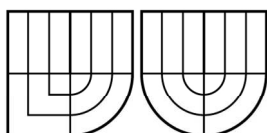


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A
KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY



FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

VŠESMĚROVÝ SYNCHRONNÍ PODVOZEK OMNIDIRECTIONAL CHASSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. BOHUMÍR MEJZLÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. FRANTIŠEK ŠOLC, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Všesměrový synchronní podvozek

Diplomová práce

Obor: Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Bohumír Mejzlík

Vedoucí: prof. Ing. František Šolc, CSc.

Abstrakt:

Cílem této práce je navržení a realizace funkčního modelu všesměrového synchronního podvozku. Model bude řízen minipočítačem z uživatelské aplikace v PC. Práce je rozdělena do několika částí. V úvodu jsou rozebrány základní druhy podvozků, jejich výhody a nevýhody. Další část popisuje mechanickou konstrukci všesměrového podvozku a umístění realizovaného elektronického vybavení. Třetí část se zabývá výběrem vhodného hardwarového vybavení a návrhem potřebných modulů. Další část tvoří popis programového vybavení pro minipočítač. Poslední část popisuje programové vybavení řídicí aplikace v počítači.

Klíčová slova:

Všesměrový synchronní podvozek, mobilní robotika, Fox Board

Brno University of Technology

Faculty of Electrical Engineering and Communication

Department of Control, Measurement and Instrumentation

Omnidirectional chassis

Master's Thesis

Specialisation of study: Cybernetics, Control and Measurement

Student: Bc. Bohumír Mejzlík

Supervisor: prof. Ing. František Šolc, CSc.

Abstrakt:

The aim of this paper is to design and to implement a functional model of omnidirectional chassis. This model will be controlled by a minicomputer with PC user application. This paper is divided into several parts. The individual chassis types and their advantages and disadvantages are analysed in the introduction. Next part describes the mechanical design of the omnidirectional chassis and also placement of all realised electronic devices. The third part deals with the selection of a suitable hardware equipment and project of needed modules. The description of the software for minicomputer is following. The last part describes the software of the control application in the computer.

Key words:

Omnidirectional chassis, mobile robotics, Fox Board

Bibliografická citace

MEJZLÍK, B. Všesměrový synchronní podvozek. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 52 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. František Šolc, CSc.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Všesměrový synchronní podvozek jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové 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 : **25.5.2009**

Podpis:

Poděkování

Děkuji tímto prof. Ing. Františku Šolcovi, CSc. a Ing. Jaroslavu Šemberovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

V Brně dne : **25.5.2009**

Podpis:

1.	ÚVOD	10
2.	MOBILNÍ ROBOTI [1]	11
2.1	PODVOZKY MOBILNÍCH ROBOTŮ	12
2.2	KONSTRUKCE KOLOVÝCH PODVOZKŮ	12
2.2.1	<i>Diferenciální podvozek.....</i>	<i>13</i>
2.2.2	<i>Synchronní podvozek.....</i>	<i>13</i>
2.2.3	<i>Trojkolový podvozek s řízeným předním kolem.....</i>	<i>13</i>
2.2.4	<i>Ackermanův podvozek</i>	<i>14</i>
2.2.5	<i>Podvozek se všesměrovými koly</i>	<i>14</i>
2.3	KONSTRUKCE PÁSOVÝCH PODVOZKŮ	14
2.4	KONSTRUKCE KRÁČEJÍCÍCH PODVOZKŮ	15
3.	KONSTRUKCE VŠESMĚROVÉHO PODVOZKU	16
3.1	HNACÍ SOUSTAVA	17
3.2	UMÍSTĚNÍ ELEKTRONIKY A AKUMULÁTORU	18
4.	HW ŘEŠENÍ ŘÍZENÍ PODVOZKU	19
4.1	ŘÍDÍCÍ POČÍTAČ FOX BOARD LX832.....	19
4.1.1	<i>Rozhraní RS232.....</i>	<i>21</i>
4.1.2	<i>Sběrnice I²C.....</i>	<i>21</i>
4.2	POHONNÝ MODUL	23
4.3	LCD DISPLEJ	24
4.3.1	<i>Zapojení vývodů LCD.....</i>	<i>25</i>
4.3.2	<i>Instrukce pro řízení LCD displeje</i>	<i>26</i>
4.4	WIFI MODUL.....	27
4.5	SONARY SRF08	27
4.6	NAPÁJENÍ.....	29
4.6.1	<i>Druhy akumulátorů</i>	<i>30</i>
4.6.2	<i>Výběr akumulátoru.....</i>	<i>31</i>
4.6.3	<i>Spínaný +5V stabilizátor.....</i>	<i>33</i>
4.7	A/D PŘEVODNÍK PCF8591P.....	35
4.8	UNIVERZÁLNÍ MODUL	37
5.	SW ŘEŠENÍ ŘÍZENÍ PODVOZKU	38
5.1	KOMUNIKACE.....	38
5.1.1	<i>Komunikace mezi motory podvozku a serverem.....</i>	<i>38</i>
5.1.2	<i>Komunikace mezi serverem a klientem.....</i>	<i>39</i>

5.2	PROGRAM PRO PODVOZEK	39
5.2.1	Popis programu.....	40
5.2.2	Struktura programu.....	40
5.3	UŽIVATELSKÁ APLIKACE	42
5.4	POPIS PROGRAMU	43
5.4.1	Vlákna	43
5.4.2	Řízení podvozku.....	44
5.4.3	Další funkce programu.....	45
6.	ZÁVĚR.....	49
7.	POUŽITÁ LITERATURA	51

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 – Konstrukce všesměrového speciálního podvozku	16
Obr. 3.2 – Fotografie hnací soustavy	17
Obr. 3.3 – Realizovaný návrh všesměrového podvozku.....	18
Obr. 4.1 – Popis portů a pinů modulu FOX Board LX832 [2]	20
Obr. 4.2 – Připojení integrovaných obvodů ke sběrnici I ² C	22
Obr. 4.3 – Popis pinů konektoru motoru AI-701[4]	23
Obr. 4.4 – Komunikace mezi motorem a řídicím počítačem [4]	24
Obr. 4.5 – Fotografie LCD displeje MC1602E-SYL/H.....	25
Obr. 4.6 – Zapojení displeje k řídicímu počítači.....	26
Obr. 4.7 – Sonar SRF08	28
Obr. 4.8 – Zapojení vývodu sonaru SRF08	29
Obr. 4.9 – Akumulátor Li-pol 2250mAh	32
Obr. 4.10 – Schéma zapojení obvodu LM2576T.....	33
Obr. 4.11 – Fotografie spínaného 5V stabilizátoru	34
Obr. 4.12 – Blokové schéma A/D převodníku PCF8591P [9].....	35
Obr. 4.13 – Zapojení A/D převodníku PCF8591P.....	36
Obr. 4.14 – Fotografie univerzálního modulu.....	37
Obr. 5.1 – Struktura programu pro řídicí počítač.....	40
Obr. 5.2 – Okno uživatelské aplikace	43
Obr. 5.3 – Podvozek typu bicykl.....	45
Obr. 5.4 – Podvozek diferenciálního typu	45
Obr. 5.5 – Zjišťování stavů motorů.....	46
Obr. 5.6 – Odometrie diferenciálního podvozku [11].....	48
Obr. 5.7 – Změna polohy podvozku v kartézských souřadnicích	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 – Zapojení vývodů LCD displeje MC1602 [5]	25
Tab. 4.2 – Vlastnosti běžných typů akumulátorů [7]	31
Tab. 4.3 – Parametry Li-Pol akumulátoru E-TECH GP 2250mAh	32

1. ÚVOD

Cílem této semestrální práce bylo vytvoření reálného funkčního modelu speciálního všesměrového podvozku. Model je vybaven dvěma hnacími soustavami a bude sloužit k testování a ověření teoretických znalostí tohoto podvozku s velkými manévrovacími schopnostmi. Součástí práce bylo vytvoření návrhu hardwaru a softwaru k řízení podvozku.

První část této práce se zabývá mobilními roboty jako takovými, jejich popisem a rozdělením. Jsou zde vypsány druhy podvozků používaných u mobilních robotů, jejich hlavní výhody a nevýhody. Další část je věnována rozboru všech hardwarových komponent, které byly v této práci použity. Zaměřuje se také na výběr vhodného akumulátoru a konstrukcí potřebných modulů. Poslední část se zabývá popisem struktury řídicího softwaru pro minipočítač, jehož primárním úkolem je správa podvozku. Dále je věnováno popisu grafické aplikace pro klientské PC, která slouží pro ovládání podvozku.

2. MOBILNÍ ROBOTI [1]

Nemalé procento konstrukce robotů se řadí do skupiny tzv. mobilních robotů, to znamená, že se na rozdíl od robotů stacionárních mohou pohybovat z místa na místo.

Celou skupinu mobilních robotů můžeme dále dělit na dva základní typy a to autonomní nebo dálkově ovládané. Autonomní roboti samostatně vykonávají na základě daných instrukcí nějakou úlohu. Je u nich předpokladem určitý stupeň umělé inteligence a tudíž by měli být schopni se orientovat v neznámém prostředí. Dálkově ovládaný robot je schopen se pohybovat podle určitých pokynů, které vydává sám operátor. Nemá tedy implementovanou žádnou inteligenci či vyšší algoritmy řízení a rozhodování.

Důležitým faktorem pro návrh mobilních robotů je charakter povrchu terénu, po kterém se budou pohybovat. Pro rovný nebo mírně členitý povrch s malým počtem překážek se hodí spíše koloví nebo pásoví mobilní roboti. Ve velmi členitém terénu s velkým počtem překážek lze s výhodou použít krácející mobilní robot.

Roboty tedy dělíme do skupin podle prostředí ve kterém se pohybují a to bývá:

- Na souši
- Ve vodě
- Ve vzduchu
- Ve vesmírném prostoru

Pouze malá část mobilních robotů nalezne uplatnění v praxi. Nejčastěji se používají v místech, kde může dojít k ohrožení lidského zdraví nebo života, tedy při práci v hazardním prostředí. Dále pak z důvodu nepřístupnosti a při práci ve stísněných prostorech.

2.1 PODVOZKY MOBILNÍCH ROBOTŮ

Podvozky mobilních robotů jsou technické prostředky, které jim umožňují pohyb. Vypsání a popis všech typů podvozků by bylo nad rámec této práce. Vypsány proto budou jen stěžejní druhy podvozků. Celkový přehled základního rozdělení je znázorněno na obr. 2.1.



