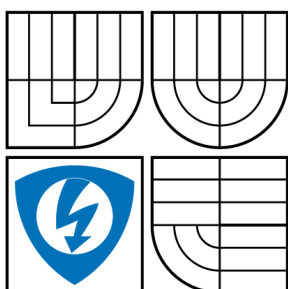


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

# NÁVRH HARDWARE VENKOVNÍHO ROBOTU

OUTDOOR ROBOT HARDWARE DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MICHAL SITTA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. LUDĚK ŽALUD, Ph.D.

BRNO 2008

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
**Automatizační a měřicí technika**

**Student:** Sitta Michal

**Ročník:** 3

**ID:** 78369

**Akademický rok:** 2007/08

**NÁZEV TÉMATU:**

## Návrh hardware venkovního robotu

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Na základě výsledků semestrání práce navrhnete a realizujete mechanické řešení a elektroniku robotu pro pohyb v lehkém terénu, jehož úkolem bude automaticky projet množinu zadaných GPS souřadnic.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

[www.robotika.cz](http://www.robotika.cz)

**Termín zadání:** 1.2.2008

**Termín odevzdání:** 2.6.2008

**Vedoucí projektu:** doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

**prof. Ing. Pavel Jura, CSc.**

*předseda oborové rady*



### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

## **A n o t a c e**

Tato práce se zabývá problematikou základních druhů řešení podvozků s podrobnějším popisem Ackermanova a diferenčního podvozku. Dále se věnuje základním parametrům stejnosměrných motorů a převodovek užívaných pro robotické účely. V elektronické části se věnuje problémům řízení stejnosměrných kartáčových motorů, návrhem DC-DC měničů s obvodem MC34063, snímáním natočení pomocí potenciometru a rychlosti pomocí optického enkodéru. Okrajově se věnuje způsobu komunikace s nadřazeným řídicím systémem.

## **K l í ě o v á   s l o v a**

Ackermanův podvozek, stejnosměrný motor, DC-DC měnič, ovládání stejnosměrného motoru

## **A n n o t a t i o n**

This work starts with slightly more detailed description of Ackerman and differential steering. Next shows parameters of direct-current brush and brush-less motors and gear-boxes uses in robotics. Electro technical part show problems of control direct-current brush motor, design of DC-DC converter with integrated circuit MC34063, reading information about steering angle with potentiometer and speed with optical encoder. In the end of work is shown simple byte oriented communication protocol used between microprocessor and desktop PC.

## **Key words**

Ackerman steering, DC motor, DC-DC converter, control of DC motor

## **Bibliografická citace**

SITTA, M. *Návrh hardware venkovního robotu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 52 s.  
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

## **P r o h l á š e n í**

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Návrh hardware venkovního robota" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.“

V Brně dne :

Podpis:

## **P o d ě k o v á n í**

Děkuji tímto doc. Ing. Luděkovi Žaludovi, Ph.D za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

V Brně dne :

Podpis:

## OBSAH

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2. MECHANICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
2.1 Základní rozdělení konstrukcí podvozku.....	10
2.1.1 Diferenciální podvozek.....	10
2.1.2 Ackermanův podvozek.....	10
2.1.3 Výběr vhodného typu podvozku.....	11
2.2 Realizace základní kostry podvozku.....	11
2.3 Základní rozdělení elektromotorů.....	12
2.3.1 Výpočet potřebného výkonu motorů.....	13
2.3.2 Zdůvodnění výběru typu motoru.....	15
2.4 Elektromotor SPEED 900BB.....	15
2.5 Důvody použití převodovky a jejich varianty.....	16
2.6 Převodovka XC30/1:15.....	17
2.7 Realizace konečného převodu kol.....	19
2.8 Kola.....	20
2.9 Způsob natáčení předních kol.....	21
2.10 Způsob uchycení akumulátorů.....	22
2.11 Celkový vzhled.....	22
<b>3. ELEKTRONICKÁ ČÁST.....</b>	<b>23</b>
3.1 Koncepce elektronické části.....	23
3.2 Rozmístění elektroniky v robotu.....	24
3.3 DC-DC měnič pro ATX desku.....	25
3.4 DC-DC měnič s obvodem MC34063A/E.....	26
3.4.1 Realizovaný Step-Down měnič 5V/3A.....	27
3.5 Způsob řešení základní úrovně ovládání.....	30
3.5.1 Základní charakteristika použitého mikrokontroléru.....	30
3.5.2 Popis realizované desky.....	30
3.5.3 Komunikační protokol a jeho implementace.....	31

3.6 Ovládání stejnosměrných motorů.....	32
3.7 Výkonové řízení motorů.....	33
3.8 Snímání otáček kol – optický enkodér.....	34
3.9 Snímače natočení přední nápravy.....	35
3.10 Řízení přední nápravy.....	37
3.11 Způsob propojení silového vedení.....	38
3.12 Použité typy akumulátorů – WP26-12.....	39
<b>4. ZÁVĚR.....</b>	<b>41</b>
<b>5. POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>43</b>
<b>6. PŘÍLOHY.....</b>	<b>44</b>
6.1 Naměřené hodnoty k DC-DC měniči 5V.....	44
6.2 Deska DC-DC měniče 5V.....	45
6.3 Řízení PWM.....	46
6.4 Deska s ATmegou 32.....	48
6.5 Deska optického enkodéru.....	50
6.6 CD-ROM.....	52

## Seznam obrázků

Obr. 2.1: Základní rozměry kostry podvozku.....	11
Obr. 2.2: Rozložení působících sil.....	13
Obr. 2.3: Typická charakteristika stejnosměrného motoru.....	16
Obr. 2.4: Boční pohled na Speed 900BB.....	16
Obr. 2.5: Zadní pohled na Speed 900BB.....	16
Obr. 2.6: Rozměry XC30.....	18
Obr. 2.7: Boční pohled na XC30.....	19
Obr. 2.8: ISO pohled na XC30.....	19
Obr. 2.9: Boční pohled na konečný převod.....	19
Obr. 2.10: Pohled na konečný převod.....	19
Obr. 2.11: Pohled na náboj kola.....	20
Obr. 2.12: Pohled na plášť kola.....	20
Obr. 2.13: Motor přední nápravy s ozubeným hřebenem.....	21



Obr. 2.14: Detail čepu řízení.....	21
Obr. 2.15: Uchycení akumulátoru.....	22
Obr. 2.16: Uchycení s akumulátorem.....	22
Obr. 2.17: Konečný vzhled při ladění.....	22
Obr. 3.1: Základní propojení datové části robota.....	23
Obr. 3.2: Uspořádání rozvodu napájení.....	24
Obr. 3.3: Rozmístění elektroniky, akumulátorů a motorů robota.....	24
Obr. 3.4: Celkový pohled na picoPSU-120-WI-25.....	25
Obr. 3.5: Zapojení MC34063 jako Step-Down měniče.....	26
Obr. 3.6: DC-DC měnič 5V.....	29
Obr. 3.7: Deska s ATmegou 32.....	31
Obr. 3.8: Tvar zprávy komunikačního protokolu.....	31
Obr. 3.9: Jednosměrné stejnosměrného řízení motoru.....	32
Obr. 3.10: Varianty obousměrného řízení motoru.....	33
Obr. 3.11: Realizovaný H-most.....	34
Obr. 3.12: Deska optického enkodéru.....	35
Obr. 3.13: Kolečko optického enkodéru.....	35
Obr. 3.14: Umístění snímače natočení.....	36
Obr. 3.15: Detail snímače natočení.....	36
Obr. 3.16: Rozvod pro 5V.....	38
Obr. 3.17: Rozvod pro 12V.....	38
Obr. 3.18: Pohled na akumulátor.....	39
Obr. 3.19: Pohled na akumulátor.....	39
Obr. 3.20: Vybíjecí charakteristika akumulátorů WP26-12.....	40
Obr. 6.1: Schéma DC-DC měniče 5V.....	45
Obr. 6.2: Strana plošných spojů .....	45
Obr. 6.3: Strana součástek.....	45
Obr. 6.4: Schéma H-mostu pro motory.....	46
Obr. 6.5: Strana plošných spojů.....	46
Obr. 6.6: Strana součástek.....	47
Obr. 6.7: Schéma s ATmega 32.....	48

Obr. 6.8: Strana spojů.....	48
Obr. 6.9: Strana součástek.....	49
Obr. 6.10: Schéma optického enkodéru.....	50
Obr. 6.11: Strana součástek optického enkodéru.....	51
Obr. 6.12: Deska optického enkodéru.....	51

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Specifikace motoru Speed 900BB.....	15
Tabulka 2.2: Základní technické parametry XC 30.....	18
Tabulka 3.1: Zatížení jednotlivých větví picoPSU-120-WI-25.....	25
Tabulka 3.2: Výpočet parametrů při návrhu DC-DC měniče.....	27
Tabulka 3.3: Změřené hodnoty na potenciometru řízení.....	37
Tabulka 3.4: Základní parametry akumulátorů WP26-12.....	40
Tabulka 6.1: Naměřené hodnoty DC-DC měniče 5V.....	44

## Seznam Grafů

Graf 3.1: Závislost účinnosti na výstupním proudu měniče 5V.....	28
Graf 3.2: Závislost výstupního napětí na výstupním proudu měniče 5V.....	29
Graf 3.3: Závislost výstupu na regulační odchylce e.....	37

## 1. ÚVOD

V této práci bude popsána mechanická konstrukce a část elektroniky, která je nutná pro řízení sestaveného podvozku robota. To zahrnuje části nutné pro ovládání akčních členů použitých pro pohyb, jejich snímačů nutných pro jejich řízení a také základní úroveň řízení na úrovni mikrokontroléru. Zbývající část elektroniky, která se stará o vyšší řízení, vyhodnocování obrazu kamery, o vyhodnocování a ovládání snímačů senzorového subsystému je popsána v jiných bakalářských pracích věnujících se tomuto robotu. Při více možných variantách budou uvedeny jednotlivé varianty s jejich hlavními výhodami a nevýhodami. Není cílem této práce podrobný popis každého možného řešení, ale pouze nejběžněji používané řešení. Následně bude zdůvodněn konečný výběr s ohledem na určení robota. Hlavní určení sestaveného robota vychází ze zadání bakalářské práce. To je schopnost zúčastnit se soutěže Robotour 2008.

Práce bude doprovázena fotografiemi, které mají větší vypovídací hodnotu než pouhý popis technického řešení.

V kapitole věnující se mechanickému řešení robota budou popsány běžně používané konstrukce. Podrobněji budou popsány varianty kolových podvozků - Ackermanova koncepce a diferenční podvozek. Dále budou uvedeny varianty možných elektromotorů a převodovek. Tato práce obsahuje i způsob výpočtu potřebného výkonů, který není přesný, ale stačí pro určení přibližného výkonu. Způsob přenosu momentu motoru ke hnaným kolům a realizovaný způsob natáčení přední nápravy.

Kapitola elektronika se věnuje popisu celkové koncepce elektroniky rozděleného na dvě části - část výkonovou, jež obsahuje realizovanou strukturu vedení a ochrany motorů, a druhou část věnující se spíše řídicí a obslužné části robota. Dále obsahuje popis jednotlivých použitých modulů a popis jejich zapojení. U některých částí jsou uvedeny parametry zjištěné při měření. Dále je uveden popis použitého protokolu, který slouží pro komunikaci s nadřazenou úrovní řízení.

## 2. MECHANICKÁ ČÁST

### 2.1 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ KONSTRUKCÍ PODVOZKU

Existuje mnoho druhů robotů, které se významně liší jejich místem určení, a proto se objevuje velké množství způsobů dělení. Například podle prostředí, ve kterém se pohybují: pro souš (terrestrial) a jejich dělení pro vnitřní/venkovní (indoor/outdoor) použití, ve vodě (aquatic), ve vesmírném prostoru (space) a případně jejich kombinace.

V následujícím textu se budu blíže věnovat rozdělením venkovních robotů určených pro souš. Ti se dělí podle způsobu vlastního řešení pohybové části na: pásové, kráčející, kolové, které jsou nejrozšířenější. Ostatní způsoby řešení jako je plazivý, šplhající a hybridní jsou spíše výjimkou.

#### 2.1.1 Diferenciální podvozek

Jejich hlavní výhodou je velká pohyblivost, rychlost zatáčení a možnost otáčení na místě. Největší nevýhody jsou velká energetická náročnost při zatáčení/otáčení a z toho vyplývající nutnost dimenzování pohonu na tuto činnost. Výkon potřebný pro otáčení je až 10-krát vyšší než při přímé jízdě. Tento nepoměr je způsoben využitím prokluzu při zatáčení. Další nevýhodou je předem nezjistitelné zatočení při snímání pouze otáčení kol. Tento rozdíl závisí na terénu, po kterém se podvozek pohybuje.

#### 2.1.2 Ackermanův podvozek

Existuje řada provedení lišících se počtem kol. Klasicky 3 nebo 4. Ve variacích 1 nebo 2 zadní hnaná (při použití 2 hnaných je lepší použití diferenciálu pro snížení prokluzu) a 1 nebo 2 přední kola, která se natáčí.

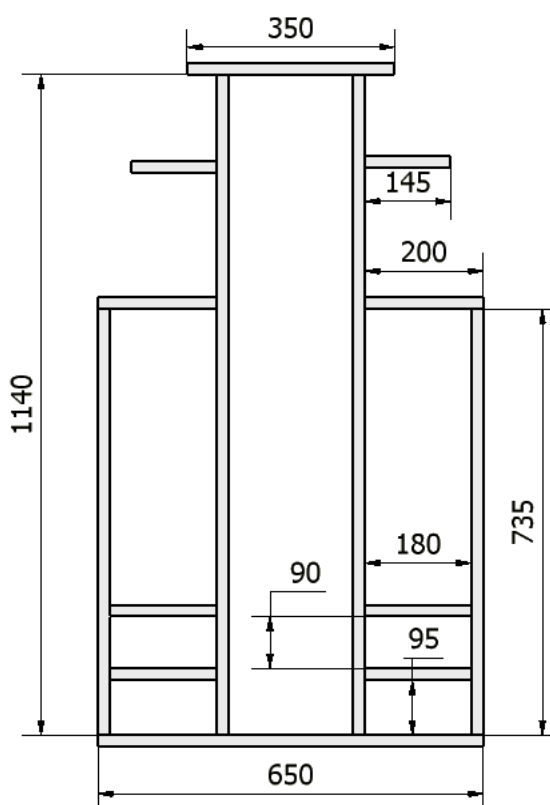
Jejich nevýhody jsou nemožnost zatáčení na místě a složitější konstrukční řešení spočívající v realizaci zatáček kol a nutnosti jejich seřízení. Výhody jsou nižší energetická náročnost při jízdě a možnost použití méně výkonných motorů hnaných kol.

### 2.1.3 Výběr vhodného typu podvozku

Po důkladném porovnávání vlastností diferenciálního a Ackermanova podvozku v závislosti na předpokládaném použití, které spočívá v účasti na soutěži Robotour 2008, byl zvolen Ackermanův podvozek. Ze znalostí získaných na stránkách soutěže a osobní účasti na Robotour 2007 bylo zjištěno, že se nevyužije potenciál diferenčního podvozku a jeho možnosti otáčení na místě. Zatačení se realizuje pouze na velkém poloměru. Dále se potřebuje poměrně velká dojezdovost robotů, i když pravidla soutěže výslovně nezakazují výměnu akumulátorů při vlastní soutěžní jízdě, ale při této výměně dojde k poměrně velké časové ztrátě a ta způsobuje nižší bodové ohodnocení robota. Dokonce se některým týmům stalo, že museli donášet akumulátor z depa a tím ztratili 10-15 minut na úseku trati, kterou bylo možno projet za 5 minut. Všechny tyto vlastnosti hovoří pro výběr Ackermanova podvozku i přes jeho složitější technické řešení.

