na disp
out PORTD,Temp ; zobrazí .
dec Delay1
brne DLY2S
ldi Delay1,100 ; dává do R16 konstantu 16
dec Delay2
brne DLY2S
dec Delay3
brne DLY2S
ret

;----- Podprogram otočení o 90° vpravo -----
VPRAVO: ser Delay1
ser Delay2
ldi Delay3,4

LOOP: cbi PORTC,0
cbi PORTC,3

sbi PORTC,0
sbi PORTC,3

dec Delay1
brne LOOP
dec Delay2
brne LOOP
dec Delay3
brne LOOP
nop ; doladění 90°
nop
nop
nop
nop
nop
nop

cbi PORTC,0
cbi PORTC,3
ret

;----- Podprogram otočení o 90° vlevo -----
VLEVO: ser Delay1
ser Delay2
ldi Delay3,4

LOOP2: cbi PORTC,1
cbi PORTC,2

sbi PORTC,1
sbi PORTC,2

```

```
    dec Delay1
    brne LOOP2
    dec Delay2
    brne LOOP2
    dec Delay3
    brne LOOP2
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop

    cbi PORTC,1
    cbi PORTC,2
    ret

;----- Podprogram kroku vpřed -----
VPRED:    ser Delay1
          ser Delay2
          ldi Delay3,10

LOOP3:    cbi PORTC,1
          cbi PORTC,3

          sbi PORTC,1
          sbi PORTC,3

          dec Delay1
          brne LOOP3
          dec Delay2
          brne LOOP3
          dec Delay3
          brne LOOP3

          cbi PORTC,1
          cbi PORTC,3
          ret

; doladění 90°
```