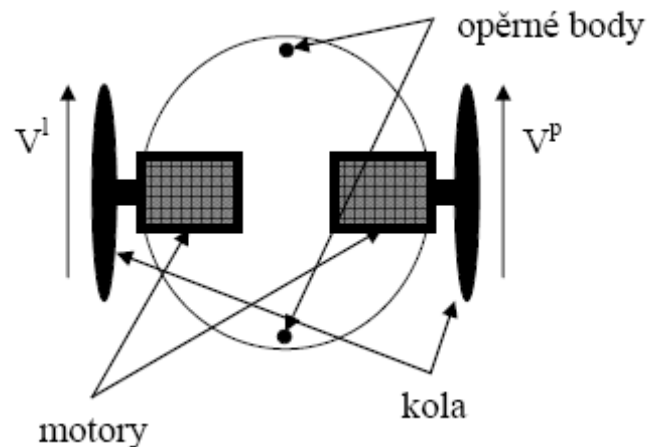
Obr. 2.1 – Rozdělení mobilních robotů dle typu podvozku

2.2 KONSTRUKCE KOLOVÝCH PODVOZKŮ

Prvotním problémem u kolových robotů je návrh uspořádání podvozku, tedy počet a uspořádání kol hnacích, hnacích a směrových. Problémem může také být určení výkonu zvolené pohonné jednotky a kroutícího momentu.

2.2.1 Diferenciální podvozek

Díky nízké ceně, jednoduchosti a robustní konstrukci je tento typ podvozku nejpoužívanější. Obsahuje dvě aktivní kola s jedním nebo dvěma stupni volnosti a stabilizační opěrné body. Mezi další nezanedbatelné výhody patří snadná manévrovatelnost a poměrně přesná odometrie.



Obr. 2.2 – Diferenciální podvozek [1]

2.2.2 Synchronní podvozek

Tento typ podvozku má nejčastěji tři kola se dvěma stupni volnosti. Všechna kola bývají poháněna a mají navzájem stále stejnou rychlost a natočení. Výhodou je menší složitost konstrukce s ohledem na vnitřní geometrii a vysoká manévrovací schopnost. Mezi nevýhody patří především nízká schopnost překonávání nerovnosti povrchu.

2.2.3 Trojkolový podvozek s řízeným předním kolem

Konstrukce kol je u tohoto typu podvozku zpravidla řešena tak, že přední kolo je pouze motoricky otáčené a zadní kola bývají hnaná. Výhodou je použití podvozku v těžším terénu, jednoduché řízení a levná odometrie. Je ovšem třeba počítat s menší manévrovatelností a možností výskytu poměrné chyby v odometrickém měření.

2.2.4 Ackermanův podvozek

Roboti postavené na Ackermanově podvozku mají nejčastěji dvě poháněná kola vybavena diferenciálem a dvě řízená nepoháněná kola. Tento druh podvozku je známý hlavně z automobilového průmyslu. Výhodou je velká nosnost samotného robota a použití v těžším terénu, nevýhodou pak může být nemožné otáčení na místě.

2.2.5 Podvozek se všesměrovými koly

Tyto podvozky jsou složeny ze všesměrových kol, která robotu umožní pohyb ve všech směrech bez nutné rotace kolem svislé osy. Výhodou je volný pohyb ve všech směrech a možnost rotace ve velmi malém prostoru. Nevýhodou je pak malá schopnost překonávat překážky a u některých typů velmi těžko použitelná odometrie.

V této práci byl použit speciální druh všesměrového synchronního podvozku. Jeho konstrukce je popsána v kapitole 3.



Obr. 2.3 – Fotografie všesměrových podvozků [1]

2.3 KONSTRUKCE PÁSOVÝCH PODVOZKŮ

Konstrukce pásového podvozku je vhodná do členitého terénu. Manévrovatelnost závisí na rozvoru mezi pásy a jejich délkou. Vykazuje velmi dobrou robustnost a spolehlivost. Přesto si zachovává konstrukční jednoduchost. Vlastnosti má podobné s podvozky bez pásů se spřaženými koly s jedním stupněm volnosti. Nevýhodou je větší potřeba energie pro zatočení.

2.4 KONSTRUKCE KRÁČEJÍCÍCH PODVOZKŮ

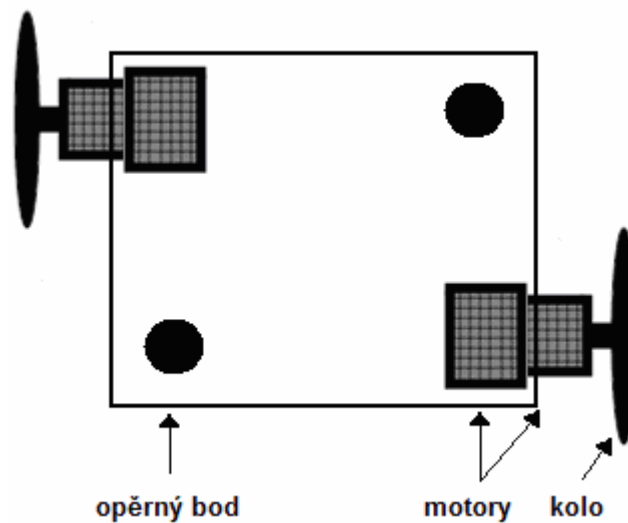
Vyskytované konstrukce kráčejičích robotů převážně obsahují 2,4,5,6,8 nebo více noh.

Dvounozí roboti se ve většině případů snaží napodobit chůzi člověka a jsou schopni překonávat relativně vysoké překážky, např. schodiště. Při jejich návrhu bývá největším problémem zajistit statickou a především dynamickou stabilitu. Pro udržení stability je potřeba velký počet vnitřních senzorů a je nezbytné rychlé zpracování dat z těchto senzorů. Tyto požadavky proto kladou vysoké nároky na řídicí systém.

Mezi nejčastěji se vyrábějící patří roboti šestinozí. Jsou kompromisem mezi čtyř a osminohými roboty. Mohou být použity i v členitém terénu, tam kde kolový nebo pásový podvozek zpravidla nelze použít. Jejich nespornou předností je dobrá statická stabilita, neboť nejméně 3 nohy zůstávají v kontaktu s povrchem. Nevýhodami pak jsou vyšší počet akčních členů a nezávisle řízených stupňů volnosti, malá energetická účinnost a složitější systém z hlediska HW i SW.

3. KONSTRUKCE VŠESMĚROVÉHO PODVOZKU

Konstrukce, na které je postaven náš model podvozku, jež byl určen k návrhu řízení, zapadá do speciální kategorie všesměrových synchronních podvozků. Jeho konstrukce je zobrazena na Obr. 3.1.



Obr. 3.1 – Konstrukce všesměrového speciálního podvozku

Mechanická část všesměrového podvozku se skládá z nosné desky, dvou hnacích soustav, dvou opěrných kluzáků a krabičky s elektronikou.

Hnací soustavy jsou připevněny k nosné desce na dvou protějších diagonálních rozích. Pro udržení stability podvozku jsou ve zbývajících dvou rozích umístěny stabilizační opěrné body. Jednu hnací soustavu tvoří blok dvou motorů, kde jeden z těchto motorů zajišťuje natáčení soustavy a druhý má na starosti pohon kola. Vzhledem k tomu, že osa rotace kol neprochází jejich středem, ale je zafixována mimo, tak kolo opisuje kružnici. Tím je dosaženo při natáčení kol menšího tření. Nevýhodou této konstrukce je nemožnost okamžité změny libovolného směru pohybu.

3.1 HNACÍ SOUSTAVA

Nejdůležitějším prvkem konstrukce všesměrového podvozku jsou jeho hnací soustavy. Na nich závisí všechny hlavní parametry podvozku. Zajišťují možnost pohybu z aktuální pozice kterýmkoliv směrem. Na rozdíl od jiných druhů všesměrových podvozků však nedovoluje změnu libovolného směru jízdy v aktuálním čase.

Jak již bylo zmíněno na podvozku jsou dvě diagonálně umístěné soustavy, každá je složená z bloků dvou motorů AI-701. Vzhledem k tomu, že motory je nutné mezi sebou vzájemně paralelně spojit, musí být brán při natáčení soustavy zřetel na jejich drátové spojení. Jinak by mohlo dojít k jeho vytržení. Toto bylo třeba brát při řízení podvozku v potaz a tím se znesnadňoval návrh řízení. Konstrukci blíže zachycuje fotografie na Obr. 3.2.



Obr. 3.2 – Fotografie hnací soustavy

3.2 UMÍSTĚNÍ ELEKTRONIKY A AKUMULÁTORU

Pro řízení všesměrového podvozku bylo třeba navrhnout a zrealizovat dvě desky plošných spojů. Ty bylo třeba společně s řídicím počítačem a akumulátorem vhodně umístit na konstrukci podvozku.

Veškerá elektronika včetně displeje je pevně umístěna v plastové krabičce s průhledným víkem. Na krabičku byl připevněn kolébkový spínač, který slouží k zapínání a vypínání přívodu elektrické energie ke všem elektrickým částem.



Obr. 3.3 – Realizovaný návrh všesměrového podvozku

4. HW ŘEŠENÍ ŘÍZENÍ PODVOZKU

Tato část práce si klade za cíl bližšího seznámení s hardwarovými prvky, které jsou použity na všesměrovém podvozku.

4.1 ŘÍDÍCÍ POČÍTAČ FOX BOARD LX832

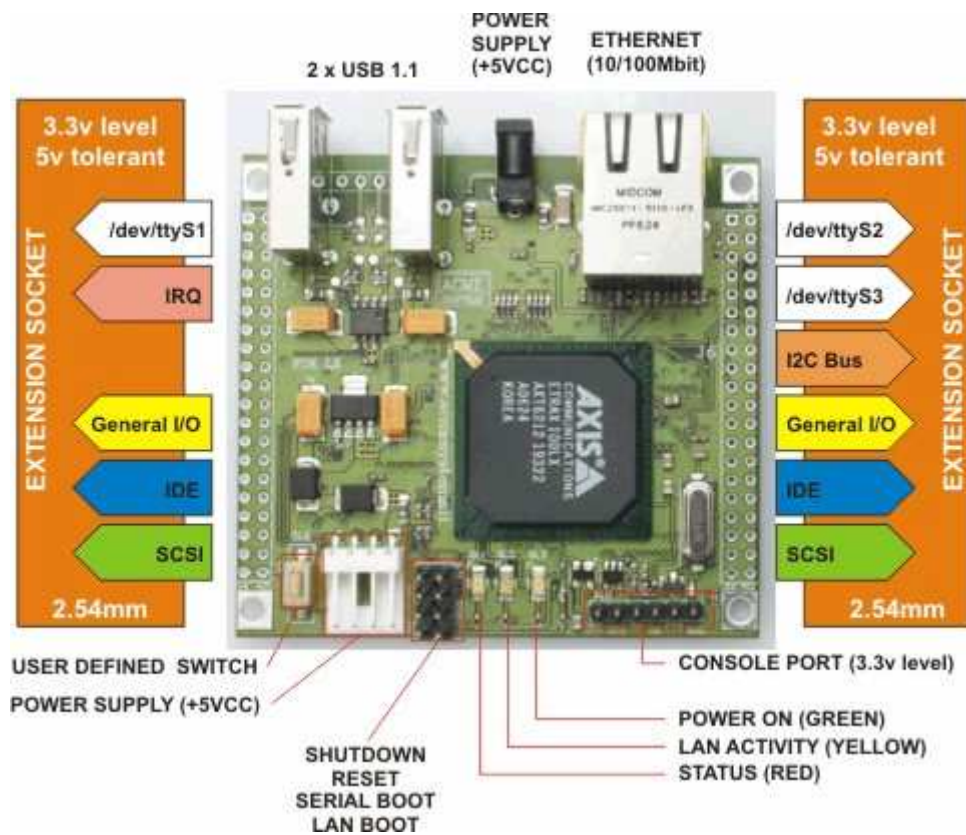
Pro řízení všesměrového synchronního podvozku byl vybrán embedded modul FOX Board LX832, který vyrábí italská firma ACME Systems.