## 2.2 REALIZACE ZÁKLADNÍ KOSTRY PODVOZKU

Základní kostra podvozku je realizována pomocí železného jeklu s rozměry 20x20mm s tloušťkou stěny 2mm. Její realizované rozměry jsou vyobrazeny na Obr. 2.1: Základní rozměry kostry podvozku. Tato koncepce podvozku byla zvolena z její velké robustnosti a finanční nenáročnosti. Cena použitého materiálu nepřesahuje 300Kč. Jako další možnost se jeví speciální profilované hliníkové profily, které jsou mezi sebou spojeny šroubovými spoji. Jejich hlavní výhoda je nízká hmotnost při dostatečné robustnosti. Nebyly



Obr. 2.1: Základní rozměry kostry podvozku

vybrány z velké finanční náročnosti. Propojení železného jeklu je možné realizovat rozebíratelným šroubovým spojem nebo nerozebíratelným spojem realizovaný svárem. Rozebíratelný rám není k našemu účelu potřebný a mohl by následně činit problémy s možností postupného uvolňování šroubů, které by byly zakryty karosérií. Proto bylo zvoleno spojení jednotlivých jeklů pomocí nerozebíratelného spoje realizovaného svarem.

Nad základní konstrukci jsou pomocí šroubů M3 připevněny základní laminátové desky s tloušťkou 2 mm. Celkem jde o 4 kusy uloženy bez mezer. Do této desky jdou vytvořit bez sebemenších problémů závity M3, které slouží pro připevnění všech potřebných konstrukčních prvků. Především jde o distanční sloupky pro namontování desek plošných spojů, příchytka kabelů a další.

Boční strana je vytvořena pomocí hliníkových „L“ profilů 15x15mm s tloušťkou 2mm a délky 220mm. Profily jsou ve vrchní části zpevněny hliníkovým „L“ profilem 10x10mm s tloušťkou stěny 1mm. Zakrytí je provedeno tvrdým plastem bílé barvy. Vrchní část je řešena jako servisní (jednoduše demontovatelná) pro snadný přístup k vnitřním částem. Ve přední a v zadní části jsou vytvořeny dvířka s panty pro snadný přístup k akumulátorů při jejich výměně.

### **2.3 ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ ELEKTROMOTORŮ**

Základní rozdělení elektromotorů je na kartáčové, bezkartáčové (brushless) a krokové. Každé konstrukční řešení má své specifické vlastnosti, které budou uvedeny v následujících odstavcích.

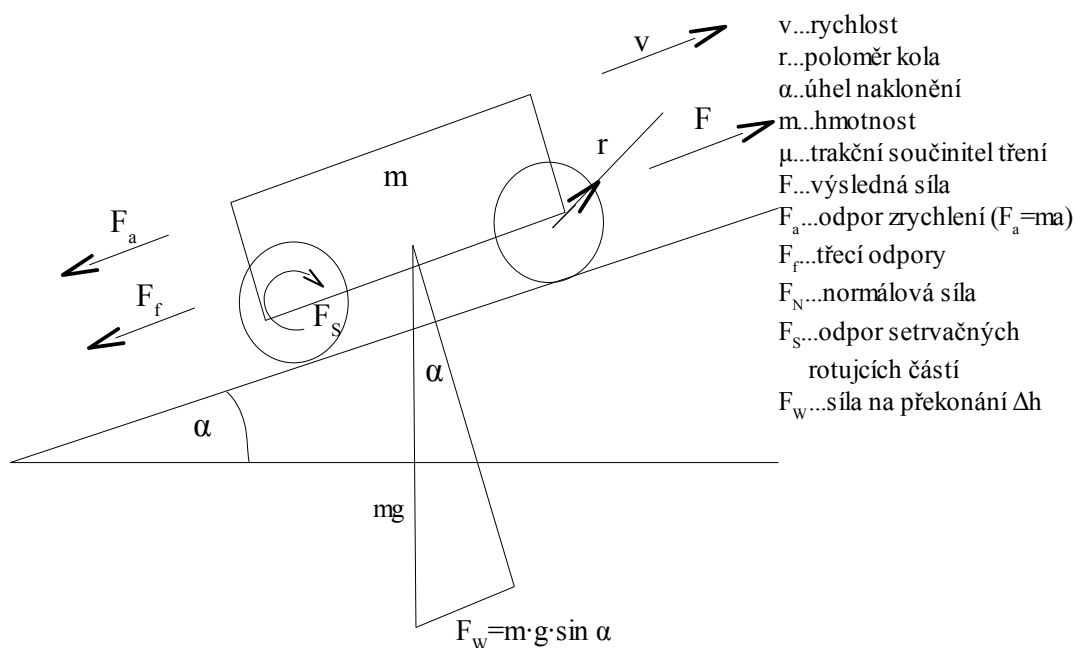
Kartáčové motory jsou levné mají vysoké výstupní otáčky při poměrně malém výstupním točivém momentu. Skládají se ze statoru tvořeného pevnými magnety a rotoru složeného z cívek s minimálním počtem 2. Vyšší počet cívek má za následek nižší otáčky a vyšší točivý moment. Z těchto vlastností vyplývá nutnost použití převodovek pro úpravu otáček a točivého momentu. Jejich hlavní nevýhodou je nutnost pravidelných kontrol z důvodu opotřebovávání kartáčů a vzniku nebezpečného uhlíkového prachu. Tento typ motorů má také poměrně velké elektromagnetické rušení.

Bezkartáčové motory se od kartáčových liší v nutnosti elektroniky umístěné přímo v motoru. Obsahují rotor z permanentních magnetů a stator z cívek, které jsou pomocí tranzistorů buzeny ve správném sledu. Musí obsahovat snímač natočení pro určení aktuální polohy rotoru. Je realizovaný na základě snímání magnetického pole permanentního magnetu rotoru. Elektronika bezkartáčové motory prodražuje. Motory tohoto typu mají možnost vyšších výstupních otáček z důvodu odbourání tření na komutátorech. Jejich elektromagnetické rušení je výrazně nižší. Další výhodou je mnohem delší interval mezi nutnými kontrolami.

Krokové motory jsou nejlevnější řešení, ale znevýhodňuje je velká váha při malém výkonu, neplynulost chodu a složitá elektronika při řízení. Typické vlastnosti jsou nízké výstupní otáčky, velký točivý moment, který se výrazně snižuje s rostoucími otáčkami.

### 2.3.1 Výpočet potřebného výkonu motorů

Pro výpočet potřebného výkonu silové části je potřeba přibližně určit působící síly při předpokládané váze a poloměru kol. Návrh je uveden na Obr. 2.2: Rozložení působících sil. Výpočet proveden na základě vztahů z [1].



Obr. 2.2: Rozložení působících sil

Výsledná síla  $F = F_f + F_w + F_a + F_S$

kde jednotlivé složky jsou:

$$F_f = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$F_w = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_a = m \cdot a$$

$$F_s = \frac{1}{r} J_C \cdot \epsilon$$

Po dosazení:

$$F = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha + m \cdot g \sin \alpha + m \cdot a + \frac{1}{r} J_C \cdot \epsilon$$

Po zavedení nového vyjádření síly potřebné pro překonání setrvačných sil. Tím se vztah stává pouze přibližný (v praxi často není známá  $J_C$  proto se často používá přibližná náhrada).

$$F = m \cdot g \left( \mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha + \frac{a}{g} \cdot \vartheta \right)$$

Vyjádření potřebného výkonu:  $P = F \cdot v = m \cdot g \cdot v \left( \mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha + \frac{a}{g} \cdot \vartheta \right)$

$$M = \frac{P}{\omega}$$

Pro naše řešení se dají předem určit pouze některé parametry a další se musí pouze odhadnout. Váha do 40kg, poloměr kola 0,15m, maximální povolená rychlost při soutěži 4m/s, ale z důvodu náročnosti řídicího algoritmu a algoritmu pro rozpoznávání obrazu se nepředpokládá překročení rychlosti 2m/s, trakční součinitel tření 0.3, sklon dráhy  $10^\circ$ , zrychlení při daném sklonu  $0,1\text{m/s}^2$  a součinitel rotačních odporů  $[\vartheta] 1,5$ .

Dosazení do předešlého vzorce.

$$P = 40 \cdot 9,81 \cdot 2 \left( 0,3 \cdot \cos 10^\circ + \sin 10^\circ + \frac{0,1}{9,81} \cdot 1,5 \right) = 380\text{W}$$

Vypočítaná hodnota potřebného výkonu obou motorů je 380W. Tento údaj je pouze informativní a bylo by potřeba přesněji určit jednotlivé koeficienty. Může ale posloužit jako přibližný nástin potřebného výkonu motorů zadní nápravy. Pro navržený podvozek bych doporučoval 2ks 200 - 250W motorů, aby byla zajištěna dostatečná rezerva. Je možné pořídit i slabší motory pokud se nepředpokládá příliš časté stoupání do kopce. Stejnoseměrné motory mají schopnost dodávat 2x až 3x vyšší chvilkový výkon. Je nutné ovšem dodržet mezi takovým namáháním dostatečnou dobu pro odvedení vzniklého tepla, jinak by mohlo dojít ke zničení motorů pokud



neobsahují žádnou ochranu proti přetížení. Jako nejjednodušší ochranu lze použít obyčejnou pojistku, která zabrání spálení části motoru při zaseknutí motoru.

### 2.3.2 Zdůvodnění výběru typu motoru

Z finančních důvodů byl zvolen kartáčový motor místo bezkartáčového. Nevýhody jako je nutnost častějších kontrol a nutnosti výměny uhlíků nejsou zásadní při předpokladu nízké frekvence používání. Problém vyššího rušení je nutný vyřešit návrhem rozložení elektronické části.

## 2.4 ELEKTROMOTOR SPEED 900BB

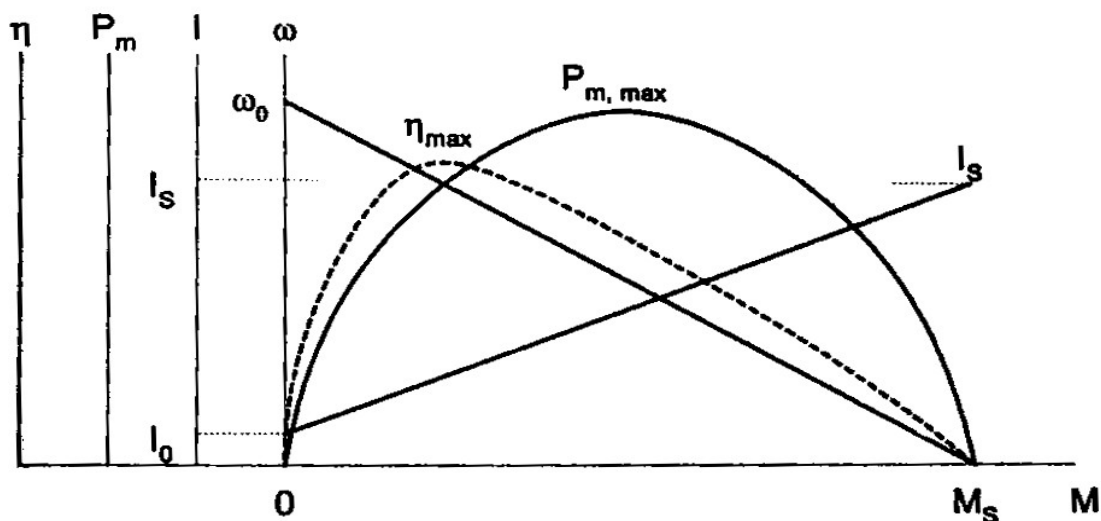
Z těchto důvodů byl vybrán samostatně nejvýkonnější stejnosměrný modelářský motor firmy Graupner typ Speed 900BB, který má velký výkon vzhledem k váze. Jeho základní údaje jsou uvedeny v Tabulka 2.1: Specifikace motoru Speed 900BB. Jedná se přibližně o 100W motor. Z tohoto parametru je patrné, že podvozek bude mít mírně horší dynamiku než byla určena výše.

<b>Otáčky na prázdnou</b>	6500ot/min
<b>Proud na prázdnou</b>	1.1A
<b>Účinnost</b>	71%
<b>Proud při nejvyšší účinnosti</b>	8.0A
<b>Proud do zkratu</b>	54A
<b>Jmenovité napětí</b>	12V
<b>Použitelný pro napětí</b>	6 - 40V

*Tabulka 2.1: Specifikace motoru Speed 900BB*

Z těchto údajů a pomocí Obr. 2.3: Typická charakteristika stejnosměrného motoru, který zobrazuje typickou křivku stejnosměrných motorů, byly přibližně určeny nominální otáčky na 4500ot/min. Poloměr kol 0,15m a maximální plánovaná rychlost 2m/s. Z těchto údajů byl vypočítán potřebný převodový poměr převodové

části. 
$$n = \frac{\text{nominální otáčky} [ot/min]}{60 \cdot \text{obvod kola} [m] \cdot \text{rychlost} [m/s]} = \frac{4500}{60 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0,15 \cdot 2} = 39,8$$



Obr. 2.3: Typická charakteristika stejnosměrného motoru



Obr. 2.5: Zadní pohled na Speed 900BB



Obr. 2.4: Boční pohled na Speed 900BB

## 2.5 DŮVODY POUŽITÍ PŘEVODOVKY A JEJICH VARIANTY

Většina elektrických pohonů trpí jedním závažným problémem, že mají vysoké výstupní otáčky a velice malý točivý moment. Proto je pro většinu aplikací nutné upravit výstupní otáčky motoru a točivého momentu tak, že se sníží výstupní otáčky a zvýší se točivý moment. Jedině krokové motory touto nevýhodou netrpí, ale mají další nevýhody, které omezují jejich použití.

K realizaci převodu slouží mnoho mechanismů, každý má své nevýhody. Kvalita a použitelnost převodových mechanismů se většinou posuzuje podle převodového poměru, maximální velikosti přeneseného výkonu, točivého momentu, maximální přípustné velikostí vstupních/výstupních otáček, účinností převodu a tím generací dalšího ztrátového tepla v převodech, možnostech prokluzu, možností změny smyslu otáčení, životnosti a nutnosti pravidelných kontrol.

Druhy převodů se dělí do pěti nejběžnějších kategorií (pásky/řemeny, plastický-kabelové řetězy, řetězy, převody s ozubenými koly, třecí převody), které obsahují velké množství podkategorií, jež nejsou náplní této práce.

Výsledný převod může být realizován spojením dvou nebo více druhů převodů pro dosažení potřebných vlastností a potřebného převodového poměru.

Budou stručně popsány pouze eventuálně použitelné způsoby převodů, které se hodí pro námi požadovaný výkon a určení.

Skupina planetových převodovek je v mobilní robotice hojně používána. Většinou jsou prodávány usazené přímo s motory. Jejich výhody pro mobilní robotiku jsou zřejmé, mají velkou účinnost převodu, velké převodové poměry až do řádů tisíců. Těchto parametrů dosahují při malé hmotnosti a prostorové nenáročnosti.

Převod šnekovou převodovkou je výhodný pro velké převodové poměry v řádech stovek, tisíců až deseti tisíců. Má nižší účinnost než převodovky planetové nebo harmonické a proto se do mobilních robotů příliš nehodí. Jejich výhoda tkví v jejich nízké ceně při přijatelných parametrech.

Převod klínovým řemenem je jednoduše realizovatelný. Jde o převod s prokluzem a ten je do značné míry minimalizován klínovým tvarem řemene. Je snadno realizovatelný na kolech z drážkou. Materiál převodových kol může být rozličný (tvrdý plast, hliník, železo). Mezi výhody tohoto převodu lze řadit možnost mírné nesouososti v umístění převodových kol, realizace přesného převodového poměru či velice malá váha vzhledem k přenášenému výkonu.

## 2.6 PŘEVODOVKA XC30/1:15

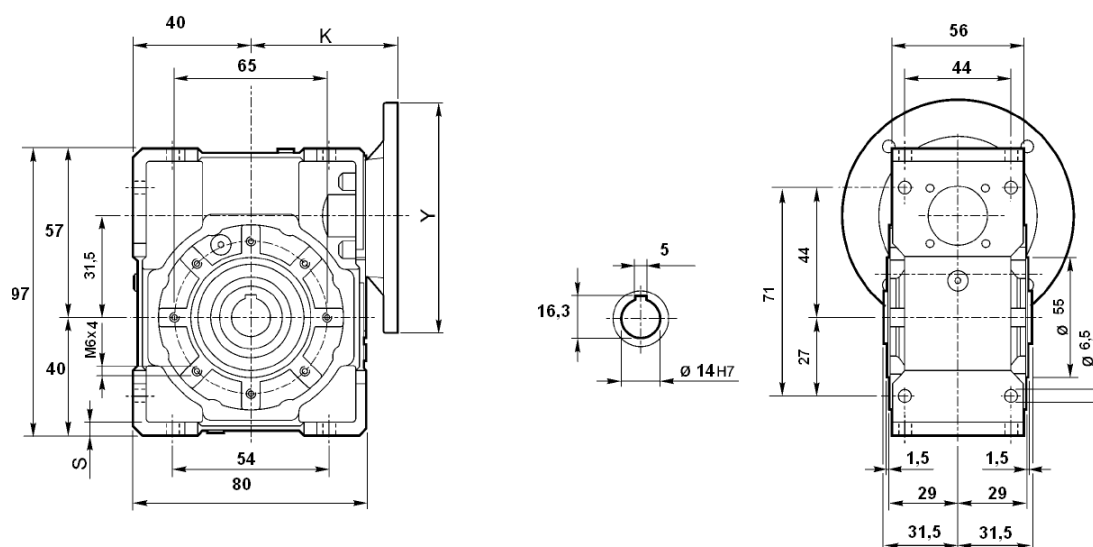
Jedná se o kompaktní šnekovou převodovku firmy Motorgear s.r.o., která je při jednání se zákazníky rychlá a ochotná. Skříň je tlakově odlita z hliníku. Broušená šneková hřídel je vyrobena z cementované a kalené oceli. Šnekové kolo má litinový náboj z bronzovým nálitkem. Dutá výstupní hřídel je ve standardním provedení.

Převodovka je dodávána s životnostní syntetickou olejovou náplní.

Základní parametry jsou uvedeny v následující tabulce a obrázku. Podrobné parametry jsou uvedeny v technické dokumentaci tohoto produktu.

Převodový poměr	<b>1:15</b>	Axiální zatížení vstupní hřídele	<b>20N</b>
Přenesený výkon	<b>370W</b>	Průměr vstupní hřídele	<b>9mm</b>
Přenesený moment	<b>15Nm</b>	Průměr výstupní hřídele	<b>14mm</b>
Radiální zatížení výstupní hřídele	<b>800N</b>	Hmotnost	<b>1,4kg</b>
Axiální zatížení výstupní hřídele	<b>160N</b>	Množství maziva	<b>0,03l</b>
Radiální zatížení vstupní hřídele	<b>100N</b>		

Tabulka 2.2: Základní technické parametry XC 30



Obr. 2.6: Rozměry XC30



Obr. 2.8: ISO pohled na XC30



Obr. 2.7: Boční pohled na XC30

## 2.7 REALIZACE KONEČNÉHO PŘEVODU KOL

Z důvodu vysokých otáček motoru a omezení maximálních otáček vstupní hřídele šnekové převodovky, byl přidán mezi stupeň realizovaný klínovým řemenem s převodem 1:2,5, který byl realizován na kolech o průměru 30 mm a 75 mm.



Obr. 2.9: Boční pohled na konečný převod



Obr. 2.10: Pohled na konečný převod

Tímto spojením byl získán konečný převod 1:37,5, který je postačující pro naše použití. Použitím klínového řemenu bylo zjednodušeno spojení mezi šnekovou převodovkou a stejnosměrným motorem. Byla tím ušetřena bezztrátová spojka, jejíž



cena není zrovna malá. Tento způsob není příliš náročný na souosost a má velké rozmezí v možnosti správného napnutí. Na obrázcích je vyfocena mechanická realizace ještě před dokončením bočních částí podvozku a neobsahuje optický enkodér pro snímání otáček.

Přípevnění převodovky je zprostředkováno pomocí čtyř šroubů M5, které jsou zašroubovány do samojistící matky. Výstupní dutá hřídel převodovky je přímo spojena s hřídelí zadních hnaných kol. Pro snížení tlaku na ložisko převodovky byly udělány domečky, které se starají o odlehčení tlaku na převodovku. Domečky mají pouze třecí měděné ložisko z důvodu jejich malé velikosti, která zvyšuje světlou výšku podvozku, aby mohl lépe zdolávat překážky ve své dráze.

## 2.8 KOLA

Jako vhodná a cenově dostupná kola byly vybrány obyčejné kola používané ve stavebnictví. Kola byla koupena v internetovém obchodě [www.batacz.cz](http://www.batacz.cz).

Základní technické parametry kol:

- Průměr kola: 300mm
- Šířka kola: 90mm
- Průměr náboje: 20mm
- Šířka náboje: 47/75mm
- Uložení: válečkové ložisko
- Zatížení kol: 150kg
- Maximální rychlost: 12 km/h
- Hmotnost: 2 kg
- Poznámka: bez dušová kola



Obr. 2.11: Pohled na náboj kola



Obr. 2.12: Pohled na plášť kola

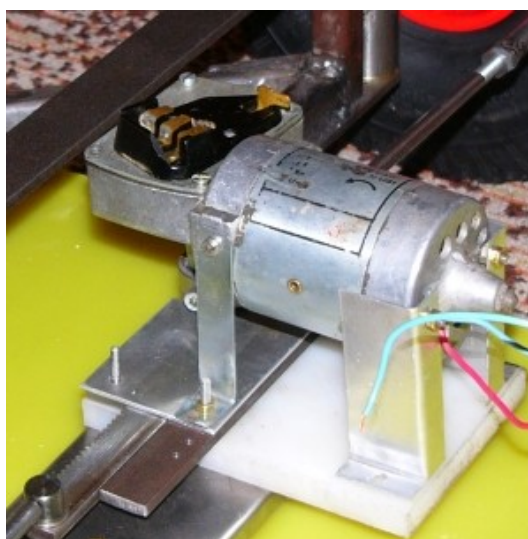
## 2.9 ZPŮSOB NATÁČENÍ PŘEDNÍCH KOL

Natáčení předních kol je řešeno elektromotorem z auta, který obsahuje integrovanou šnekovou převodovku. Je pouze plastová ale dostatečně dimenzována pro výkon potřebný k otočení kol. Pro tento účel vyhovuje nejlépe z důvodu své samosvĚrnosti, která zajistí trvalé natočení kol bez nutnosti stálého napájení motoru. Na výstup šnekové převodovky je přiděláno ozubené kolo, které přes ozubený hřeben přímo natáčí čepy řízení, na něž jsou přidělána kola přes originální válečkové ložiska v plastovém uložení. Ta sice nejsou v našem případě ideální, ale jejich nahrazení by vlastnosti kola příliš nezlepšilo.

Táhla mezi ozubeným hřebenem a čepem řízení jsou konstruovány tak, aby bylo možné nastavovat sbíhavost/rozbíhavost kol. Tato konstrukce se skládá z tyče s venkovním závitem na jedné straně a duté hřídele s vnitřním závitem na straně druhé. Zajištění je realizováno matkou. Pohyblivé části nejsou opatřeny kuličkovými ložisky ale pouze kluznými, které jsou dostačující. Podrobnou představu si lze udělat po shlédnutí detailů říditelné nápravy, které jsou vidět na Obr. 2.13: Motor přední nápravy s ozubeným hřebenem a Obr. 2.14: Detail čepu řízení.



Obr. 2.14: Detail čepu řízení



Obr. 2.13: Motor přední nápravy s ozubeným hřebenem

## 2.10 ZPŮSOB UCHYCENÍ AKUMULÁTORŮ

Při řešení tohoto problému jsme si stanovili základní podmínky:

- Snadnou a rychlou dostupnost akumulátoru
- Bezpečné uchycení, aby při jízdě nedošlo k jejich uvolnění

Konečné řešení spočívá ve vymezení polohy ze tří stran. Vymezení je realizováno plochou 40x80 mm na každé straně. Poslední strana je zabezpečena suchým zipem s dostatečnou překrývací délkou, aby udržel akumulátor při rychlém zastavení.



Obr. 2.15: Uchycení akumulátoru



Obr. 2.16: Uchycení s akumulátorem

## 2.11 CELKOVÝ VZHLED



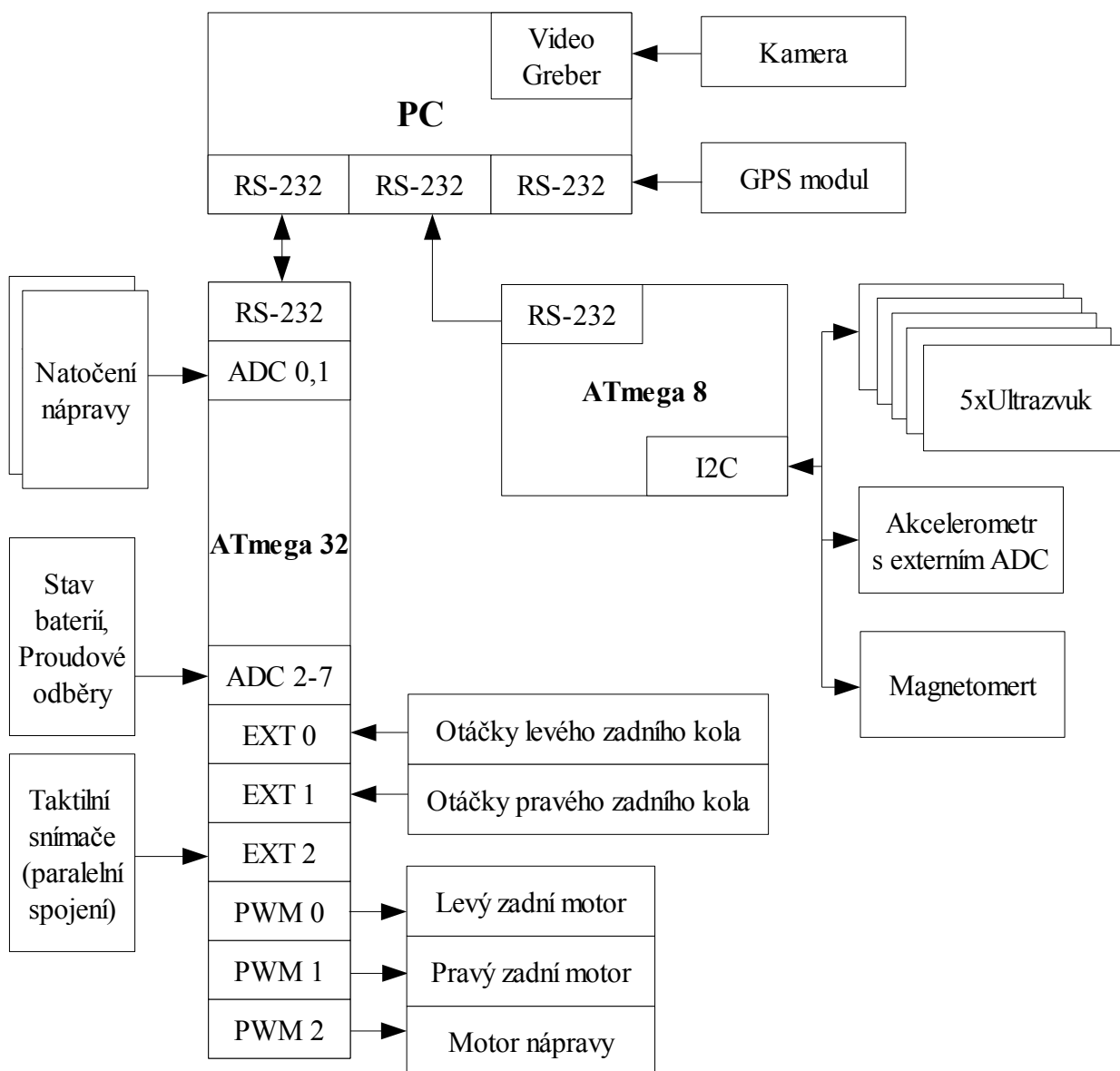
Obr. 2.17: Konečný vzhled při ladění



### 3. ELEKTRONICKÁ ČÁST

#### 3.1 KONCEPCE ELEKTRONICKÉ ČÁSTI

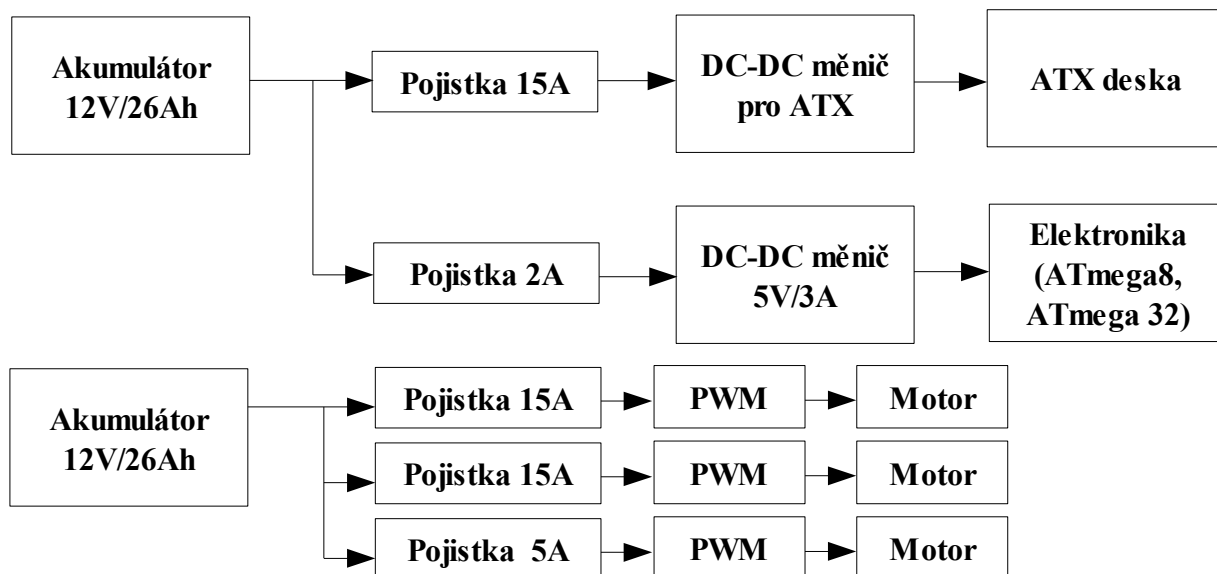
Základní datové propojení všech částí je uvedeno na Obr. 3.1: Základní propojení datové části robota, kde je šipkami naznačen směr komunikace s jednotlivými částmi. V této práci bude blíže rozvedena pouze část propojení PC s mikrokontrolérem ATmega 32 a všechny části navazující na tento mikrokontrolér. Ostatní části jsou obsaženy v jiných pracích členů týmu TIM2. Dále obsahem této práce bude rozvod napětí a jeho úpravy pro další použití. Propojení této části



Obr. 3.1: Základní propojení datové části robota

je naznačeno na Obr. 3.2: Uspořádání rozvodu napájení. V následujícím textu jsou podrobněji popsány jednotlivé části.