Jedná se o embedded modul dodávaný s operačním systémem Linux s jádrem ve verzi 2.6. Má velmi malé rozměry a je osazen 32 bitovým procesorem Axis ETRAX 100LX s taktovací frekvencí 100 MHz. Disponuje uživatelskou 8MB FLASH pamětí a 32MB operační pamětí RAM.

Vzhledem k širokému výběru portů lze k modulu připojovat mnoho druhů periférií. Na obr. 4.1 jsou zobrazeny druhy těchto portů a jejich umístění na desce.

Základní vlastnosti modulu FOX Board LX832 jsou:

- CPU: 32 bit 100MIPS, AXIS ETRAX 100LX
- Rozhraní: 2x USB 1.1, 4x UART, I2C, SCSI, IDE, paralelní port LPT
- Paměť: 8MB Flash, 16 MB SDRAM
- 10/100 Mbit Ethernet, RJ45
- Napájení: +5V (1 Watt)
- Rozměry modulu: 66 x 72 mm



Obr. 4.1 – Popis portů a pinů modulu FOX Board LX832 [2]

Pro komunikaci s uživatelským počítačem se nabízí možnost využití RJ45 portu (10/100 Mbit/s), přes který se lze jednoduše připojit do lokální LAN sítě standardu Ethernet. V případě použití WiFi komunikace je možné využít jednoho ze dvou USB 1.1 portů k připojení bezdrátového USB modulu. Na desce se také nachází sériové rozhraní RS232, které je v této práci využito ke komunikaci s motory AI-701. Jak bude popsáno dále s výhodou také používáme implementované I²C rozhraní.

Mezi největší výhody tohoto embedded modulu patří jeho malé rozměry, cenová dostupnost a vzhledem k vysokému výpočetnímu výkonu a širokým možnostem využití i poměrně malá spotřeba. Při napájecím napětí 5V se pohybuje kolem 1W. Modul tak může nacházet uplatnění v robotice, širokém průmyslu, v menších projektech jako výkonnější náhrada mikrokontrolérů nebo v internetových sítích jako router, firewall či samostatný webový server. Možnosti jeho využití jsou velmi široké.

4.1.1 Rozhraní RS232

Rozhraní RS232 je využito při komunikaci mezi řídicím počítačem a motory. Proto zde uvedeme jeho stručný popis.

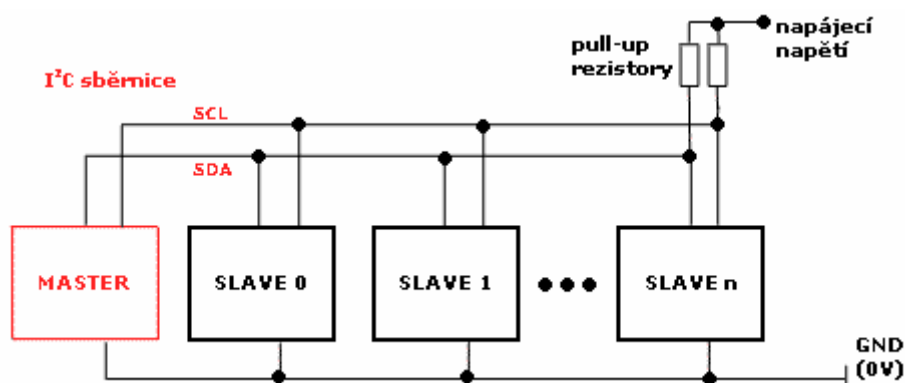
Využívá dvě napěťové úrovně. Kde logická 1 je realizována záporným napětím (podle standardu -3V až -15V) a logická 0 kladným napětím (podle standardu +3V až +15V).

Ke komunikaci po tomto rozhraní se využívají základní tři vodiče. Vodič RxD slouží pro příjem dat, TxD pro vysílání dat a vodič GND je používán jako zemnicí. Přenos dat probíhá asynchronně. Při tomto druhu přenosu musí být přesně známa rychlost komunikace. I když komunikující zařízení znají rychlost, jakou se data přenášejí, musí přijímač začít přijímat ve správný okamžik. Musí nejprve proběhnout synchronizace. Vysílač tedy musí poslat nějaká definovaná data po datovém vodiči, po jejichž přijetí se přijímací zařízení zesynchronizují. Každé sekvenci datových bitů předchází jeden start bit, kterým se logická hodnota na lince přepne (původně v klidovém stavu) do opačného stavu. Po datových bitech následuje paritní bit a za ním jeden nebo více stop bitů, během kterých je linka opět v klidovém stavu.

4.1.2 Sběrnice I²C

Vzhledem k použitému A/D převodníku PCF8591P a sonarům SRF08, jejichž komunikace probíhá po I²C, se bylo třeba s touto sběrnicí blíže seznámit.

Jde o dvouvodičovou sériovou sběrnicí. Disponuje vodičem SDA (serial data) a SCL (serial clock). Možné propojení jednotlivých integrovaných obvodů ukazuje Obr. 4.2.



Obr. 4.2 – Připojení integrovaných obvodů ke sběrnici I²C

Standardní komunikační rychlost je do 100kb/s. Maximální možná rychlost dosahuje v režimu high-speed až 3.4Mb/s (verze 2.0).

Na sběrnici je v nejjednodušším případě jedno zařízení typu MASTER, které řídí sběrnici a jedno nebo více zařízení SLAVE. Pokud si MASTER přeje zahájit komunikaci, vyšle nejprve adresu cílového zařízení. Zařízení SLAVE poslouchají na sběrnici. Pokud některý z nich zjistí, že byla vyslána jeho adresa, potvrdí přijetí pomocí signálu ACK (přidrží vodič SDA ve stavu Low) po dobu devátého hodinového impulsu. Adresa je 7-mi bitová. Osmý bit (Read/Write) je použit pro signalizaci režimu komunikace. Je-li tento bit nastaven na logickou 1, bude se ze zařízení SLAVE číst. V opačném případě bude proveden zápis.

Na začátku každé komunikace vysílá zařízení MASTER start sekvenci a na konci komunikace stop sekvenci. Stav vodiče SDA je možné měnit pouze tehdy, je-li vodič SCL ve stavu Low. Za platná data na vodiči SDA jsou považována ta, během kterých je vodič SCL ve stavu High. Výjimku tvoří pouze start a stop sekvence.

Úroveň High je na sběrnici v klidovém stavu tvořena upínacími rezistory, které jsou připojeny na napájecí napětí. To znamená, že kterékoli zařízení může ovlivňovat stav na vodičích SDA a SCL bez nebezpečí zničení jiného zařízení.

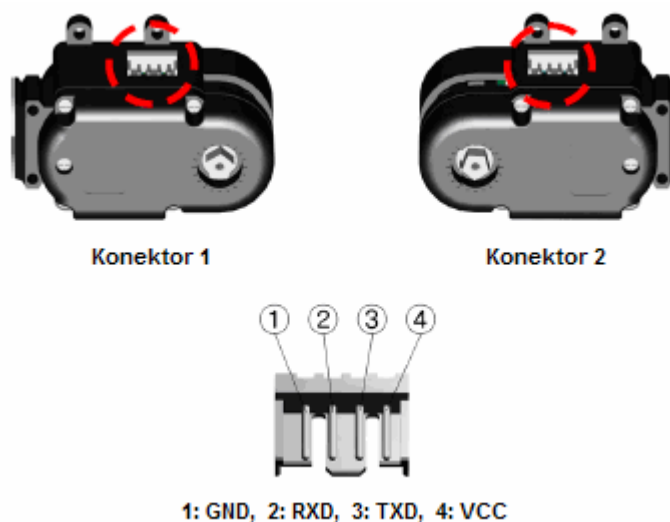
4.2 POHONNÝ MODUL

Jako pohonný modul pro všesměrový podvozek byl zvolen motor AI-701[4]. V robotice je díky svým parametrům hojně používán.

V motoru je integrována pohonná jednotka, která je tvořena stejnosměrným motorem. Dále motor v sobě obsahuje převodovku, řídicí jednotku a měřící člen.

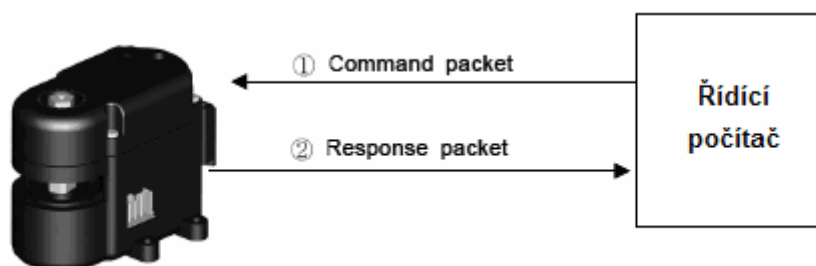
Řízení stejnosměrného motoru a komunikaci s okolím zajišťuje řídicí jednotka, kterou je jednočipový procesor. Komunikace s okolím probíhá po asynchronním sériovém rozhraní RS232 s TTL logikou. Měřící člen obsahuje snímač pozice a snímač elektrického proudu odebíraného motorem. Tím, že řídicí jednotka předává informace z měřícího členu řídicímu počítači, je možné řízení modulu se zpětnou vazbou.

Komunikace s motory probíhá přes jejich předem definovaný komunikační protokol, který je popsán v datasheetu výrobce [4]. Každý příkaz pro motor je složen z hlavičky, dat a kontrolního součtu. Motory jsou připojovány přes čtyřpinový konektor. Dva piny slouží pro napájení motoru a zbylé dva pro komunikaci přes sériové rozhraní (Obr. 4.3).



Obr. 4.3 – Popis pinů konektoru motoru AI-701[4]

Motory lze paralelně zapojovat na jeden kanál sériové linky. Takto lze připojit až 31 motorů. Můžeme si také zvolit z několika druhů operačních módů. Motor se tak může například otáčet různě nastavitelnou rychlostí o 360°, nebo jej můžeme hrubě či jemně natáčet v rozsahu 0-332° či 0-166°, apod.



Obr. 4.4 – Komunikace mezi motorem a řídicím počítačem [4]

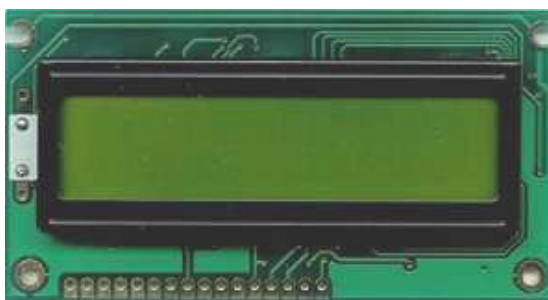
4.3 LCD DISPLEJ

LCD displeje se rozdělují na dva základní typy. Těmi jsou maticové alfanumerické a grafické displeje.