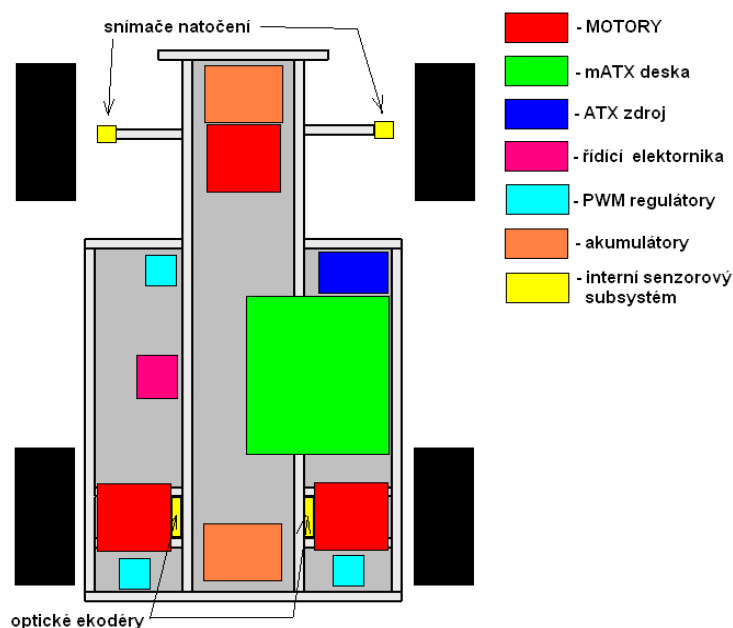
V pravé zadní části je umístěno STOP tlačítko, které vyřadí výkonové motory, aby nedošlo k případným škodám na robotu nebo okolí při případné poruše řídicího počítače.



Obr. 3.2: Uspořádání rozvodu napájení

### 3.2 ROZMÍSTĚNÍ ELEKTRONIKY V ROBOTU

U rozmístění elektroniky bylo největší snahou umístit části, které jsou nejvíce náchylné na elektromagnetické rušení (EMI), do prostoru nejvíce vzdáleného



Obr. 3.3: Rozmístění elektroniky, akumulátorů a motorů robota

od zadních hnacích motorů a také od motoru ovládajícího přední nápravu robota. Výsledné rozmístění veškeré použité elektroniky je uvedeno Obr. 3.3: Rozmístění elektroniky, akumulátorů a motorů robota. Náčrtek neobsahuje rozmístění elektroniky a senzorů pro orientaci robota v externím prostředí.

### 3.3 DC-DC MĚNIČ PRO ATX DESKU

Tento měnič byl koupen z důvodu velkého množství potřebných výstupních napětí a také z důvodu srovnatelných nákladů při jeho výrobě s cenou pořízeného výrobku. Se zakoupením výrobku byl získán i certifikát o schodě s evropskými normami. Výrobek je z dílen firmy Mini-box.com[tm] a přesné označení je picoPSU-120-WI-25. Jeho parametry jsou vstupní napětí 12-25V a kombinovaná účinnost 94%. Obsahuje ochranu proti přetížení a jeho váha je 70g včetně kabelů.



Obr. 3.4: Celkový pohled na picoPSU-120-WI-25

Zatížitelnost jednotlivých větví je uvedena v Tabulka 3.1: Zatížení jednotlivých větví picoPSU-120-WI-25. Při maximálním zatížení je vyžadováno nucené ochlazování ventilátorem, které v našem případě není nutné.

Větev	$I_{MAX}$ [A]	$I_{PEAK}$ [A]	Odchylka [%]
5V	6,0	8,0	$\pm 1,5$
5VSB	1,5	2,0	$\pm 1,5$
3,3V	6,0	8,0	$\pm 1,5$
-12V	0,1	0,1	$\pm 5,0$
12V	6,0	8,0	$\pm 3,0$

Vysvětlivky:

$I_{MAX}$ ... trvalé zatížení

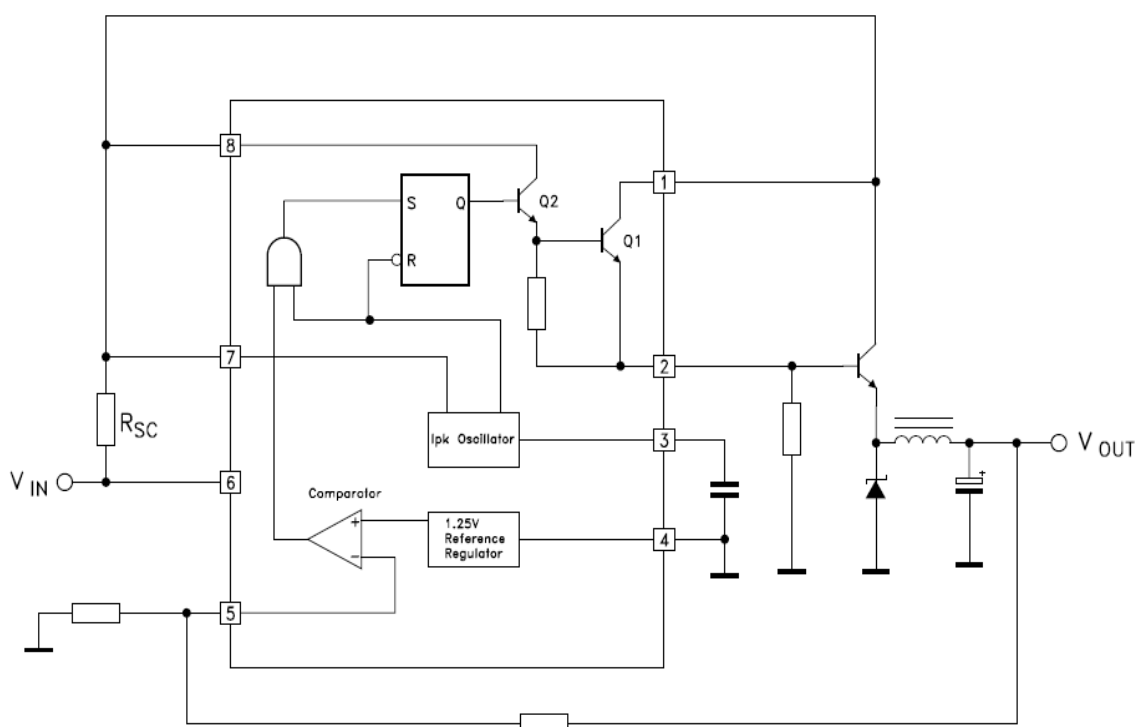
$I_{PEAK}$ ... zatížení po dobu  
maximálně 60s

Tabulka 3.1: Zatížení jednotlivých větví picoPSU-120-WI-25

### 3.4 DC-DC MĚNIČ S OBVODEM MC34063A/E

Integrovaný obvod MC3403 je monolitický obvod určený pro řízení DC-DC měničů. Obsahuje vnitřní teplotně kompenzovanou referenci napětí, komparátor, oscilátor a ochranu proti přetížení výstupu. Jeho výstupní napětí je nastavováno pomocí dvojice rezistorů s přesností do 2%. Potřebuje minimum externích součástí a je vhodný pro zapojení Step-Down, Step-Up a inverzi napětí.

Základní zapojení s funkcí Step-Down měničem je zobrazeno na Obr. 3.5: Zapojení MC34063 jako Step-Down měniče. Dále je uvedena Tabulka 3.2: Výpočet parametrů při návrhu DC-DC měniče, která slouží pro výpočet potřebných parametrů použitých součástek pro zapojení podle datasheetu. Tato tabulka je přebrána z datasheetu k obvodu MC34063.



Obr. 3.5: Zapojení MC34063 jako Step-Down měniče

Parametr	Step-Up (Discontinuous mode)	Step-Down (Continuous mode)	Voltage Inverting (Discontinuous mode)
$t_{on}/t_{off}$	$\frac{V_{out} + V_F - V_{in(min)}}{V_{in(min)} - V_{sat}}$	$\frac{V_{out} + V_F}{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}}$	$\frac{ V_{out}  + V_F}{V_{in} - V_{sat}}$
$(t_{on} + t_{off})_{max}$	$1/f_{min}$	$1/f_{min}$	$1/f_{min}$
$C_T$	$4.5 \times 10^{-5} t_{on}$	$4.5 \times 10^{-5} t_{on}$	$4.5 \times 10^{-5} t_{on}$
$I_{PK(switch)}$	$2I_{out(max)}[(t_{on}/t_{off}) + 1]$	$2I_{out(max)}$	$2I_{out(max)}[(t_{on}/t_{off}) + 1]$
$R_{sc}$	$0.3/I_{PK(switch)}$	$0.3/I_{PK(switch)}$	$0.3/I_{PK(switch)}$
$C_o$	$\cong \frac{I_{out} t_{on}}{V_{ripple(p-p)}}$	$\frac{I_{PK(switch)} (t_{on} + t_{off})}{8V_{ripple(p-p)}}$	$\cong \frac{I_{out} t_{on}}{V_{ripple(p-p)}}$
$L(min)$	$\frac{V_{in(min)} - V_{sat}}{I_{PK(switch)}} t_{on(max)}$	$\frac{V_{in(min)} - V_{sat} - V_{out}}{I_{PK(switch)}} t_{on(max)}$	$\frac{V_{in(min)} - V_{sat}}{I_{PK(switch)}} t_{on(max)}$

*Tabulka 3.2: Výpočet parametrů při návrhu DC-DC měniče*

Vysvětlivky:

$t_{on}$ ...doba sepnutí výstupu

$t_{off}$ ...doba vypnutí výstupu

$f_{min}$ ...minimální frekvence spínání měniče

$C_T$ ...externě připojená kapacita pro nastavení operační frekvence

$I_{PK(switch)}$ ...proud, který prochází výkonovým prvkem při spínání

$R_{sc}$ ...výkonový odpor, který omezuje spínací proudového

$C_o$ ...vyhlazovací kondenzátor

$L$ ...tlumivka

$V_{out}$ ...výstupní napětí

$V_{in(min)}$ ...minimální vstupní napětí

$V_{sat}$ ...saturační napětí výkonového spínacího prvku

$V_{ripple}$ ...rozkmit výstupního napětí

$V_F$ ...Pokles napětí za odporem  $R_{sc}$

### 3.4.1 Realizovaný Step-Down měnič 5V/3A

Zapojení je shodné jako u Obr. 3.5: Zapojení MC34063 jako Step-Down měniče s externím výkonovým spínacím prvkem. Parametry součástek byly vypočteny dle vzorců k obvodu, který je použit jako řídicí obvod. Vzorce jsou uvedeny v předešlé kapitole jako Tabulka 3.2: Výpočet parametrů při návrhu DC-DC měniče, tato tabulka obsahuje vzorce pro všechny možné varianty zapojení použitého integrovaného obvodu.

$$U_{IN}=12V, U_{OUT}=5V, I_{OUT}=3A, V_{SAT}=1,5V (BD 243), V_{RIPPLE} < 0,1V, f=50kHz, V_F=3V$$

$$I_{PK(SWITCH)}=2 \cdot I_{OUT(MAX)}=2 \cdot 3=6A (BD243...6A \text{ stále a } 10A \text{ pulzně})$$

$$R_{SC}=\frac{0,3}{I_{PK(SWITCH)}}=\frac{0,3}{3}=\underline{0,05\Omega}$$

$$(t_{on}+t_{off})_{max}=\frac{1}{f_{min}}=\frac{1}{50} \cdot 10^3=\underline{2 \cdot 10^{-5}s}$$

$$\frac{t_{on}}{t_{off}}=\frac{V_{OUT}+V_F}{V_{IN(MIN)}-V_{SAT}-V_{OUT}}=\frac{5+3}{10-1,5-5}=\underline{2,29}$$

dostali jsme 2 rovnice o 2 neznámých ( $t_{on}$  a  $t_{off}$ ) a vyjádřili  $t_{on}=\underline{1,39 \cdot 10^{-5}s}$

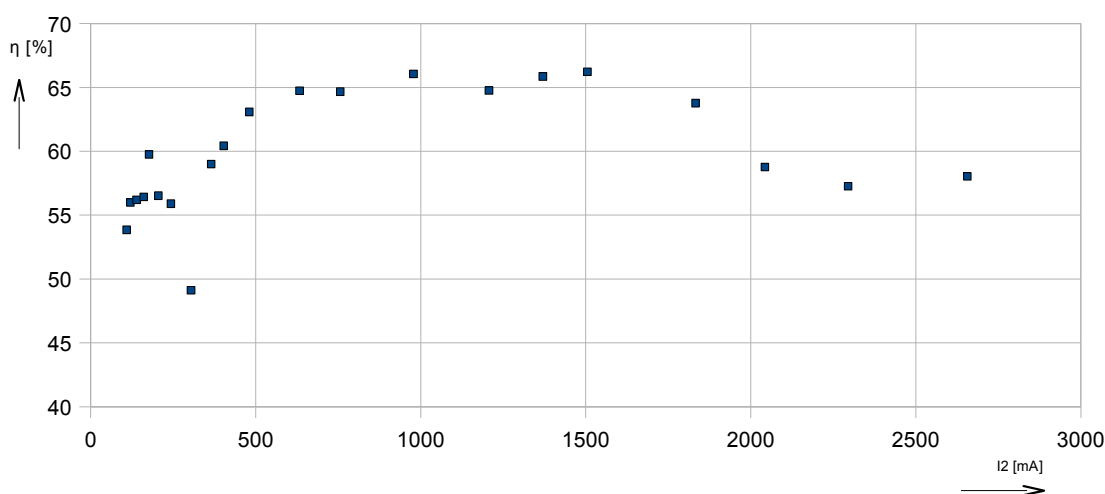
$$C_T=4,5 \cdot 10^{-5} \cdot t_{on}=4,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1,39 \cdot 10^{-5}=6,23 \cdot 10^{-10} F=\underline{623nF}$$

$$C_0=\frac{I_{PK(SWITCH)}(t_{on}+t_{off})}{8 \cdot V_{RIPPLE}}=\frac{6 \cdot 2 \cdot 10^{-5}}{8 \cdot 0,1}=1,5 \cdot 10^{-4} F=\underline{0,15mF}$$

$$L_{(min)}=\frac{V_{IN(MIN)}-V_{SAT}-V_{OUT}}{I_{PK(SWITCH)}}=\frac{10-1,5-5}{6}=1,39 \cdot 10^{-5}H=\underline{8,1\mu H}$$

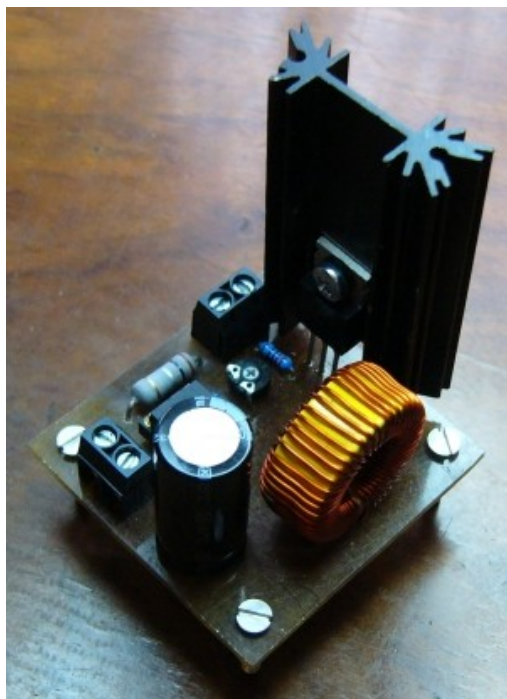
Pro zlepšení výstupních parametrů byly zvýšeny vypočtené hodnoty tlumivky a vyhlazovacího kondenzátoru. Spínací frekvence byla zvolena na 50kHz, aby se snížily potřebné minimální hodnoty tlumivky a vyhlazovacího kondenzátoru a zároveň, aby bylo zapojení neslyšitelné pro lidský sluch.

V další části jsou uvedeny grafy nejdůležitějších závislostí, které byly změřeny na zkonstruovaném výrobku. Kompletní naměřené data a výpočty jsou uvedena v příloze pod označením 6.1, v níž jsou uvedeny také použité přístroje.



Graf 3.1: Závislost účinnosti na výstupním proudu měniče 5V

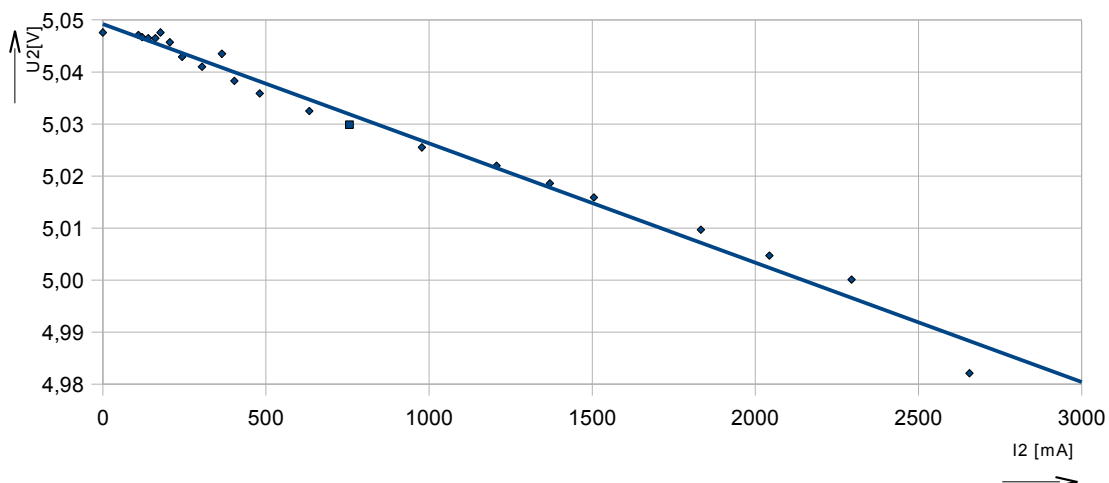
V Graf 3.1: Závislost účinnosti na výstupním proudu měniče 5V je patrná malá účinnost při výstupním proudu do 500mA. Tato hodnota může být způsobena



Obr. 3.6: DC-DC měnič 5V

nedostatečným rozlišením použitého měřicího přístroje, který má malou přesnost a malý počet platných zobrazovaných míst. V oblasti 500 – 2 000mA je dosažená účinnost kolem 65%. Při použití klasického IO 7805 by se při vstupním napětí 12V účinnost pohybovala pod hodnotou 41%. Toto zvýšení účinnosti způsobí větší výdrž akumulátorů a sníží produkované odpadní teplo vzniklé na výkonovém tranzistoru. Další nespornou výhodou je velký maximální výstupní proud, který činí 3A. Pro tak vysoké hodnoty proudu

se integrované obvody řady 78xx v pouzdře TO-220 nevyrábí. Jejich strop je 2A.



Graf 3.2: Závislost výstupního napětí na výstupním proudu měniče 5V

Z Graf 3.2: Závislost výstupního napětí na výstupním proudu měniče 5V je patrné, že výstupní napětí přibližně lineárně klesá s výstupním proudem. Tento

pokles je však nepatrný. Bez problému splňuje hodnoty tolerance pro TTL logiku. Konkrétně se jedná o pokles 70mV při odběru 3 000mA.

### **3.5 ZPŮSOB ŘEŠENÍ ZÁKLADNÍ ÚROVNĚ OVLÁDÁNÍ**

#### **3.5.1 Základní charakteristika použitého mikrokontroléru**

Pro řízení výkonových částí byl vybrán nejvýkonnější mikrokontrolér firmy Atmel z řady ATmega, který má pouzdro DIL, a proto se dá jednoduše při použití patice vyměnit nebo přeprogramovat. Jde o verzi ATmega 32, která používá pouzdro DIL 40. Jedná se o výkonný 8 - bitový mikroprocesor založený na RISC architektuře, který obsahuje dva 8 - bitové čítače/časovače a jeden 16 - bitový čítač/časovač. Čtyři výstupy z čítačů/časovačů mohou být použity jako zdroje PWM signálu.

Dále obsahuje osmi kanálový A/D převodník, který je multiplexovaný. O vlastní převod se stará jediný převodník založený na principu postupné aproximace, který může mít jako napěťovou referenci použit vnitřní zdroj o napětí 2.56V, napájecí napětí nebo napětí z externího zdroje, které se nesmí lišit více než  $\pm 0,5V$  od napájecího napětí mikrokontroléru. Výstup z převodníku je až 10-ti bitový. Při převodu není vlastní procesor nijak vytížen, pouze po dokončení převodu je nastaven příslušný bit ve stavovém registru nebo může dojít k přerušení od A/D převodníku. Pro snížení šumu vzniklého z důvodu probíhajících operací v aritmetické části jsou v mikrokontroléru implementovány podpůrné funkce.

Pro komunikaci s okolím může být použito programovatelné sériové rozhraní USART, master/slave SPI nebo bytově orientované dvouvodičové rozhraní (I2C).

#### **3.5.2 Popis realizované desky**

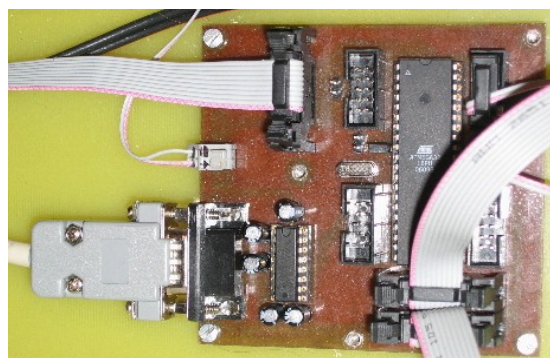
Navržená deska s tímto mikrokontrolérem obsahuje krystal o frekvenci 8MHz s blokovacími kapacitami 22pF. Dále obsahuje obvod MAX 232, který se stará o převod napěťové úrovně jdoucí z počítače na úroveň TTL logiky. Propojení z PC je provedeno pomocí TxD, RxD a GND ostatní signály nejsou použity. Proto je nutné použít protokol se softwarovým potvrzením nebo bez potvrzení.

Na desce jsou vyvedeny všechny porty, které obsahuje ATmega 32. To z takto navržené desky činí částečně univerzální řešení, které se hodí pro případné



dodatečné rozšíření. Vyvedené univerzální porty jsou 4x8bit, které jsou vyvedeny do čtyřech 10-ti pinových konektorů bez zámku z důvodu ušetření místa na desce. Na nevyužitá dva piny je připojeno +5V a GND, které lze použít pro napájení připojené desky. Dále obsahuje tři 10-ti pinové konektory se zámkem, které slouží pro připojení použitých výkonových PWM měničů pro zadní motory a motor nápravy.

Deska je vhodná pro přímé programování mikrokontroléru v desce za použití speciálního konektoru. Při odlaďování programu mikroprocesoru jde o velice užitečnou vlastnost. Dále deska obsahuje vývody pro přidělení externího reset tlačítka pro restartování mikrokontroléru. To je umístěno do



Obr. 3.7: Deska s ATmegou 32

panelu přístupného z vnější části robota.

### 3.5.3 Komunikační protokol a jeho implementace

Komunikační protokol je použit pro komunikaci mezi mikrokontrolérem a počítačem implementovaným přímo v robotovi. Byl navržen s ohledem na možnosti mikrokontroléru a s ohledem na přenášené informace. Navržený protokol je bytově orientovaný a má pevnou délku zprávy s přesně definovaným významem každého přenášeného bytu. Byty jsou přenášeny se standardním kódováním ASCII. Tvar zprávy je uveden Obr. 3.8: Tvar zprávy komunikačního protokolu. Jako první znak je možný každý znak kromě znaků použitých v dalších znacích (nepoužitelné znaky: +, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Proto je možné teoreticky vytvořit přes 100 významově odlišných zpráv v rozmezí -999 až 999 s krokem 1. Příklad zprávy R+123. Popřípadě je možné softwarově spojovat zprávy

1. znak	2. znak	3. znak	4. znak	5. znak
Identifikace zprávy	+/-	0,1,2,3,4, 5,6,7,8,9	0,1,2,3,4, 5,6,7,8,9	0,1,2,3,4, 5,6,7,8,9

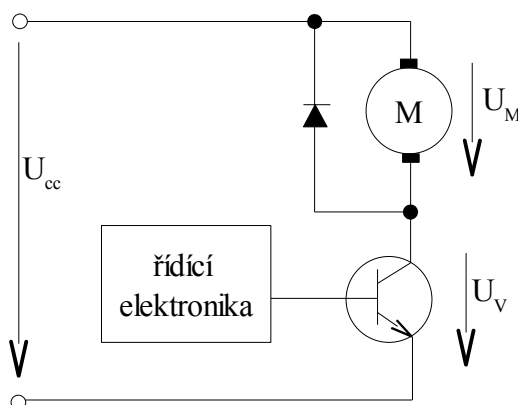
Obr. 3.8: Tvar zprávy komunikačního protokolu

pro rozšíření číselného rozsahu. Při komunikaci je použito takzvaného burst módu,

který spočívá v nepřetržitém posílání smyčky všech potřebných informací. Při přerušení komunikace je vyhodnocena doba mezi dvěma následujícími zprávami a při překročení doby jsou nastaveny rychlosti všech motorů na nulu. Tím je zajištěno bezpečné zastavené při selhání (zamrznutí) řídicího počítače postaveného na micro - ATX desce s úsporným desktopovým procesorem AMD se dvěma jádry.

### 3.6 OVLÁDÁNÍ STEJNOSMĚRNÝCH MOTORŮ

Pro stejnosměrné motory existuje spousta možných variant řízení. Nejhrubší varianta jejich dělení je jednosměrné a obousměrné řízení. U obou variant lze použít variantu se skokovou nebo plynulou změnou napětí na motoru. U skokové změny napětí se nejčastěji používá PWM modulace. Při této metodě, oproti plynulé změně napětí, jsou menší ztráty na výkonovém spínacím prvku. Motor má větší točivý moment při stejných otáčkách a je schopný se roztočit při nižší efektivní hodnotě napětí. Nevýhodou je skoková změna napětí na cínce motoru, která způsobuje vznik záporného napětí, jež snižuje otáčky a namáhá více výkonový prvek než je nutné.

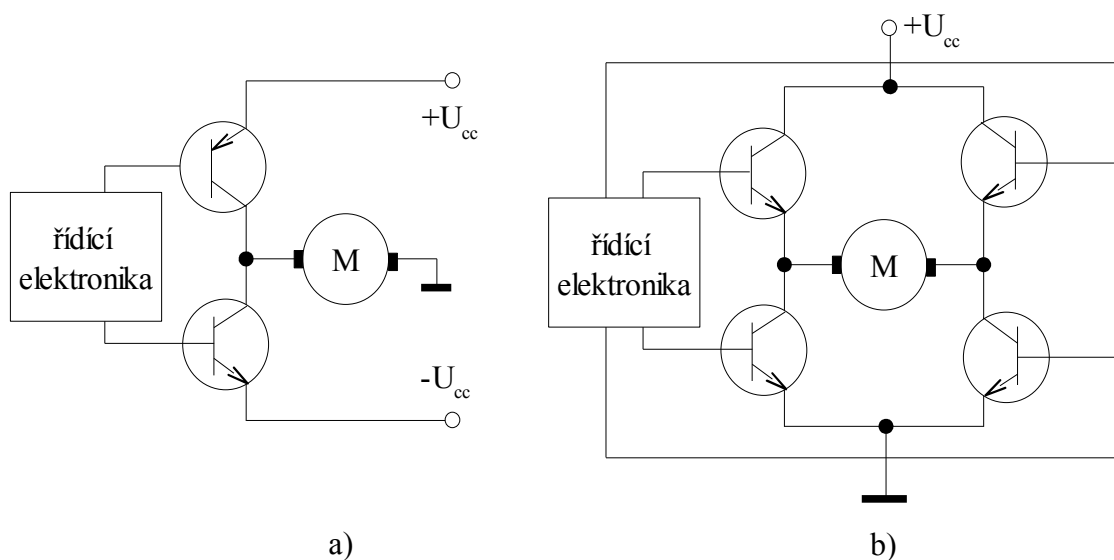


Obr. 3.9: Jednosměrné stejnosměrného řízení motoru

U jednosměrného řízení motoru existuje jediná metoda, v níž je obsaženo několik modifikací, které zlepšují kvalitu řízení. Jako základní modifikace je zapojení diody v záporném směru napětí paralelně k motoru, která potlačuje případnou indukci záporného napětí. Tato modifikace je uvedena na Obr. 3.9: Jednosměrné stejnosměrného řízení motoru. U obousměrného řízení existuje více přístupů. Hlavní dva přístupy jsou vyobrazeny v Obr. 3.10: Varianty obousměrného

řízení motoru. U varianty a) je připojena jedna část motoru na zem a druhá pomocí dvou tranzistorů. Ty jsou připojeny na opačné polarity napájení a tím je možné měnit směr a výkon motorů. Nesmí však dojít k současnému otevření obou tranzistorů jinak by následovala jejich destrukce nebo neúměrné zatěžování zdroje a velké tepelné ztráty na vlastních tranzistorech.

Další hojně používaná je varianta b) tzv. H-mostu, který má výhodu v použití pouze jedné polarity napájení pro oba směry otáčení. Zapojení obsahuje čtyři tranzistory a není zde jednoduché eliminovat překmit napětí generovaného cívkou motoru při skokové změně napájecího napětí. Tato varianta se vyrábí jako samostatný integrovaný obvod (např. L6203), který je schopný obsluhovat menší stejnosměrné motory. Výrazně ulehčuje návrh vlastní desky pro řízení motorů.