Alfanumerické displeje jsou schopné zobrazovat pouze alfanumerické údaje (písmena a číslice). Popřípadě jednoduché grafické symboly definované v základním rastru znaků. Zobrazovací plocha je rozdělena na řádky a sloupce. Každý prvek takovéto tabulky je maticí bodů, kterou ovládáme zobrazení požadovaného znaku.

Grafické displeje mají plochu složenou z jednotlivých bodů. Matice pokrývá celou viditelnou oblast a můžeme tak ovládat každý bod samostatně. Jsou náročnější na obsluhu než alfanumerické. Lze na nich však vykreslovat jakékoliv obrazy.

LCD displej slouží jako externí zobrazovací jednotka na všesměrovém podvozku. Informuje o aktuální hodnotě napětí akumulátoru. Pro tento účel byl vybrán alfanumerický displej MC1602E-SYL/H (Obr 4.5). Disponuje velikostí 16x2 znaků. Jeho výhodou je velmi nízká cena a standardní řadič HD44780 od firmy Hitachi. Ten ovládá celý displej a zajišťuje komunikaci s okolím.



Obr. 4.5 – Fotografie LCD displeje MC1602E-SYL/H

4.3.1 Zapojení vývodů LCD

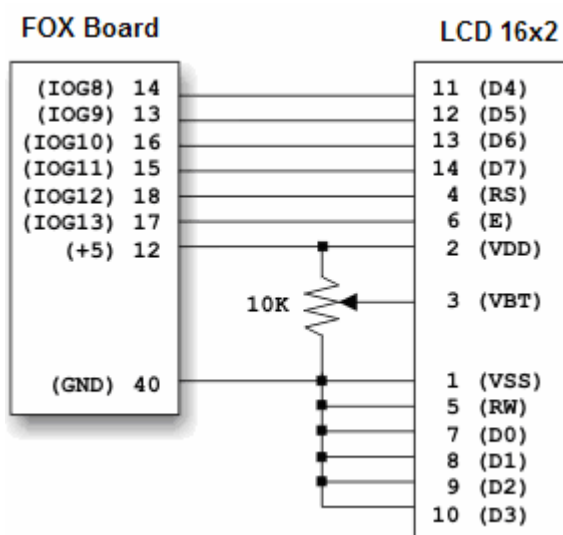
Pro komunikaci s displejem je nutné se připojit na jeho rozhraní. K dispozici máme celkem 16 vývodů, jejichž funkce jsou objasněny v tabulce 4.1.

Číslo vývodu	Název	Popis funkce
1	V _{SS}	Napájení GND
2	V _{DD}	Napájení +5V
3	V _O	Kontrast 0V...5V (typ. 0,8V)
4	RS	Registr Select (0=instrukce, 1= data)
5	R/W	Zápis/čtení z LCD (0 = zápis, 1=čtení)
6	E	Řídicí impuls platnosti dat na sběrnici (hrana 1-> 0)
7	DB0	Datový bit 0 – LSB
8	DB1	Datový bit 1
9	DB2	Datový bit 2
10	DB3	Datový bit 3
11	DB4	Datový bit 4
12	DB5	Datový bit 5
13	DB6	Datový bit 6
14	DB7	Datový bit 7 – MSB
15	A	Podsvícení – anoda LED (+5V)
16	K	Podsvícení – katoda LED (GND)

Tab. 4.1 – Zapojení vývodů LCD displeje MC1602 [5]

Před samotným zapojením displeje k řídicímu počítači je třeba zvolit druh komunikace. Řadič totiž nabízí možnost komunikace po 4 nebo 8-bitové sběrnici. Pro jednodušší zapojení byla zvolena 4-bitová komunikace. První čtyři bity jsou uzemněny a přenos probíhá pouze po datových vodičích 4 až 7. Každý byte je pak rozdělen na dvě části. Nejdříve se posílají vyšší 4 bity a potvrdí sestupnou hranou Enable (vývod č.6) a pak nižší 4 bity rovněž potvrzené sestupnou hranou Enable. Z tohoto důvodu je komunikace po 4-bitové sběrnici dvakrát pomalejší než po 8-bitové.

Na obr. 4.6 je znázorněno zapojení vývodů displeje k I/O bráně řídicího počítače.



Obr. 4.6 – Zapojení displeje k řídicímu počítači

4.3.2 Instrukce pro řízení LCD displeje

Řízení displeje probíhá podle přesně daných instrukcí. Tím je značně ulehčena komunikace s LCD. Před použitím displeje bylo třeba se seznámit se způsobem zapojení daného modelu a instrukční sadou.

V programu pro ovládání displeje je nejdříve nutné provést jeho základní inicializaci. V té se nastaví počet bitů datové komunikace, směr psaní znaků, posun řádku, pozice a blikání kurzoru. Po této inicializaci je již displej připraven ke komunikaci.

4.4 WIFI MODUL

Pro bezdrátový přenos dat mezi uživatelským počítačem a řídicím počítačem byl pořízen WiFi USB modul D-Link DWL-G122. Tento typ byl vybrán kvůli jeho plné kompatibilitě s řídicím počítačem, u jehož výrobce má plnou podporu. Přesto je nutné pro zprovoznění tohoto modulu upravit původní firmware pro FOX Board LX832. Tato úprava zapíná podporu pro bezdrátové sítě a pro konkrétní typ použitého adaptéru. Podrobný návod k této úpravě je umístěn na přiloženém DVD.



Obr. 4.1 – Fotografie WiFi modulu

Základní vlastnosti WiFi modulu:

- Rozhraní USB 2.0 (1.1)
- Interní anténa
- WEP/WPA zabezpečení
- Max. přenosová rychlost 54 Mbit/s
- Chipset Ralink RT73

4.5 SONARY SRF08

Pro detekci překážek se jako nejvýhodnější řešení jevílo použití ultrazvukových detektorů. Princip měření vzdálenosti k překážce je založen na principu měření doby mezi vysláním akustického signálu a přijetím odraženého akustického signálu – echa.

Všesměrový podvozek je osazen čtyřmi sonary SRF08 [6], které komunikují po I²C sběrnici. Pro jejich správnou funkčnost je nutný update I²C driveru řídicího počítače. Podrobný návod je popsán na přiloženém DVD.

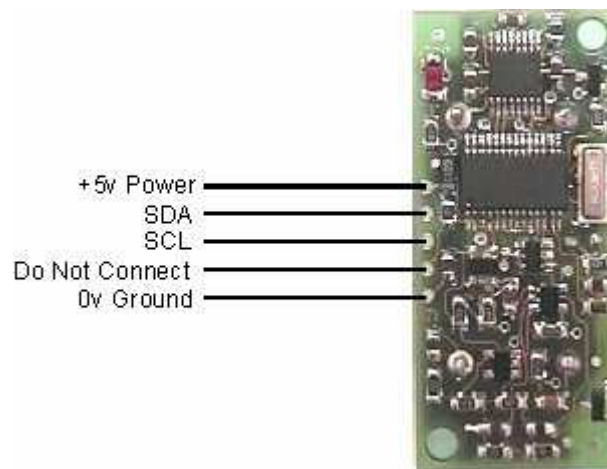
Základní parametry I²C sonaru:

- Pracovní frekvence 40kHz
- Vyzařovací úhel sonaru je 72°.
- Napájení 5V/15mA (3mA standby)
- Rozsah 3cm - 6m
- Světelný senzor
- Výstup I²C interface
- Rozměry 43x20x16 mm



Obr. 4.7 – Sonar SRF08

Zapojení vývodů je zobrazeno na obr. 4.8. Pin *Do not connect* musí zůstat nezapojen, používá se pouze k naprogramování při výrobě.



Obr. 4.8 – Zapojení vývodu sonaru SRF08

Sonar obsahuje celkem 36 registrů. Jejich význam lze vyčíst z dokumentace [6]. Zápisem příslušného kódu do příkazového registru nastavujeme jeden ze dvou dostupných módů měření. V našem případě mód Ranging (měření vzdálenosti). Můžeme si také vybrat v jakém formátu naměřená hodnoty vzdálenosti k překážce poskytovány. Zda v palcích, centimetrech nebo mikrosekundách. Zápisem do registru zároveň odstartujeme vlastní měření. Doba čekání pro vyčtení dat je defaultně nastavená na 65ms.

4.6 NAPÁJENÍ

Každé pohyblivé se zařízení - tedy i mobilní robot potřebuje nějaký zdroj energie, ze kterého bude napájen jeho řídicí a senzorický subsystém včetně pohybového. Mobilní robot můžeme v etapě jeho ožívání napájet z externího stabilizovaného zdroje napětí. Při jeho reálném nasazení pak zpravidla není vhodné, aby byl robot napájen externím zdrojem a s ním spojen vodiči. Zařízení je tedy nutné napájet z vlastní energetické jednotky. Nejrozšířenějšími zdroji elektrické energie jsou v této oblasti buď primární články nebo akumulátory. Mezi nejdůležitější parametry při volbě vhodného typu článku jsou maximální proudová zatížitelnost, velikost vnitřního odporu, rychlost samovybití, životnost, teplotní podmínky okolí,

kapacita, počet nabíjecích cyklů a existenci či neexistenci paměťového efektu a v neposlední řadě rozměry a hmotnost. [7]

4.6.1 Druhy akumulátorů

V současné době se na trhu vyskytuje pět nejčastěji používaných druhů akumulátorů.

4.6.1.1 Pb - olověné

Jde o nejstarší druh akumulátorů známý např. z automobilů. V robotice se však převážně používají tzv. bezúdržbové hermetické gelové akumulátory.

Mezi jejich největší klady patří dlouhá životnost, vysoká kapacita a nízké samovybíjení. Jejich značnou nevýhodou je malá energetická hustota a tím zapříčiněná velká hmotnost a rozměry.

4.6.1.2 NiCD – NiklKadmiové

Svého času hojně používané akumulátory převážně v modelářské praxi. Hlavně tam, kde jsou proudové odběry v řádech desítek ampér.

Výhodou je jejich nízká pořizovací cena, schopnost dodávat vysoké proudy, široký rozsah provozních podmínek a vysoký počet nabíjecích cyklů. Tyto akumulátory jsou vytlačovány z důvodu jejich velké ekologické závadnosti a malé energetické hustoty.

4.6.1.3 NiMH – NiklMetalHydridové

Předchozí druh NiCD akumulátorů je nahrazován ekologicky nezávadným typem NiMH. Při stejných rozměrech dosahují akumulátory vyšší kapacity a nižší hmotnosti. Trpí však rychlejším samovybíjením, menším počtem nabíjecích cyklů a mají rovněž o něco nižší maximální proudový odběr.