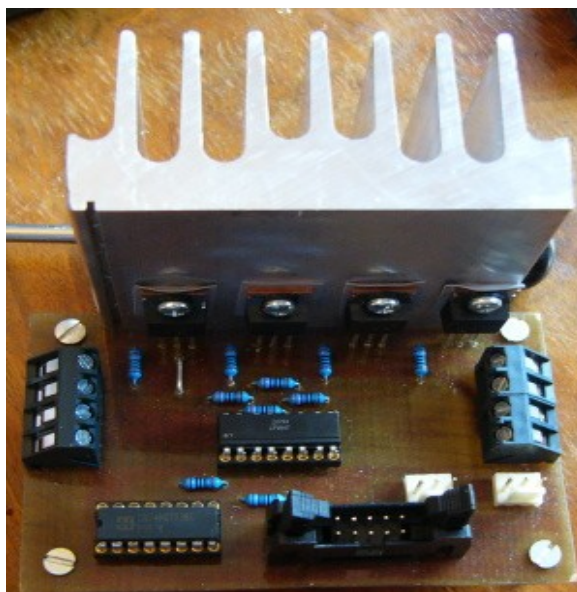
Obr. 3.10: Varianty obousměrného řízení motoru

### 3.7 VÝKONOVÉ ŘÍZENÍ MOTORŮ

Pro řízení motorů byl zkonstruován jednoduchý H-most, který se skládá ze 4 výkonových unipolárních tranzistorů s malým odporem v propustném stavu. Jejich maximální kontinuální proud přesahuje 50A a pulzní 200A. Maximální dovolená výkonová ztráta na každém tranzistoru může být až 200W. Ovládání je odděleno od výkonové části pomocí čtyřnásobného optočlenu, který zajišťuje dokonalé galvanické oddělení, ale omezuje maximální frekvenci pro spínání tranzistorů. Pro dekódování signálu přicházejícího ve tvaru šířkově modulovaného signálu, jež udává

požadovaný výkon motoru, a binárního signálu udávajícího požadovaný směr otáčení motoru je použit demultiplexor. Ten podle adresy, která je spojena se signálem pro směr, přepojuje PWM signál na požadovaný výstup. Na výstup je připojen optočlen a následně potřebná dvojice tranzistorů.

Toto řešení bylo vybráno z důvodu finanční nenáročnosti. Bylo by možné použít integrované obvody přímo určené pro problematiku řízení motorů. Tyto obvody mají další funkce, které v našem řešení nejsou realizovány. Například se jedná o potlačení indukovaného napětí na cívkách motoru projevujícího se při otáčení motoru. Tento jev se dá potlačit sepnutím dvojice tranzistorů připojených na stejný potenciál.



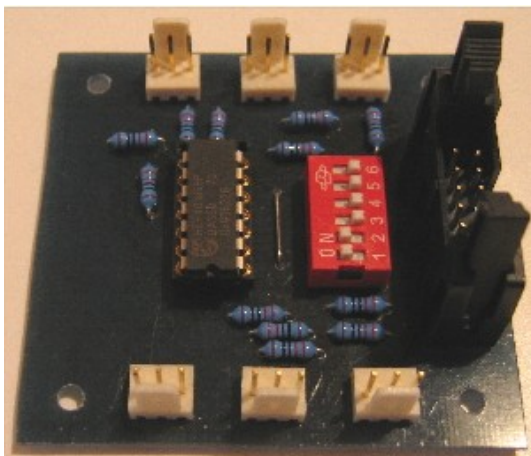
Obr. 3.11: Realizovaný H-most

### 3.8 SNÍMÁNÍ OTÁČEK KOL – OPTICKÝ ENKODÉR

Pro snímání rychlosti otáčení kol byl zvolen nejjednodušší možný způsob a tím je snímání pomocí jediného snímacího prvku. Tímto řešením je zabezpečeno pouze zjištění aktuální rychlosti a není možné určit směr otáčení kol. Pro tuto informaci by muselo být použito dalšího snímače, který by byl posunut o čtvrtinu mezery mezi jednotlivými otvory snímacího kolečka. Kompletní snímač, který je možno koupit, je pro náš rozpočet příliš drahý. Jeho cena se pohybuje kolem dvou tisíc za kus a naše řešení vyžaduje dva kusy. Snímač by byl mnohonásobně přesnější, robustnější a také by obsahoval výstup s informací o směru otáčení.

Navržené schéma je velice jednoduché. Obsahuje pouze jeden obvod 40106 (Schmidtův klopný obvod). Integrovaný obvod upravuje signál z tranzistoru, který je plný zákmitů a rušení způsobených přenosem signálu optickou cestou, aby byl vhodný pro zpracování mikrokontrolérem. Upravený signál je pak počítán v mikrokontroléru

pomocí externího přerušení. V přesně definované časové intervaly (vytvořeno pomocí časovače) je načítaný počet vydělen a následně jsou zjištěny aktuální otáčky, které jsou nutné pro realizaci elektronického diferenciálu. Poté může být zjištěná informace přepočtena na rychlost.



Obr. 3.12: Deska optického enkodéru



Obr. 3.13: Kolečko optického enkodéru

Snímání je realizováno na výstupní hřídeli šnekové převodovky, která je přímo spojena se zadními koly. Jako další varianta bylo přímé měření otáček motoru, ale námi použité motory nemají vyvedenou zadní výstupní hřídel, na kterou by bylo možné snímač připevnit. Námi realizované řešení je horší pro regulaci motorů, ale obsahuje přesnou informaci o otáčení kol a dokáže zjistit, zda nedošlo k přerušení mezi motorem a koly.

### 3.9 SNÍMAČE NATOČENÍ PŘEDNÍ NÁPRAVY

Jako snímače natočení byly použity potenciometry, které se jeví jako nejjednodušší a při tom dostatečně přesné řešení. Pro jistotu byly umístěny potenciometry na oba čepy přední říditelné nápravy robota. Bylo zvoleno toto řešení z důvodu vyšší spolehlivosti. Přidělení potenciometrů přímo na čep je výhodné hlavně z hlediska měření primární informace o natočení. Nevzniká chyba způsobená nepřesností při převodu na měřenou sekundární informaci.

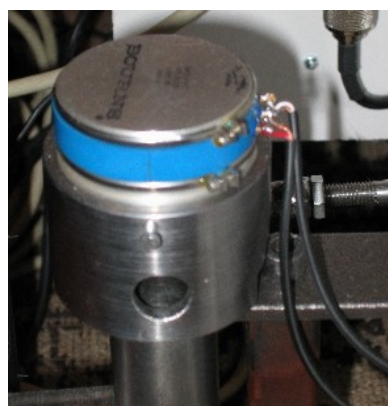
Změna odporu potenciometru je převedena na změnu napětí, které je měřeno pomocí integrovaného převodníku v mikrokontroléru ATmega 32. Vedení napájecího napětí i výstupního napětí z potenciometru je realizováno pomocí stíněného kabelu pro potlačení případného rušivého napětí, které může například



vzniknout při provozu motorů nebo při vysílání Wi-fi signálu pro operátorskou stanici robota. Je využito pouze 8-mi bitového převodu, 10-ti bitový režim není použit z důvodu vyššího šumu převodníku, který by se musel nejprve filtrovat a zanášel by do regulační smyčky přílišnou poruchovou veličinu.



Obr. 3.14: Umístění snímače natočení



Obr. 3.15: Detail snímače natočení

Přímo na robotovy byly změřeny hodnoty, které jsou uvedeny v Tabulka 3.3: Změřené hodnoty na potenciometru řízení. Toto měření bylo realizováno z důvodu zjištění parametrů použitého řešení. Postup při tomto testu byl následující. Bylo provedeno maximální zatočení do pravé strany, zaznamenána hodnota převodníku, přesun do středové polohy, zaznamenání hodnoty převodníku, přesun do krajní levé strany, zaznamenání hodnoty převodníku, přesun do středové polohy, zaznamenání hodnoty převodníku, následně se tento postup několikrát opakoval.

Cílem měření bylo zjištění případné hystereze snímače. Postup byl volen tak, aby se ke středové poloze snímač přibližoval z obou stran, a tak bylo možné změřit maximální hysterezi snímače. Při měření nebyla změřena žádná hystereze, proto lze usuzovat, že případná hystereze je menší než nejmenší měřitelná změna napětí na snímači, což je přibližně hodnota 19,6mV při napájecím napětí převodníku 5V. V tabulce je patrné, že dvě změřené hodnoty se liší o jedničku. Tato chyba patrně vznikla z důvodu mírné odchylky od určených poloh natočení. Z měření vyplývá rozlišovací schopnost tohoto řešení, která se pohybuje pod hodnotou 1°.

Poloha	R	C	L	C	R	C	L	C
Hodnota převodu	002	050	100	050	002	049	099	050
Napětí na potenciometru [V]	0,004	0,980	1,961	0,980	0,004	0,961	1,941	0,980

Tabulka 3.3: Změřené hodnoty na potenciometru řízení

Vysvětlivky: R (right)...pravá krajní poloha

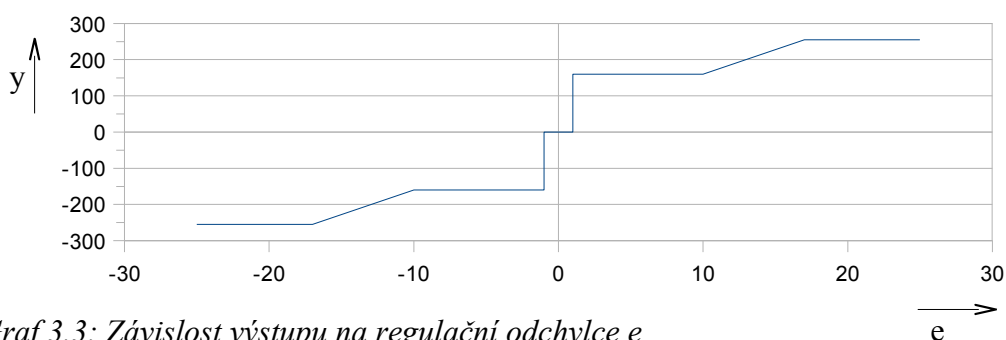
C (center)...středová poloha

L (left)...levá krajní poloha

Pozn.: Hodnota převodu je v rozmezí 0-255 (přímý 8-bitový výstup z převodníku)

### 3.10 ŘÍZENÍ PŘEDNÍ NÁPRAVY

Ovládání motoru je realizováno pomocí PWM signálu, který udává rychlost, a binární signál s informací o směru z mikrokontroléru ATmega 32. Tyto signály jsou dekodovány pomocí H-mostu, který přímo ovládá motor. Jako zpětná vazba je použit potenciometr s rozlišitelností pod  $1^\circ$ . Řízení je realizováno na úrovni programovacího jazyka C++. Pro řízení byl zvolen jednoduchý P regulátor s netečností o velikosti jednoho kvanta, aby při přeskakování hodnot nedocházelo ke stálému zapínání motoru i bez známek sebemenšího pohnutí pro ušetření energie i prodloužení životnosti motoru. Další optimalizace regulátoru je saturace s hodnotou 255, což je maximální hodnota výkonu a při vyšší hodnotě by došlo k přetečení čítače. Další vylepšení je minimální hodnota výstupu nastavená na 160, která je minimální pro pohyb motoru. Grafická závislost je vyobrazena s nastaveným zesílením 15 ve Graf 3.3: Závislost výstupu na regulační odchylce  $e$ . Při tomto nastavení nedochází k překmitu výstupu.

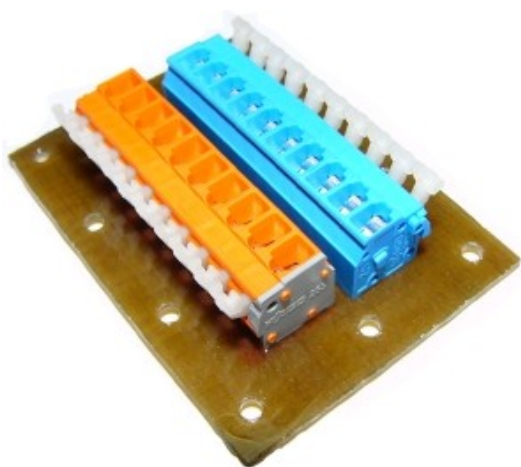


Graf 3.3: Závislost výstupu na regulační odchylce  $e$

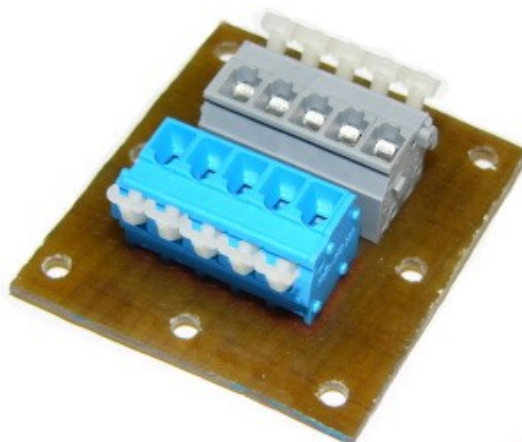
Programově je realizován blokační mechanismus, který zabraňuje při vjetí hřebenu řízení blízko krajní polohy zastavit motor. Při výskytu této krajní polohy regulátor nepustí motor na nebezpečnou stranu, ale pouze na bezpečnou stranu. Pomocí koncových spínačů, které jsou umístěny na krajních polohách hřebene, je realizováno nevratné zastavení všech motorů. Spínače jsou připojeny ke vnějšímu přerušení mikrokontroléru, jež je řízeno asynchronně, a tak je možné zareagovat okamžitě po příchodu nenadálé události. Přerušení reaguje na sestupnou hranu signálu. Z této smyčky se nedá programově vrátit. Jediný způsob je odstranit závadu a restartovat mikrokontrolér.

### 3.11 ZPŮSOB PROPOJENÍ SILOVÉHO VEDENÍ

Silové vedení v celém robotovy je rozvedeno pomocí wago svorek typu 255, které jsou vhodné pro velké proudy a mají mechanismus pro rychlé uchycení vodičů při použití šroubováku. Svorky jsou paralelně spojené. Silové vedení pro 12V z akumulátorů je tvořeno pěti svorkami pro každý pól. Rozvod 5V je tvořen deseti svorkami z důvodu snadné rozšiřitelnosti o nové logické obvody, které pracují s logikou TTL. Pro snazší rozlišitelnost byla zvolena následující barevná kombinace svorek: světle modrá pro zem, šedá pro napětí z akumulátorů a oranžová pro úroveň TTL logiky.



Obr. 3.16: Rozvod pro 5V



Obr. 3.17: Rozvod pro 12V



### 3.12 POUŽITÉ TYPY AKUMULÁTORŮ – WP26-12

Při výběru vhodných akumulátorů se vybíralo s typů olověné, Ni-Cd, Ni-Mh, Li-Ion, Li-Pol. Nejstarší jsou olověné akumulátory (Pb), nejnovější generaci zastupují Li-pol. Pro naše potřeby nejvíce vyhovují olověné akumulátory a to z důvodu možnosti dodávat velké proudy, jejich dlouhé životnosti a malých samovybíjecích proudů. Jejich další výhoda je ve faktu, že je možné dobíjení před úplným vybitím, aniž by došlo k degradaci jejich kapacity. Znevýhodňuje je menší poměr hustoty elektrické energie k váze a obsah jedovatého olova, které zatěžuje životní prostředí. Přes všechny tyto uvedené výhody a nevýhody hlavní důvod výběru olověných akumulátorů byla jejich velice nízká cena vzhledem k jejich kapacitě, které ostatní typy akumulátorů nedokáží konkurovat.