4.6.1.4 Li-Ion – Lithium-Iontové

Tento druh akumulátorů je hojně používán v mobilních telefonech a v přenosných počítačích. Mají velice dobrou energetickou hustotu a velmi malé samovybití. Příznivý je i vysoký počet nabíjecích cyklů. Jejich nevýhodou je dlouhá doba nabíjení, vyšší pořizovací cena a neschopnost dodávat vysoké proudy.

4.6.1.5 Li-Pol – Lithium-Polymerové

Posledním a stále častěji používaným druhem jsou Li-Pol akumulátory. Oproti předchozímu typu Li-Ion nemusí být zapouzdřeny v kovovém obalu, ten tvoří gel. Mají menší vnitřní odpor, jsou schopny dodávat větší proudy a mají lepší energetickou hustotu. Nevýhodou zůstává vyšší pořizovací cena a dlouhá doba nabíjení.

Vlastnosti výše popsaných druhů akumulátorů porovnává tabulka 4.2.

Typ akumulátoru	Pb	NiCd	NiMH	Li-on	Li-Pol
Jmenovité napětí [V]	2,0	1,2	1,2	3,6	3,7
Hustota energie [Wh/l]	85	140	180	200	250
Hustota energie [Wh/kg]	30	39	57	90	110
Samovybití [%/den]	0,1	1	1,5	0,5	0,5
Počet nabíjecích cyklů [-]	>1000	1000	800	400	300
Rychlonabíjení [min]	60 min	15min	30 min	60min	60 min

Tab. 4.2 – Vlastnosti běžných typů akumulátorů [7]

4.6.2 Výběr akumulátoru

Největší váhu pro výběr akumulátoru měla v našem případě kapacita, hmotnost, rozměry a samozřejmě cena. S přihlédnutím na tato kritéria byl pořízen Li-Pol akumulátor E-TECH GP 2250mAh.



Obr. 4.9 – Akumulátor Li-pol 2250mAh

Všesměrový podvozek je osazen řídicím počítačem, jehož odběr proudu je v aktivním režimu 280mA. Po připojení bezdrátového modulu tento odběr naroste na trvalých 500mA. Dále nesmíme opomenout na senzorickou a pohonnou část. Spotřeba čtyř ultrazvukových senzorů se pohybuje kolem 60mA. Pohonná část je tvořena čtyřmi motory AI-701. Jejich celková spotřeba se během řízení podvozku pohybuje kolem 200mA. Špičky odebíraného proudu dosahují do 450mA. V praxi byl naměřen trvalý odběr proudu osazeného podvozku 550mA v klidovém režimu. Během řízení, tedy v aktivním režimu, bylo dosahováno průměrných hodnot kolem 800mA.

Na jedno nabití vydrží podvozek s vybraným Li-Pol akumulátorem téměř 3h v aktivním režimu.

Jmenovité napětí [V]	Kapacita jmen./typ. [mAh]	Max vybíjecí proud [A]	Rozměry [mm]	Hmotnost [g]
7,4	2200/2250	35	100x35x18	126

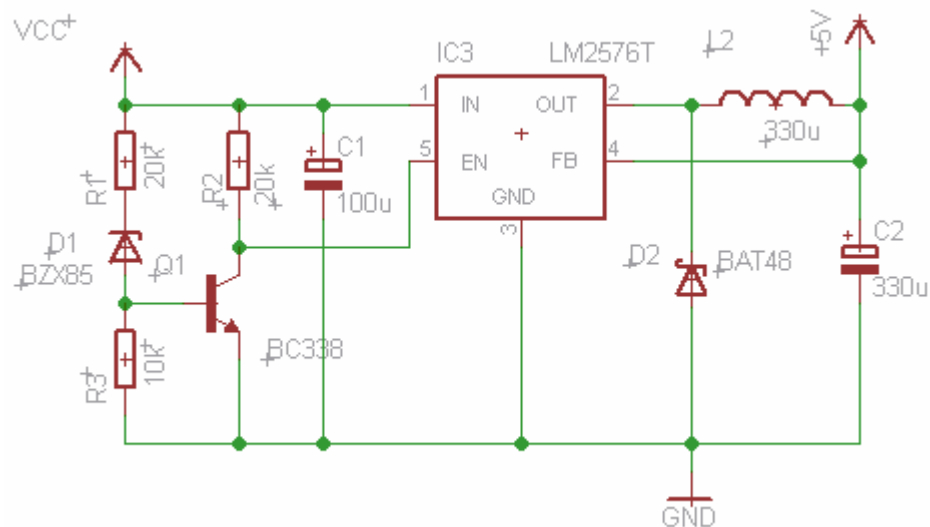
Tab. 4.3 – Parametry Li-Pol akumulátoru E-TECH GP 2250mAh

4.6.3 Spínaný +5V stabilizátor

Všechny hardwarové komponenty osazené na podvozku vyžadují napájecí napětí +5V. Proto bylo nezbytné navrhnout a zkonstruovat stabilizátor napětí.

Požadavky byly kladeny na velkou účinnost, vstupní napětí s rozsahem 7 až 25V (pro možnost napájení i z externího zdroje) a maximální možný výstupní proud alespoň 1A.

Na základě těchto podmínek byl vybrán spínaný stabilizátor LM2576T. Tento obvod má velmi dobrou účinnost, tím i malé tepelné ztráty a je schopen do zátěže trvale dodávat proud až do 3A. Další jeho předností je potřeba minimálního počtu součástek, jejichž hodnoty byly voleny dle katalogového listu výrobce [8]. Schéma zapojení obvodu je zobrazeno na obr 4.10.



Obr. 4.10 – Schéma zapojení obvodu LM2576T

Na výstupu stabilizátoru je zapojen pouze vlastní energetický obvod – rychlá Schottkyho dioda D1 s cívkou L1. Výstup cívky je přiveden jako zpětná vazba na pin FB. Na vstupu i výstupu jsou proti zemi zapojeny dva filtrační kondenzátory C1 a C2.

Při návrhu stabilizátoru bylo využito další jeho přednosti a tou je možnost vypnutí celého obvodu a uvést ho do klidového režimu s téměř nulovou spotřebou. Děje se tak přivedením kladné TTL logiky na pin ON/OFF. Záporná TTL logika (napětí nižší než 1,6V) ho zase zapíná. Tímto byla vyřešena podpěťová ochrana Li-Pol akumulátoru, která pomáhá zabránit jeho zničení. Klesne-li totiž napětí na akumulátoru pod úroveň 6V, dochází k jeho nevratnému poškození.

Hodnota vypínacího napětí byla zvolena na hodnotu +6,4V, neboť pro nižší hodnotu vstupního napětí už nebylo zaručeno +5V na výstupu stabilizátoru a tak se zdála být ideální. Tato mez se nastavuje pomocí Zenerovy diody. A je počítána dle rovnice (4.1) [8].

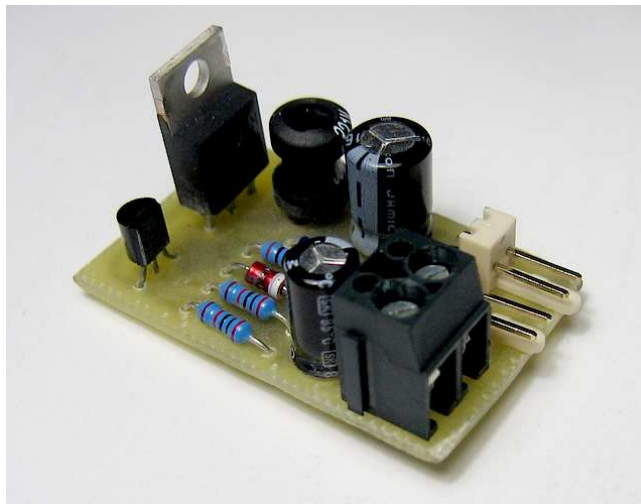
$$V_{OFF} = V_{Z1} + 2 \cdot V_{BE} \quad (4.1)$$

V_{OFF} - vypínací mez stabilizátoru; [V]

V_{Z1} - napětí na Zenerově diodě; [V]

V_{BE} - napětí na přechodu tranzistoru báze-emitor; [V]

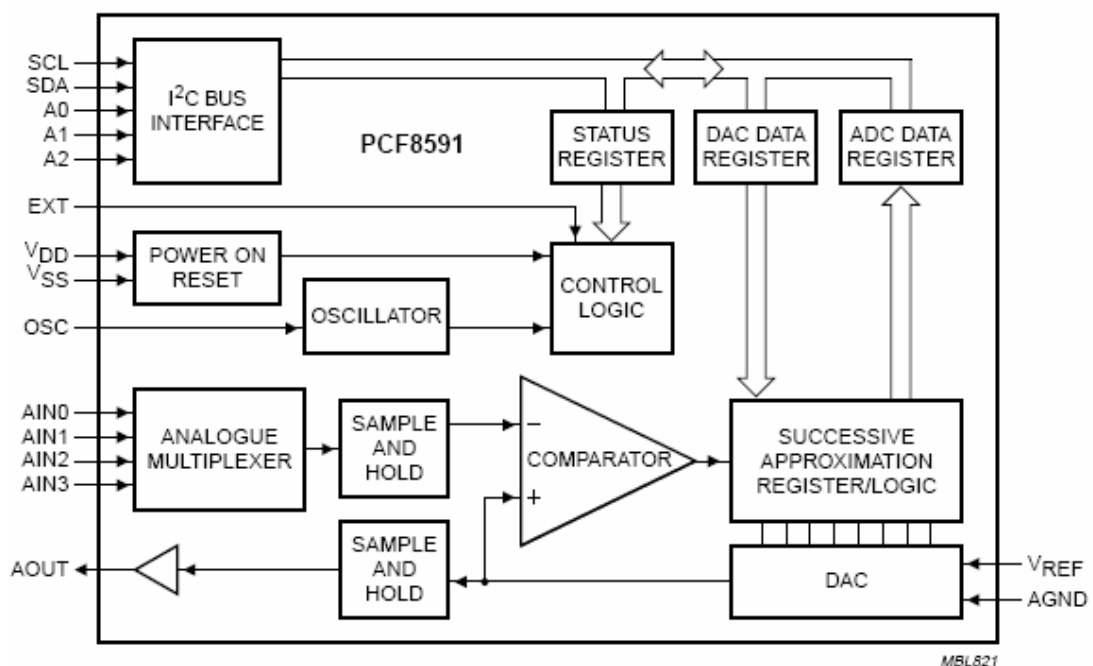
Schéma zapojení stabilizátoru a deska plošných spojů byly vytvořeny v programu EAGLE 5.4.0. Schéma zapojení, výrobní a osazovací plán desky jsou uvedeny na příloženém DVD. Na obr 4.11 je zobrazena fotografie modulu.



Obr. 4.11 – Fotografie spínaného 5V stabilizátoru

4.7 A/D PŘEVODNÍK PCF8591P

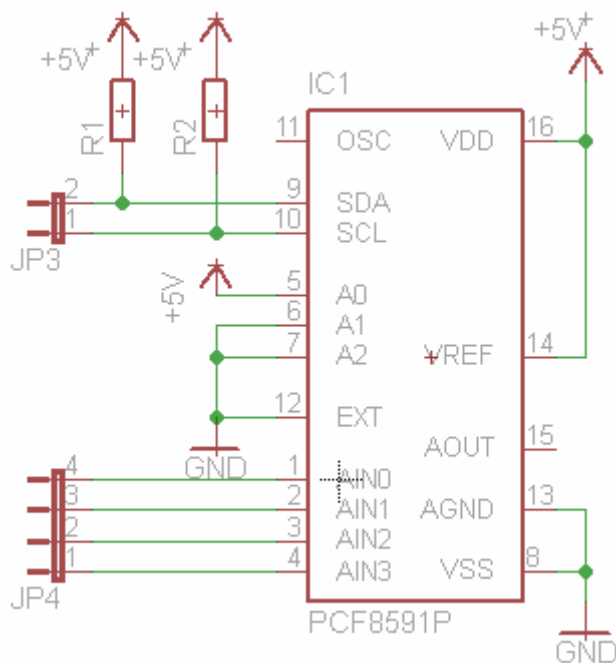
Aby bylo možné měřit napětí z akumulátoru a zobrazovat jej na displeji a v uživatelské aplikaci, byl pro převod napětí do číslkové podoby vybrán A/D převodník firmy Philips PCF8591P [9]. Jeho blokové schéma je zobrazeno na obr. 4.12



Obr. 4.12 – Blokové schéma A/D převodníku PCF8591P [9]

Jedná se o 8-bitový převodník s postupnou aproximací, který disponuje čtyřmi analogovými vstupy. Měřicí rozsah se nastavuje napětím na referenčním vstupu V_{REF} . Napětí na tomto vstupu však nesmí překročit napájecí napětí V_{DD} . Převodník PCF8591P komunikuje po I^2C sběrnici (kapitola 4.1.2). S tímto obvodem však byly značné problémy s komunikací po hardwarové I^2C sběrnici. Nepomohl ani update driveru na řídicím počítači. Tento problém byl vyřešen připojením pinů SDA a SCL na I/O rozhraní řídicího počítače a I^2C komunikace byla řešena pouze

softwarově. Vodič SDA je připojen na pin J7.21 řídicího počítače a vodič SCL pak na pin J7.13.



Obr. 4.13 – Zapojení A/D převodníku PCF8591P

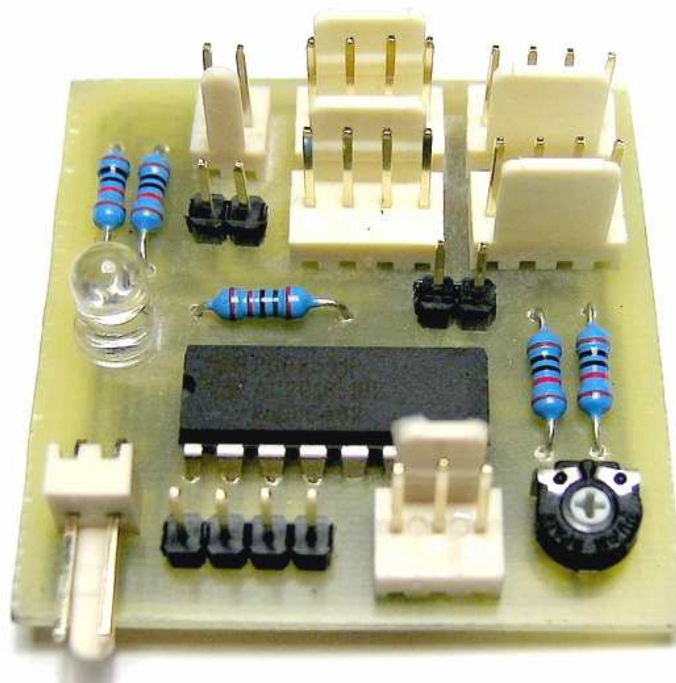
Na obr. 4.13 je zobrazeno použité zapojení převodníku PCF8591P. Na první vstupní analogový pin AIN0 je pomocí servisního konektoru dvoučlankového 7,4V Li-Pol akumulátoru přivedeno napětí pouze jednoho článku. Změřená hodnota napětí pak tedy musí být ještě zdvojnásobena. Referenční napětí převodníku postačí stejné jako napájecí napětí samotného čipu, které má velikost +5V. Rozlišení při tomto referenčním napětí tak odpovídá přibližně 0,02V. Důležité je zapojení tří adresovacích pinů, které určují adresu, na níž bude zařízení dostupné na I²C sběrnici. Na jednu sběrnici tak lze připojit až 8 takovýchto zařízení.

4.8 UNIVERZÁLNÍ MODUL

Pro připojení výše popsaných hardwarových částí k řídicímu počítači bylo třeba navrhnout a zrealizovat univerzální modul. Schéma zapojení a následně deska plošných spojů jsou vytvořeny v programu EAGLE 5.4.0.

Modul umožňuje připojení čtyř ultrazvukových dálkoměrů a jejich propojení na I²C sběrnici k řídicímu počítači. Díky vyvedeným pinům z této sběrnice je možné k modulu připojit i jakékoliv další zařízení komunikující po I²C. Na desce je umístěn konektor pro displej, jež slouží k jeho napájení a trimr, pomocí kterého lze regulovat kontrast displeje. Modul je dále osazen A/D převodníkem PCF8591P (kapitola 4.7) a indikační nízkopříkonovou 2mA LED diodou. Konektory na desce jsou opatřeny zámek, tím je ošetřena ochrana proti přepólování.

Schéma zapojení, výrobní a osazovací plán desky jsou uvedeny na příloženém DVD. Na Obr. 4.14 je zobrazen pohled na hotový modul.



Obr. 4.14 – Fotografie univerzálního modulu

5. SW ŘEŠENÍ ŘÍZENÍ PODVOZKU

Softwarové řešení se skládá z programu pro minipočítač, jehož primárním úkolem je správa podvozku a komunikace s motory a grafické aplikace pro klientské PC. Z té lze model ovládat a přehledně sledovat jeho stav. Tyto programy budou podrobněji popsány v následujících částech.

5.1 KOMUNIKACE

Při návrhu softwaru pro řízení modelu synchronního všesměrového podvozku bylo nejprve nutné myslet na vzájemnou komunikaci mezi motory podvozku, řídicím počítačem (tzv. serverem) a uživatelským počítačem (tzv. klientem).

5.1.1 Komunikace mezi motory podvozku a serverem

Vzhledem k použitým motorům AI-701 probíhá komunikace mezi řídicím počítačem a motory po asynchronní sériové lince RS232 s TTL logikou. Komunikace s nimi probíhá přes jejich předem definovaný komunikační protokol, který je popsán v manuálu [4]. Každý příkaz pro motor je složen z hlavičky, dat a kontrolního součtu. S tímto bylo třeba počítat i při návrhu programu.

Rychlost přenosu dat byla zvolena na plně dostačujících 57600 bps, při níž by měla být dosažena doba odezvy, tedy uplynulá doba od vyslání řídicího příkazu do příjmu odpovědi, dle katalogových hodnot do 2ms. Čehož v prvním zjištění dosaženo nebylo a pohybovala se řádově ve stovkách milisekund. To se jevilo jako velký problém, neboť při této odezvě by celý podvozek vykazoval velmi zpomalené reakce na řízení. Neduh však byl nalezen na straně řídicího počítače, který takto rychle přijatá data nestíhal zpracovávat. Řešení vedlo k úpravě firmwaru a následném přeflashování modulu FOX Board. Tato změna je podrobněji popsána na přiloženém DVD.

5.1.2 Komunikace mezi serverem a klientem

Přenos dat mezi řídicím počítačem a uživatelským počítačem probíhá bezdrátově pomocí WiFi modulu (kapitola 4.4) na bázi protokolu TCP/IP. K řídicímu počítači je modul připojen pomocí USB1.1 rozhraní.

Aby bylo tento bezdrátový modul možné používat, je nejprve nutné jeho zprovoznění na řídicím počítači. To provedeme změnou firmwaru, ve kterém je třeba zapnout podporu bezdrátové sítě pro náš konkrétní typ WiFi modulu D-Link DWL-G122 (rev. C1). Podrobný postup této změny je popsán na přiloženém DVD.

S každým zapnutím řídicího počítače však bylo nutné WiFi modul aktivovat ručně pomocí příkazu `/etc/init.d/wireless start`. Aby se docílilo automatického spuštění modulu ihned po zapnutí, stačilo tento příkaz vepsat do spustitelného souboru a ten poté nakopírovat do adresáře `/etc/init.d/boottime`. Obsah tohoto adresáře je po každém startu kontrolován a jsou spuštěny všechny v něm obsažené spustitelné soubory. Stejně tak je spouštěn i samotný program pro podvozek. Server má při tomto bezdrátovém spojení defaultně nastavenou IP adresu 192.168.10.90.

Nedisponuje-li uživatelský počítač standardem WiFi, nabízí se další možnost spojení a to s využitím ethernetového portu RJ45. Při tomto druhu spojení se opět využívá protokol TCP/IP, avšak s jinou fyzickou vrstvou. Proto je velkou nevýhodou tohoto spojení omezení pohybu podvozku v závislosti na délce použitého kabelu. Při této komunikaci je serveru defaultně přidělena IP adresa 192.168.0.90

5.2 PROGRAM PRO PODVOZEK

Program pro řízení všesměrového podvozku je vytvořen v objektově orientovaném jazyku C++. Uspořádání struktury celého programu do objektů značně usnadňuje jeho přehlednost a dává mu jistou pružnost. Při případné výměně nějaké hardwarové části podvozku, při které by běžně bylo nutné zasahovat do celé struktury programu, lze jednoduše modifikovat pouze jeho část.

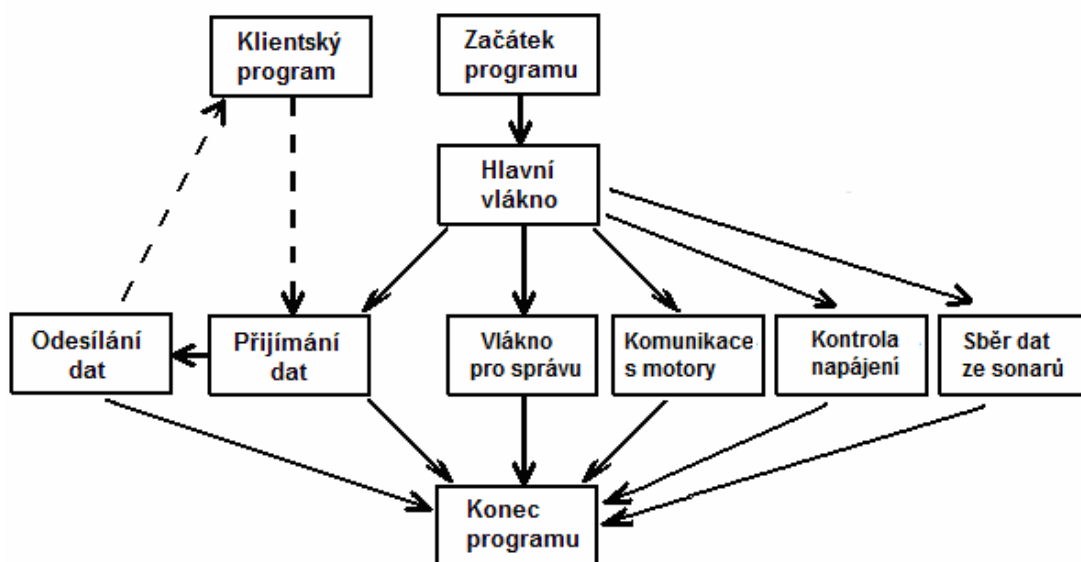
5.2.1 Popis programu

S využitím knihovny ZThread jsou v programu implementována vlákna. Díky této knihovně je možná jejich snadná kontrola, ukončování, snadné předávání proměnných parametrů mezi vlákny, apod.