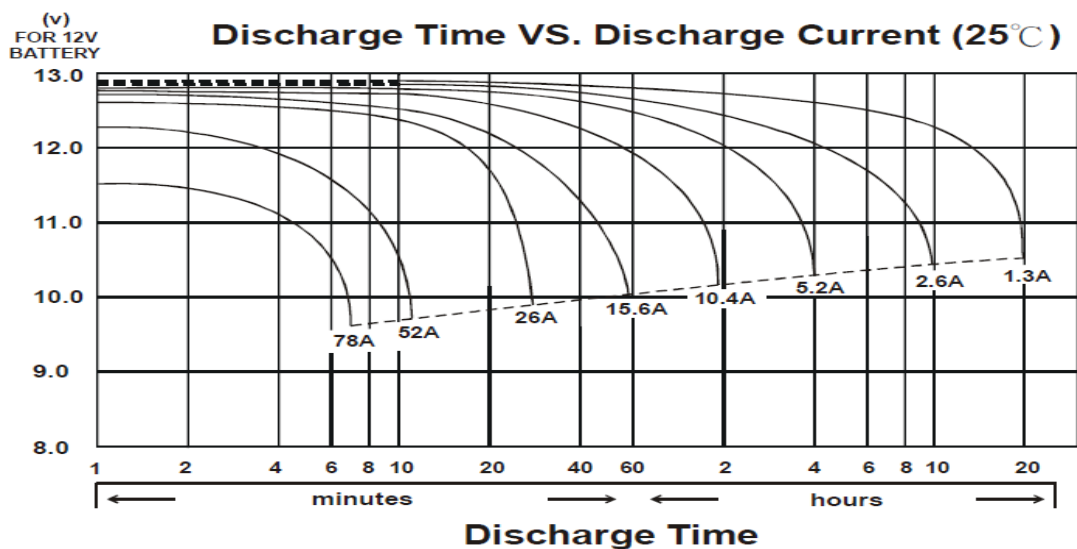


Obr. 3.19: Pohled na akumulátor



Obr. 3.18: Pohled na akumulátor

Vzhledem ke koncepci elektroniky je pro běh robota potřeba dvou akumulátorů: jeden pro napájení řídicí elektroniky a ostatních obvodů, druhý pro pohon motorů. Vzhledem k jednoduchosti výměny akumulátorů byly vybrány shodné akumulátory, i když odběr elektroniky a silové části se poměrně dost liší. Větší spotřeba je plánována pro výkonovou část, a proto byla určena potřebná kapacita akumulátorů na 25Ah a více při 12V. Z těchto parametrů byla vybrána sada akumulátorů typu WP26-12 firmy KUNG LONG. Technické parametry jsou uvedeny níže. Při těchto akumulátorech je plánována výdrž delší než 30 minut. Tato krátká výdrž je způsobena neúměrným proudovým zatížením, při kterém klesá efektivní kapacita akumulátorů, jež je uvedena na Obr. 3.20: Vybíjecí charakteristika akumulátorů WP26-12.



Obr. 3.20: Vybíjecí charakteristika akumulátorů WP26-12

Nominální napětí:	12V	Maximální vybíjecí proud:	520A
Váha:	9,528kg	Maximální krátkodobý vybíjecí proud:	1040A
Vnitřní odpor (při 1kHz):	8mΩ		
Nabíjecí napětí:	14,4 – 15V		
Maximální nabíjecí proud:	7,8A		

Tabulka 3.4: Základní parametry akumulátorů WP26-12

## 4. ZÁVĚR

Cílem společné bakalářské práce bylo sestrojít autonomního robota schopného podle předem zadaných GPS souřadnic projet dráhu po předem neurčené trase, která je převážně tvořena chodníkem obsahující další předem neznámé překážky. Ty mohou být tvořeny čímkoliv, ale předpokládá se, že se nebudou příliš lišit od minulého ročníku soutěže. Jednalo se zejména o drátěné lavičky v parku, které se pomocí ultrazvukových snímačů špatně zaznamenávají. Překážky je nutné rozpoznat pomocí snímačů, které jsou tvořeny kamerou a třemi ultrazvukovými snímači umístěnými na přední části robota a dvěma v zadní části. Pro určení polohy robota slouží klasický GPS přijímač, který má přesnost 5-10m. Pro statické určení odklonu od magnetického severu je použit magnetometr s přesností 3 - 4 stupně z důvodu nemožnosti tento údaj zjistit pomocí GPS při stojícím či pomalu se pohybujícím robotovi. Jako další podpůrný snímač je použit akcelerometr se třemi osami pro zjištění aktuálního zrychlení.

I přes náročné požadavky na senzorový subsystém, na počítač s dostatečnou výpočetní silou a minimální vybavenost dílny, jsme byli schopni si vystačit s plánovaným rozpočtem 30 tisíc. Při výběru jednotlivých komponent byla tedy jedna z hlavních priorit jejich cena. Tomu také odpovídá výsledná konstrukce, která byla konstruována převážně ručně namísto implementace koupených sériově vyráběných komponent, které mají vyšší spolehlivost a lepší parametry. Jejich cena by ovšem náš projekt výrazně prodražila. Z požadavků na robota vyplývá, že jediné možné místo, kde se dalo ušetřit, je vlastní podvozek robota, jeho pohon, ovládání motorů a podpůrná elektronika.

Jako základ byl vybrán Ackermanův podvozek se dvěma zadními hnacími koly se samostatnými motory ovládaných pomocí mikrokontroléru ATmega 32, který v sobě implementuje elektronický diferenciál. Přední řiditelná náprava je ovládána elektromotorem se šnekovou převodovkou pro zajištění samosvěrnosti převodu a tím stálého natočení nápravy bez nutnosti dodávat do motoru nepřetržitý výkon pro udržení směru. Ackermanův podvozek je lepší řešení z důvodu nižší energetické náročnosti při zatáčení oproti diferenčně řízenému podvozku. Při

zatáčení nedochází ke smyku. Ten by byl předem nezjistitelný a proto by bylo těžší projet dráhu podle odometrie.

Elektronická část lze rozdělit do tří kategorií. A to do řídicí logické části, výkonového ovládání motorů a části obstarávající převod úrovní napětí.

O převod napětí z akumulátorů, které je přibližně od 10,5V do 14,5V, do napětí 5V se stará jednoduchý DC-DC měnič, jehož základní parametry jsou: maximální výstupní proud 3A, pokles napětí 70mV při maximálním výstupním proudu, účinnost v provozní oblasti kolem 65%. O napájení ATX desky se stará kupovaný kompaktní kombinovaný DC-DC měnič, který má velkou kombinovanou účinností 94%. Pro napájení použité kamery a wi-fi routeru je použito přímo napětí z akumulátorů.

Řídicí elektronika pro motory je řešena jako nejjednodušší možné řešení tvořené čtveřicí unipolárních tranzistorů. Je ovládán pomocí PWM signálu a logického signálu pro udání směru.

Pro primární řízení je použit mikrokontrolér ATmega 32, který se stará o ovládání motorů, sběr dat ze snímačů natočení přední nápravy a rychlosti zadních motorů. Také se stará o realizaci elektronického diferenciálu a komunikuje s nadřazeným systémem pomocí jednotky USART. Pro ověření funkčnosti jednotlivých částí byl sestrojen jednoduchý obslužný program pod operační systém Windows, který umožňuje ruční řízení sestrojeného podvozku.

## 5. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Novák, Petr. Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení. 1.vydání. Praha: BEN, 2005. 248s. ISBN 80-7300-141-1
- [2] SANDIN, Paul E. Robot mechanisms and mechanical devices. The McGraw-Hill Companies, 2003. 299s.
- [3] <http://robotika.cz/>
- [4] Zapojení nabíječek - <http://michal.slansky.sweb.cz/>
- [5] Katalogové listy součástek - <http://www.datasheetcatalog.com/>
- [6] Prodej převodovek - <http://www.motorgear.cz/>
- [7] Prodej ložisek a řemenů - <http://www.loziska.net/>
- [8] Výroba modelářských součástí - <http://www.graupner.de/>
- [9] Prodejna modelářských potřeb - <http://www.reichard.cz/>
- [10] Prodej elektromotorů - <http://www.atas.cz/>
- [11] Dodavatel motorů AMER - <http://www.epo.cz/>
- [12] Výrobce DC-DC měniče pro ATX desku - <http://www.mini-box.com>
- [13] Prodejce stavební techniky - [www.batacz.cz](http://www.batacz.cz)

## 6. PŘÍLOHY

### 6.1 NAMĚŘENÉ HODNOTY K DC-DC MĚNIČI 5V

$I_1$ [A]	$I_{11}$ [A]	$U_2$ [V]	$I_2$ [mA]	$P_i$ [W]	$P_o$ [W]	$\eta_p$ [%]	$\Delta I$ [mA]	$\Delta \eta$ [%]
0,00	0,0032	5,0476	0	0,04	0,00	0,00	-3,2	-
0,08	0,0853	5,0471	109,2	1,02	0,55	53,84	23,9	12,24
0,08	0,0902	5,0467	120,1	1,08	0,61	56,00	29,9	14,40
0,10	0,1044	5,0465	139,5	1,25	0,70	56,19	35,1	14,59
0,11	0,1200	5,0465	161,0	1,44	0,81	56,42	41,0	14,82
0,12	0,1244	5,0476	176,7	1,49	0,89	59,75	52,3	18,15
0,15	0,1528	5,0457	205,4	1,83	1,04	56,52	52,6	14,92
0,18	0,1827	5,0429	243,0	2,19	1,23	55,89	60,3	14,29
0,25	0,26	5,0410	304,0	3,12	1,53	49,12	44,0	7,52
0,25	0,26	5,0435	365,0	3,12	1,84	59,00	105,0	17,40
0,27	0,28	5,0383	403	3,36	2,03	60,43	123,0	18,83
0,31	0,32	5,0359	481	3,84	2,42	63,08	161,0	21,48
0,40	0,41	5,0325	633	4,92	3,19	64,75	223,0	23,15
0,47	0,49	5,0299	756	5,88	3,80	64,67	266,0	23,07
0,60	0,62	5,0255	978	7,44	4,91	66,06	358,0	24,46
0,74	0,78	5,0220	1207	9,36	6,06	64,76	427,0	23,16
0,85	0,87	5,0186	1370	10,44	6,88	65,86	500,0	24,26
0,93	0,95	5,0159	1505	11,40	7,55	66,22	555,0	24,62
1,18	1,2	5,0097	1833	14,40	9,18	63,77	633,0	22,17
1,43	1,45	5,0047	2043	17,40	10,22	58,76	593,0	17,16
1,63	1,67	5,0001	2295	20,04	11,48	57,26	625,0	15,66
1,88	1,9	4,9821	2656	22,80	13,23	58,04	756,0	16,44

Tabulka 6.1: Naměřené hodnoty DC-DC měniče 5V

Vysvětlivky:

Změřené hodnoty

$I_1$  ...Vstupní proud měniče měřený přímo na zdroji KONSTANTER SLR 120-40

$I_{11}$  ...Vstupní proud měniče měřený multimetrem UT – 33D (rozsah 200mA a 10A)

$U_2$  ...Výstupní napětí měniče měřeno na ALIGENT 34401A (rozsah 10V)

$I_2$  ...Výstupní proud měniče měřený multimetrem METEX M – 3850D (rozsah 400mA a 20A)

Vypočítané hodnoty

$P_i$  ...Vstupní výkon měniče

$$P_i = 12 \cdot I_{11}$$

$P_o$  ...Výstupní výkon z měniče

$$P_o = U_2 \cdot I_2$$

$\eta_p$  ...Výkonová účinnost

$$\eta_p = \frac{P_o}{P_i} \cdot 100$$

$\Delta I$  ...Rozdíl proudů

$$\Delta I = I_2 - I_{11}$$

$\Delta \eta$  ...Rozdíl účinnosti vzhledem k LM7805

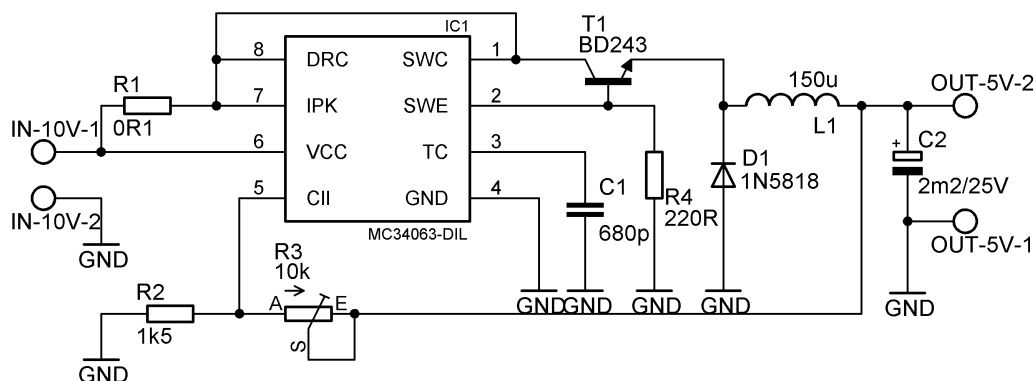
$$\Delta \eta = \eta_p - 41,6$$

(41,6% předpokládaná účinnost IO řady LM7805 při vstupním napětí 12V)

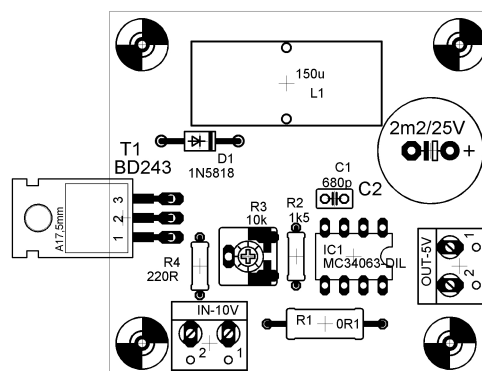
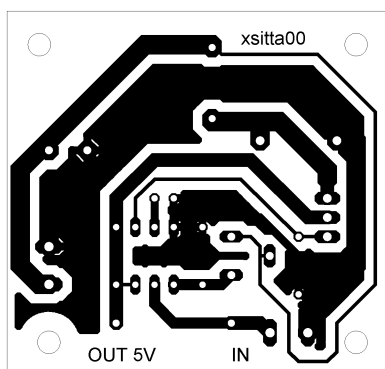
Podmínky měření

Konstantní  $U_i=12V$  (podle ALIGENT 34401A)

## 6.2 DESKA DC-DC MĚNIČE 5V



Obr. 6.1: Schéma DC-DC měniče 5V



Obr. 6.2: Strana plošných spojů

Obr. 6.3: Strana součástek

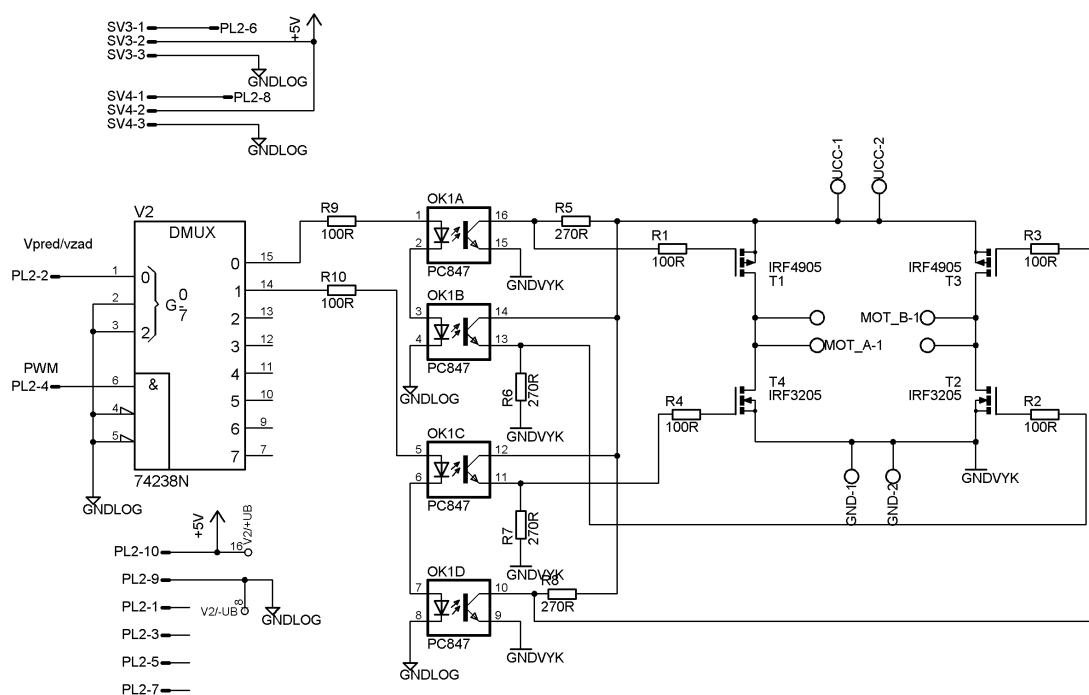
Parametry: Minimální vstupní napětí: 10V  
Nominální vstupní napětí: 12V  
Výstupní parametry: 5V/3A