Chování programu může být s vlákny organizováno do několika paralelních procesů, které pracují nezávisle a vykonávají jejich, předem určené, funkce. Vzhledem k použitému řídicímu systému, jehož procesor je jednojádrový, je paralelita pouze zdánlivá a každý proces má přidělen svůj vlastní čas, kdy je aktivní. Přesto toto řešení přináší velkou výhodu. Bez použití vláken musí program pozastavit veškeré provádění, jestliže čeká na dokončení pomalého procesu (např. čekání na data od klienta), dokud není proces dokončen. S více vlákny tento problém odpadá a lze dále pokračovat v provádění dalších vláken. Tím je zaručena větší efektivita programu.

5.2.2 Struktura programu

V programu je aplikováno celkem šest vláken. Na obr. 5.1 je zobrazena struktura celého programu.



Obr. 5.1 – Struktura programu pro řídicí počítač

5.2.2.1 Hlavní vlákno

Na začátku programu je spuštěno pouze hlavní vlákno, které slouží k inicializaci a správě ostatních vláken. Z těchto vláken pak sbírá informace.

5.2.2.2 Vlákno pro správu dat

Ve vláknu pro správu dat se inicializuje instance třídy pro ukončování vláken. V této instanci si postupně všechna vlákna ověřují, zda mohou ve své činnosti pokračovat či nikoliv. Program umožňuje v režimu ladění (debug mód) vypisovat právě prováděné akce jednotlivých vláken, a právě toto vlákno říká ostatním, zda je tento režim zapnut a zda mají prováděné akce vypisovat. V konzolové aplikaci je tak díky tomuto módu možné přehledně sledovat aktuální nastavení motorů, jejich pozice, rozlišení, apod. Monitorovat lze také veškerou komunikaci s klientem.

5.2.2.3 Vlákno pro přijímání dat

Dalším je vlákno pro přijímání dat, které při jeho startu čeká na připojení klienta. V našem případě se klient připojuje na TCP portu 3000. Došlo-li k úspěšnému připojení, vlákno zachycuje všechna data přijatá od klienta a ty posléze řadí do fronty přijatých dat. Přijatá data pak zpracovává vlákno určené pro komunikaci s motorem.

5.2.2.4 Vlákno pro odesílání dat

Jakmile je klient úspěšně připojen k vláknu pro příjem dat, je ihned spuštěno vlákno pro odesílání dat. Jeho úkolem je přijímat data od motoru a odesílat je klientovi jako odpověď.

5.2.2.5 Vlákno pro kontrolu napájení

Vlákno pro kontrolu napájení zjišťuje každých 20s velikost napětí akumulátoru z A/D převodníku a tuto hodnotu posléze odesílá na LCD displej.

5.2.2.6 Vlákno pro sběr dat ze sonarů

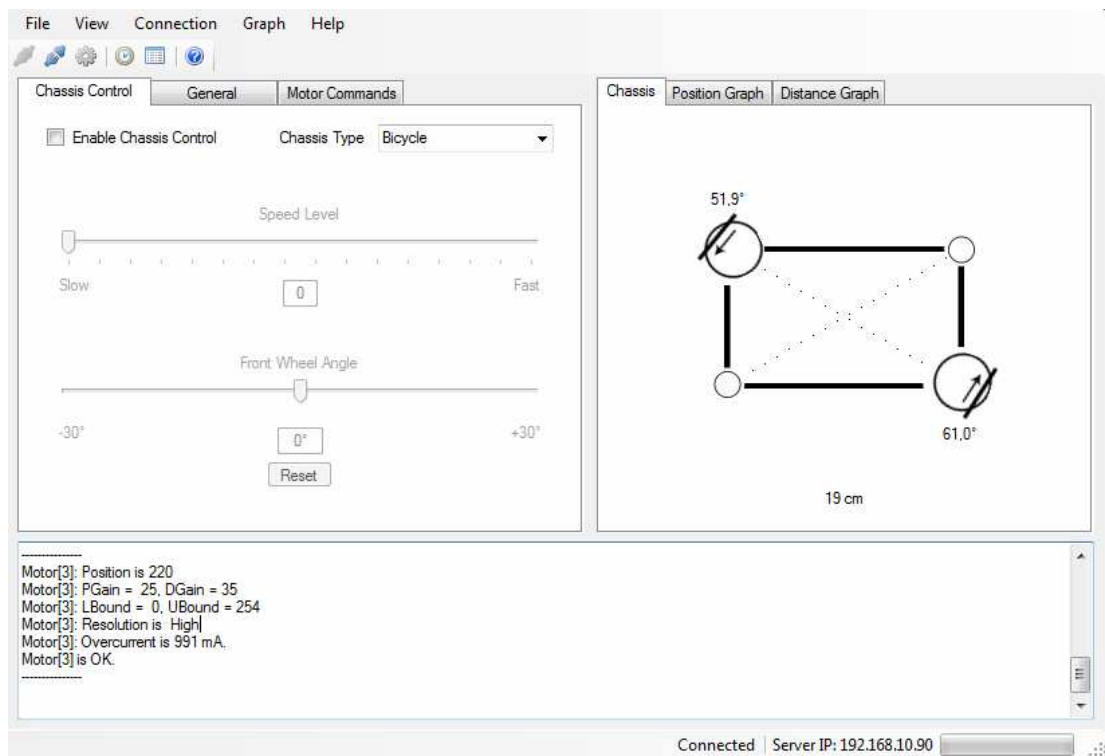
Podvozek je osazen čtyřmi ultrazvukovými dálkoměry. Zpracování dat z těchto sonarů má na starosti další k tomu určené vlákno. Děje se tak každou 1s, kdy cyklicky dochází k vyčítání dat ze sonarů.

5.2.2.7 Vlákno pro řízení motorů

Poslední běžící vlákno obstarává řízení a komunikaci s motory. Při úspěšném otevření sériového portu, kdy je možná komunikace s motory, vyzvedává toto vlákno příchozí data od klienta a postupně je zpracovává. Po identifikaci dat se provedou příslušné operace. Odpověď pro klienta je odesílána vláknem pro odesílání dat klientovi, které tyto data vyzvedává ve frontě k odeslání.

5.3 UŽIVATELSKÁ APLIKACE

Uživatelská aplikace byla vytvořena za účelem ovládní všesměrového podvozku z graficky přehledného prostředí. Je určena pro klientské PC a její vývoj probíhal v jazyce C#. Základní obrazovku aplikace ukazuje Obr. 5.2.



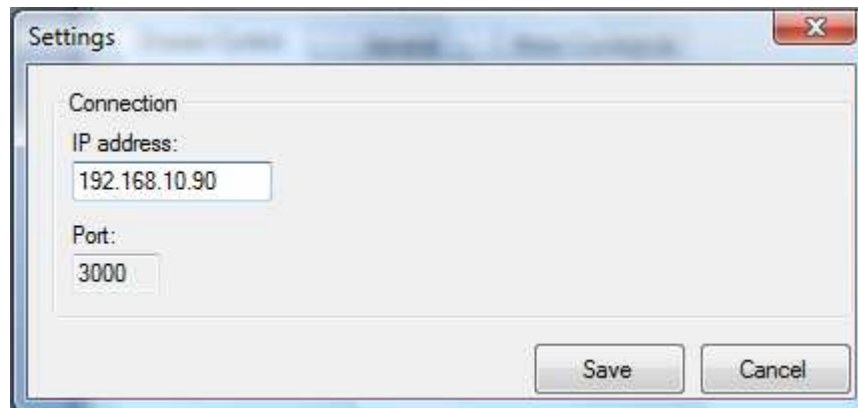
Obr. 5.2 – Okno uživatelské aplikace

5.4 POPIS PROGRAMU

Stejně jako program pro řízení všesměrového podvozku i zde se využívá vláken. Díky tomu lze dosáhnout efektivnějšího a rychlejšího běhu aplikace.

5.4.1 Vlákna

Spustíme-li aplikaci, jako první se inicializuje vlákno s grafickým rozhráním. Poté se vytvoří další vlákno pro příjem příchozích dat, které tyto data dekoduje a dále s nimi pracuje. Pro připojení k podvozku je nejdříve potřeba zadat jeho správnou IP adresu a port na kterém naslouchá.



5.4.1.1 Zadání IP adresy řídicího počítače

Po tomto kroku se již nyní můžeme připojit a navázat tak spojení s podvozkem, který dosud čekal na připojení. Komunikace s ním probíhá pomocí protokolu TCP/IP na principu server – klient pomocí soketů. V případě úspěšného připojení se vytvoří další vlákno pro příjem dat, která jsou řazena do fronty příchozích dat. Tuto frontu pak vybírá již vytvořené vlákno na příchozí data.

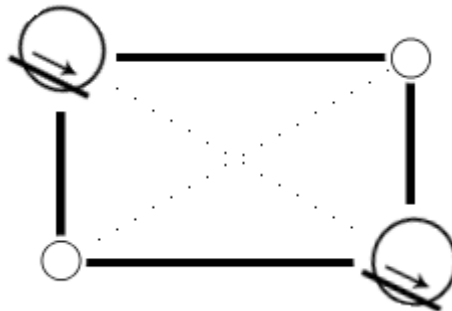
Posledním vláknem, které se při běhu aplikace vytvoří, vzniká při aktivaci řízení pro daný druh podvozku (bicykl, diferenciální) a vysílá podvozku požadavky na data potřebná k výpočtu odometrie.

5.4.2 Řízení podvozku

Jak již bylo zmíněno aplikace umožňuje řízení dvou základních druhů podvozků.

5.4.2.1 Podvozek typu bicykl

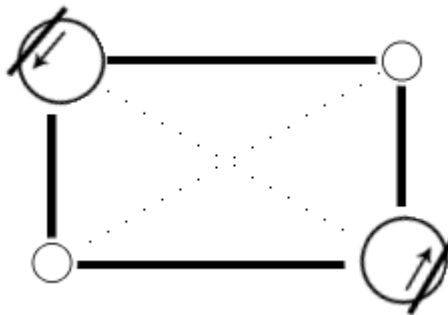
Prvním z nich je podvozek typu bicykl. Při jeho aktivaci se kola podvozku automaticky nakonfigurují do polohy zobrazené na Obr. 5.3. Podélné osy kol tak leží na přímce. V tomto režimu lze ovládat dopřednou rychlost podvozku a úhel natočení předního kola. Úhel natočení zadního kola tak zůstává konstantní a jeho rychlost je stejná s rychlostí otáčení předního kola.



Obr. 5.3 – Podvozek typu bicykl

5.4.2.2 Podvozek diferenciálního typu

Dalším druhem podvozku, který lze ovládat je podvozek diferenciálního typu. Po zvolení tohoto režimu se kola přenastaví do polohy naznačené na Obr. 5.4. Tentokrát leží na jedné přímce osy obou kol. Změnou rychlosti otáčení a směru pohybu je tak možné řídit dopřednou rychlost a úhlovou rychlost otáčení podvozku.



Obr. 5.4 – Podvozek diferenciálního typu

5.4.3 Další funkce programu

Aplikace má dále několik užitečných funkcí, které umožňují přehledně monitorovat stav a chování podvozku.

5.4.3.1 Zjišťování stavů motorů

Je-li aplikace připojena k podvozku, lze zobrazit stav jednotlivých motorů. Můžeme tak například sledovat aktuální pozici daného motoru, jeho nastavené rozlišení, omezení horní a dolní hranice natočení, apod. Tyto hodnoty jsou automaticky obnovovány s každým příchozím hlášením od podvozku.

Motor 0	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Position:		156	
Resolution:		Low	
Over Current:		808 mA.	
Lower Bound:		0	
Upper Bound:		254	
Proportional Gain:		10	
Differentiating Gain:		35	

Obr. 5.5 – Zjišťování stavů motorů

5.4.3.2 Ovládání jednotlivých motorů

Pod záložkou „General“ se skrývá ovládací panel, pomocí kterého lze ovládat každý motor zvlášť. Můžeme tak snadno změnit pozici daného motoru s různou rychlostí otáčení, případně změnu provádět synchronně pro více motorů zároveň.

Změny v nastavení u jednotlivých motorů lze provádět pod záložkou „Motor commands“. Dostupné jsou všechny druhy nastavení, které lze pro tento typ motoru AI701 změnit (proudová ochrana, meze otáčení, ID, atd.)

5.4.3.3 Zobrazení stavu podvozku

Během řízení podvozku či ovládání motorů samotných aplikace vykresluje schéma podvozku s aktuálním natočením hnacích soustav a také hodnoty přijaté se sonarů, které odpovídají vzdálenosti nejbližší překážky v centimetrech.

5.4.3.4 Odometrie

Jak již bylo zmíněno výše, je-li zvolen některý z režimu řízení podvozku vytvoří se vlákno, které cyklicky každou 1s zjišťuje pozice motorů a pomocí nich pak vypočítává ujetou dráhu za čas a relativní pozici podvozku. Tyto hodnoty jsou pak vykreslovány do grafů.

Odometrie je proces, který popisuje transformaci dat poskytnutých či naměřených na změnu pozice a orientace robota. Pro ideální diferenciální podvozek ji lze spočítat z následujících vztahů [11].

Pro zjištění změny orientace podvozku za jednotku času nám postačí rovnice (5.1) a (5.2).

$$O_{T+1} = O_T + \frac{D_R - D_L}{W} \quad (5.1)$$

O_{T+1} - orientace podvozku v čase T+1; [rad]

D_R - ujetá dráha pravého kola; [m]

D_L - ujetá dráha levého kola; [m]

W - vzdálenost mezi koly; [m]

$$D_{T,T+1} = \frac{D_R + D_L}{2} \quad (5.2)$$

$D_{T,T+1}$ - ujetá vzdálenost během doby T; [m]

Nyní již můžeme vypočítat novou polohu podvozku v kartézských souřadnicích.

$$X_{T+1} = X_T + D_{T,T+1} \cos(O_{T+1}) \quad (5.3)$$

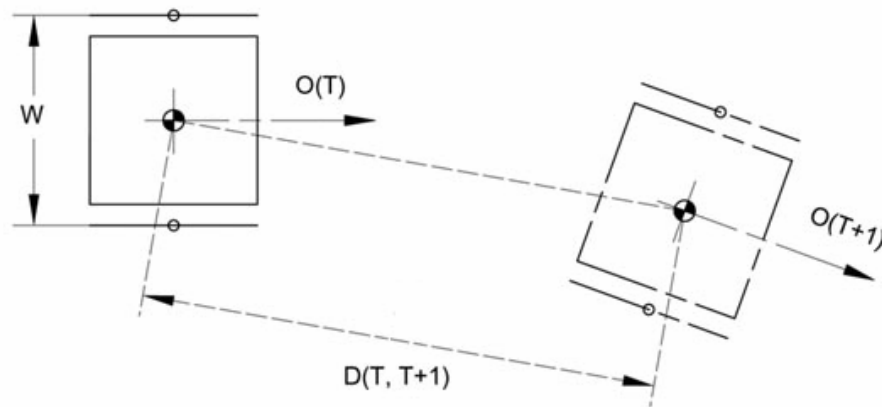
X_{T+1} - nová poloha podvozku na ose X v čase T+1; [m]

X_T - poloha podvozku na ose X v čase T; [m]

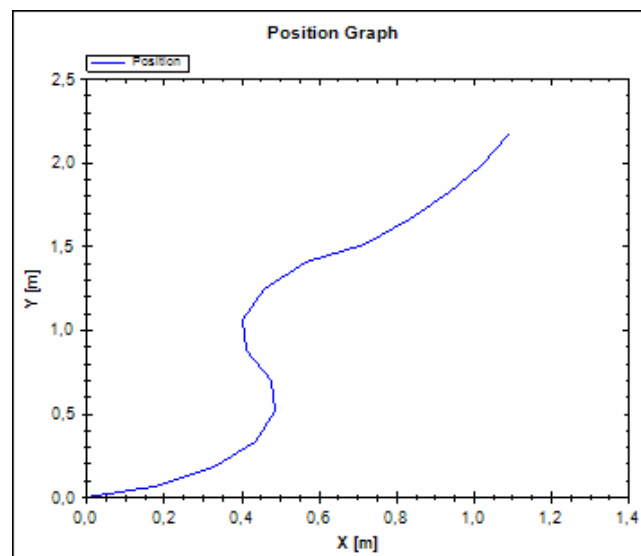
$$Y_{T+1} = Y_T + D_{T,T+1} \sin(O_{T+1}) \quad (5.4)$$

Y_{T+1} - nová poloha podvozku na ose Y v čase T+1; [m]

Y_T - poloha podvozku na ose Y v čase T; [m]



Obr. 5.6 – Odometrie diferenciálního podvozku [11]



Obr. 5.7 – Změna polohy podvozku v kartézských souřadnicích

6. ZÁVĚR

V této práci se podařilo zrealizovat funkční model všesměrového synchronního podvozku řízeného minipočítačem s pomocí grafické uživatelské aplikace.

Hnací soustavy podvozku jsou tvořeny motory AI-701 komunikujících po sériové lince. Nejdříve tedy byla řešena komunikace mezi nimi a řídicím počítačem. Zde se však objevil problém, neboť doba odezvy při příjmu dat nedosahovala katalogových hodnot 2ms, ale řádově stovek ms. Řešení vedlo k úpravě firmwaru řídicího počítače Fox Board LX832, ve kterém bylo třeba provést změnu pro rychlejší vyčítání dat ze sériové linky. Komunikace mezi řídicím počítačem a klientským počítačem probíhá pomocí bezdrátového WiFi standardu.

Program pro řízení všesměrového podvozku byl vytvářen v objektově orientovaném jazyku C++ s využitím vláken. Tyto samostatně běžící vlákna zajišťují jejich vlastní správu, řízení motorů, komunikaci s klientem, sběr dat ze sonarů a A/D převodníku.

Uživatelská aplikace pak umožňuje snadné ovládání podvozku či motorů samotných z klientského PC. Lze pomocí ní přehledně sledovat stav a chování celého všesměrového podvozku. Nabízí také možnost řízení podvozku diferenciálního typu a typu bicykl.

Pro napájení podvozku byl vybrán 7,4V Li-Pol akumulátor s kapacitou 2250mAh. Spotřeba proudu podvozku se v aktivním režimu pohybuje trvale kolem 800mA, výdrž akumulátoru na jedno nabití tak dosahuje necelých 3h. Dále bylo třeba pro napájení všech komponentů na podvozku realizovat +5V stabilizátor. Použit byl spínaný stabilizátor LM2576T. S jeho zapojením byla řešena i podpěťová ochrana, která vypíná napájecí obvod při napětí nižším než 6,4V. Tím zabraňuje případnému nevratnému poškození akumulátoru.

Podvozek byl dále osazen ultrazvukovými detektory překážek SRF08 komunikujících po I²C sběrnici. Pro zprovoznění těchto sonarů na řídicím počítači bylo třeba opět zasahovat do jeho firmwaru a provést update driveru I²C sběrnice.

K měření napětí na akumulátoru, které se zobrazuje na LCD displeji, slouží A/D převodník PCF8591P.

Pro všech připojení hardwarových částí k podvozku byl vytvořen univerzální modul. Konektory na desce jsou opatřeny zámkem, čímž je zajištěna ochrana proti přepólování.

7. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Šolc, F – Žalud, L: *Robotika*, skripta FEKT VUT, Brno 2002
- [2] ACME SYSTEMS, *FOX Board LX documentation index* [on-line].
Dostupné na:
< <http://foxlx.acmesystems.it/?id=14>>
- [3] CRAHEN, E: *ZThreads, A platform-independent, multi-threading and synchronization library for C++* [online]. Dostupné na:
< <http://zthread.sourceforge.net>>
- [4] MEGAROBOTICS, LTD: *AI Motor-701 manual* [online]. Dostupné na:
<<http://www.tribotix.info/Downloads/Megarobotics/AI%20MOTOR-701%20manual%20v1.02.pdf>>
- [5] EVERBOUQUET, *LCD display MC1602E-SYL/H datasheet* [online].
Dostupné na:
< http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/513/513-109/dsh.513-109.1.pdf >
- [6] SRF08 *Ultrasonic range finder datasheet* [online]. Dostupné na:
<<http://www.robotshop.ir/files/products/datasheets/srf08.pdf> >
- [7] Novák, P: *Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení*, BEN, Praha 2005, ISBN 80-7300-141-1
- [8] NATIONAL SEMICONDUCTOR, *LM2576 step-down voltage regulátor dataheet* [online]. Dostupné na:
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/332/332-151/dsh.332-151.1.pdf >
- [9] PHILIPS, *PCF8591P 8-bit A/D and D/A converter dataheet* [online].
Dostupné na:
<http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/433/433-079/dsh.433-079.1.pdf>

- [10] PHILIPS, *The I2C bus specification, ver2.0* [online]. Dostupné na:
< <http://esd.cs.ucr.edu/webres/i2c20.pdf> >
- [11] SIMREAL, *Odometry* [online]. Dostupné na:
< <http://www.simreal.com/content/Odometry> >