Rozměry: 51 x 48 mm

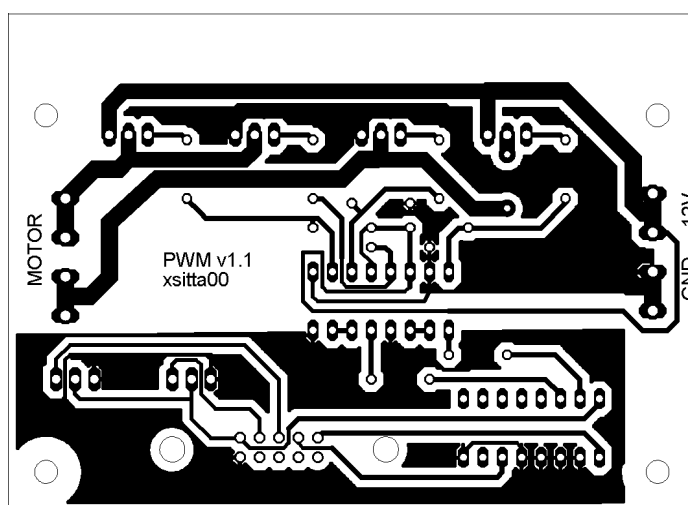
Seznam součástek:

C1	680p	IN-10V, OUT-5V	ARK210/2EX
C2	2m2/25V		
D1	1N5818		
IC1	MC34063-DIL		
T1	BD243		
L1	150u/5A		
R1	0R1/5W		
R2	1k5		
R3	10k		
R4	220R		

### 6.3 ŘÍZENÍ PWM

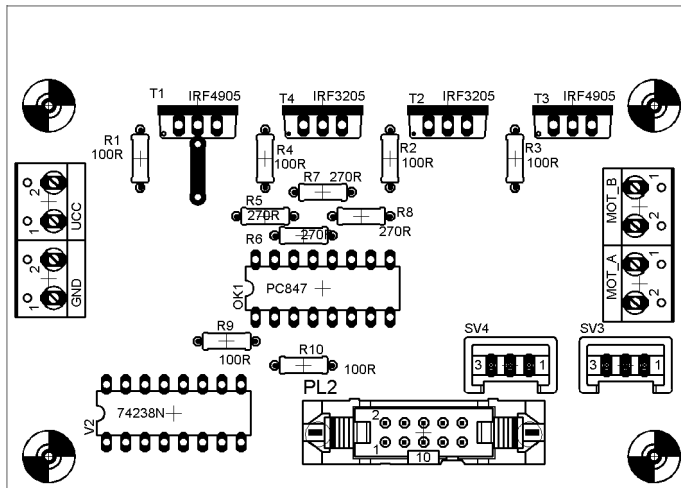


Obr. 6.4: Schéma H-mostu pro motory



Obr. 6.5: Strana plošných spojů





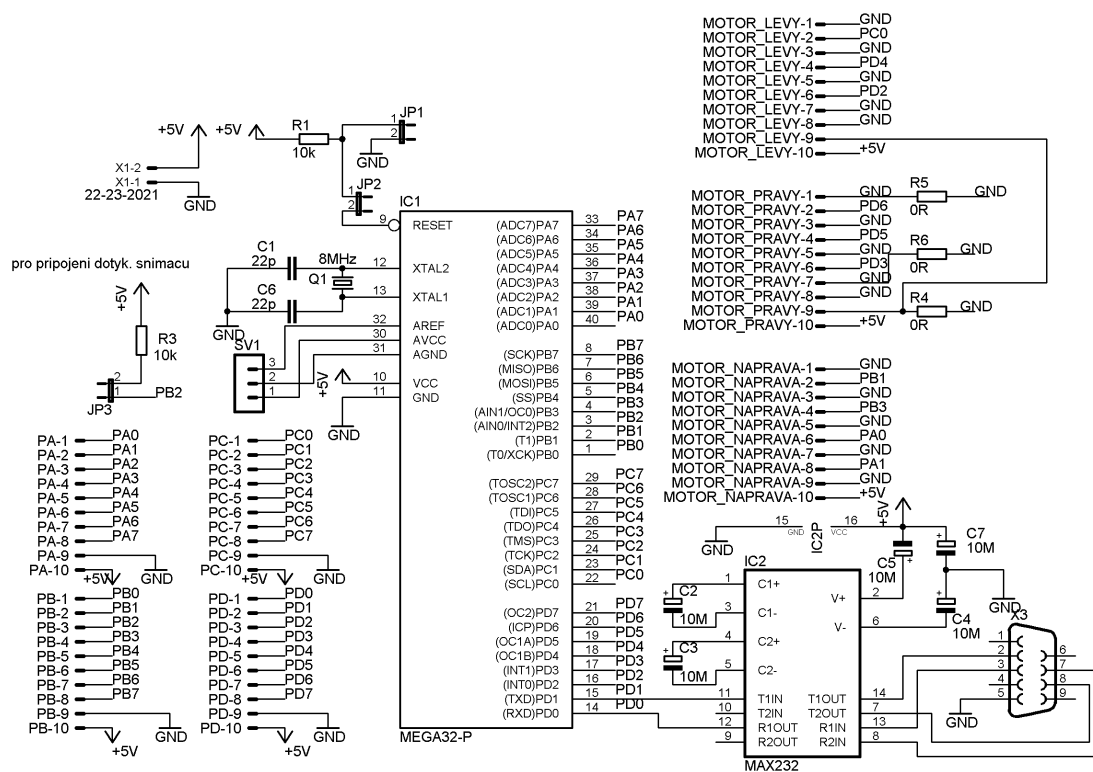
Obr. 6.6: Strana součástek

Rozměry: 90 x 64 mm

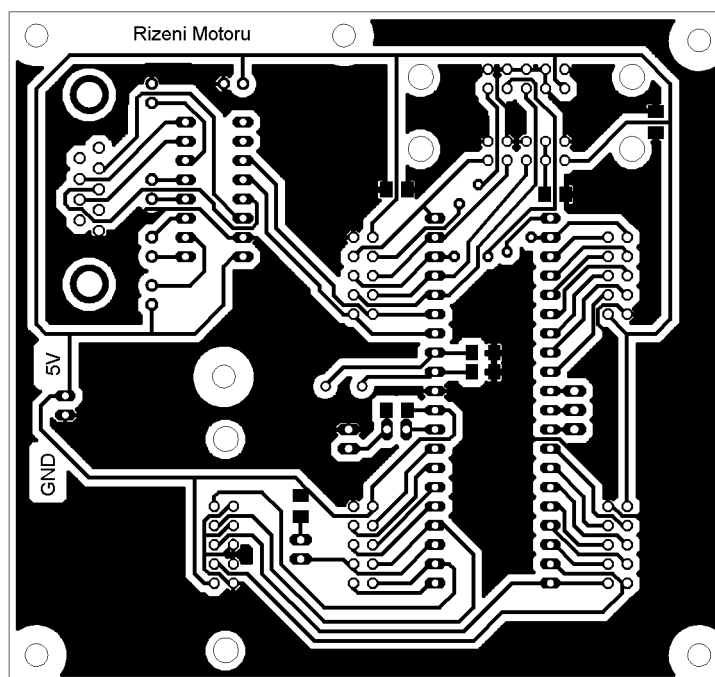
Seznam součástek:

R1..R4, R9, R10	100R
R5..R8	270R
T1, T3	IRF 4905
T2, T4	IRF 3205
V2	74238 + patice
OK1	PC847 + patice
PL2	PSL10
SV3, SV4	PSH02-02PG
UCC, GND, MOT_A, MOT_B	ARK210/2EX

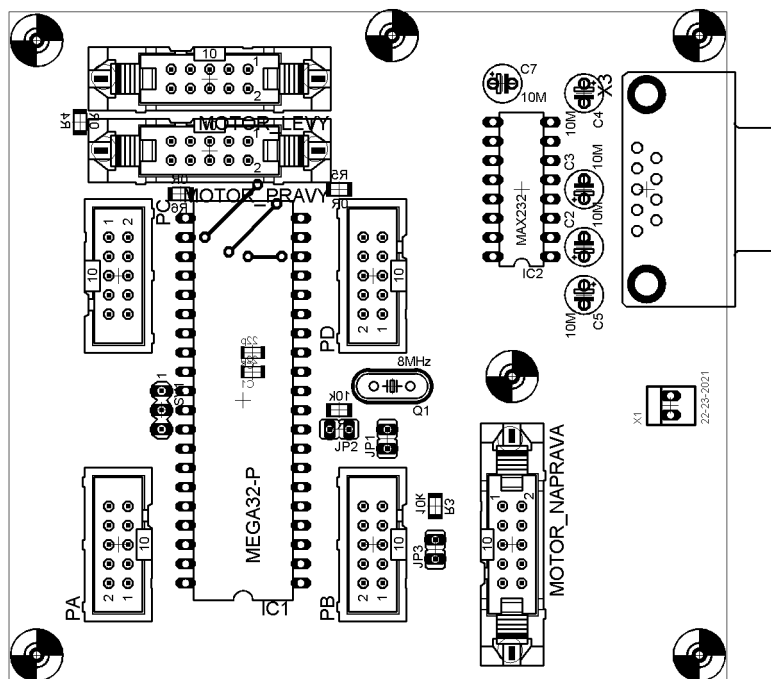
## 6.4 DESKA S ATMEGOU 32



Obr. 6.7: Schéma s Atmega 32



Obr. 6.8: Strana spojů



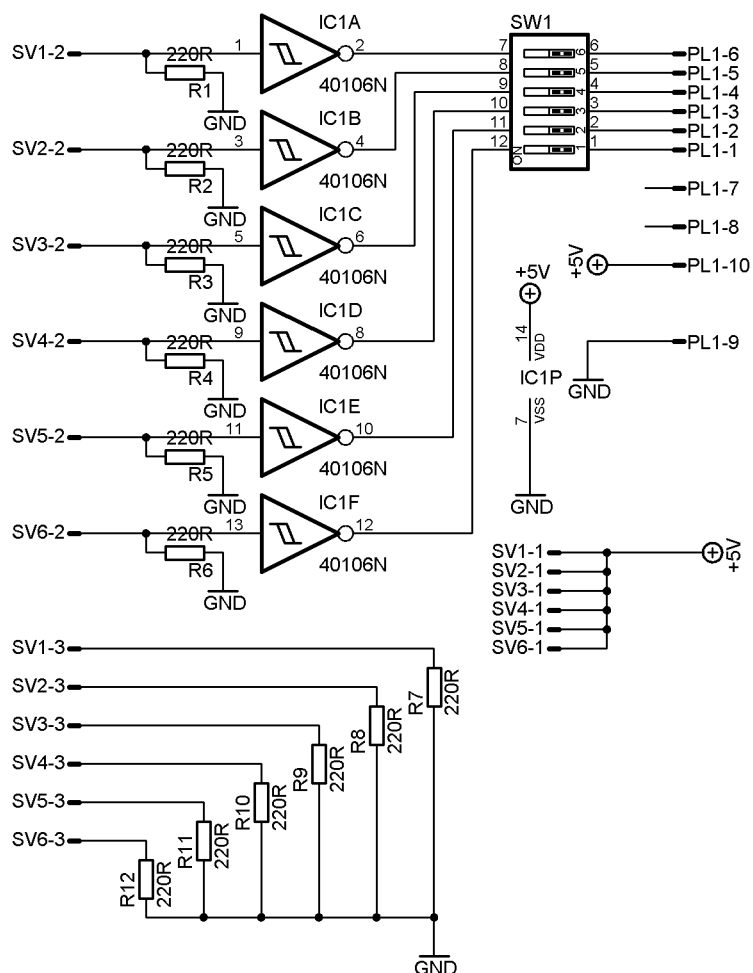
Obr. 6.9: Strana součástek

Rozměry: 96 x 90 mm

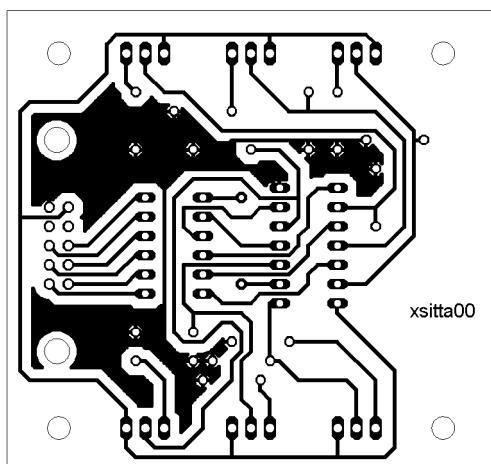
Seznam součástek:

C1, C6	22p
C2..C5, C7	10M/25V
IC1	ATmega 32 + patice
IC2	MAX 232 + patice
Q1	8MHz
R1, R3	10k
R4..R6	0R
PA, PB, PC, PD	MLW10G
MOTOR_...	PSL10 (celkem 3ks)
X3	CAN 9 Z 90
JP1, JP2, SV1	S1G20 (1ks pro všechny)
X1	PSH02-02PG

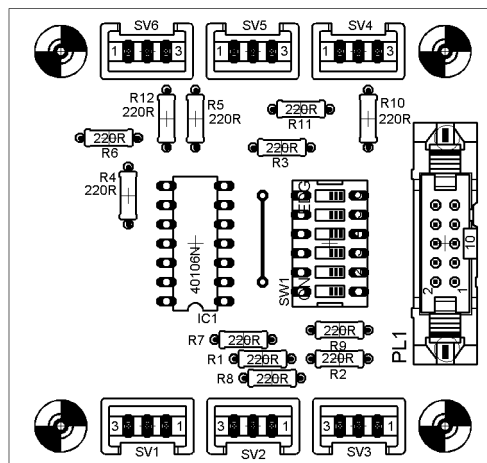
## 6.5 DESKA OPTICKÉHO ENKODÉRU



Obr. 6.10: Schéma optického enkodéru



Obr. 6.12: Deska optického enkodéru



Obr. 6.11: Strana součástek optického enkodéru

Rozměry: 65 x 60 mm

Seznam součástek:

R1..R12	220R
IC1	40106 + patice
SV1..SV6	PSH02-03PG
PL1	PSL10
SW1	DIP 6X R

## **6.6 CD-ROM**

- Bakalářská práce v souboru PDF
- Obrázky z konstrukce robota
- Zdrojový kód testovacího programu pod Windows na ruční ovládání
- Zdrojový kód programu pro ATmega 32
- CodeVisionAVR – vývojové prostředí pro mikrokontroléry
- Soubory vytvořených desek plošných spojů v programu Eagle
- Datasheety použitých součástek a integrovaných obvodů
- Technická dokumentace ke šnekové převodovce XC30