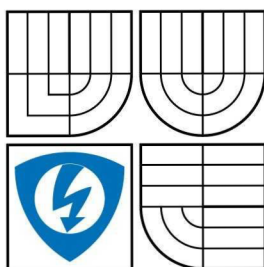


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘÍCÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ROBOTICKÁ STAVEBNICE BIOLOID COMPREHENSIVE KIT

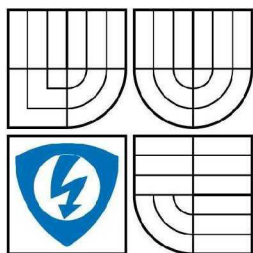
BIOLOID COMPREHENSIVE KIT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE BC. MILOŠ HUJÍK
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE DOC. ING. LUDĚK ŽALUD, PH.D.
SUPERVISOR

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a
komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Kybernetika, automatizace a měření

Student: Bc. Miloš Hujík **ID:** 83718

Ročník: 2 Akademický rok: 2008/2009

NÁZEV TÉMATU:

Robotická stavebnice Bioloid Comprehensive Kit

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s robotickou stavebnicí Bioloid Comprehensive Kit. Ověřte možnosti této stavebnice sestavením některých robotů. Navrhněte a realizujte rozšířený senzorický subsystém (snímače vzdálenosti, akcelerometry, atd.) pro tuto stavebnici. Systém otestujte.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle vlastního literárního průzkumu a doporučení vedoucího práce.

Termín zadání: 9.2.2009 Termín odevzdání: 25.5.2009

Vedoucí práce: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

prof. Ing. Pavel Jura, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

Vysoké učení technické v Brně Fakulta elektrotechniky a
komunikačních technologií
Ústav automatizace a měřicí techniky

Robotická stavebnice Bioloid Comprehensive Kit

Diplomová práce

Obor: Kybernetika, automatizace a měření
Student: Bc. Miloš Hujík
Vedoucí práce: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Abstrakt:

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout vhodný senzorický systém pro mobilního robota. V úvodní části, jsou rozebrány různé typy autonomních výukových robotů. Jsou vysvětlené jejich výhody a nevýhody z teoretického hlediska a možnosti jejich použití v praxi. V následující části je práce zaměřena na popis senzorických systémů světově významných výrobců, na popis jejich nedostatků a kvalit. V závěrečné části je popsána HW a SW realizace vlastního senzorického subsystému a jeho testování pro ověření koncepce.

Klíčová slova:

Snímače vzdálenosti, senzorický subsystém, ATmega8, Robotické stavebnice, Ultrazvukový snímač

Brno University of Technology
Faculty of Electrical Engineering and Communication
Department of Control, Measurement and Instrumentation

Bioloid Comprehensive Kit

Master's Thesis

Specialisation of study: Cybernetics, Control and Measurement
Student: Bc. Miloš Hujík
Supervisor: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Abstract:

The goal of this paper is to suggest suitable sensoric subsystem of mobile robot. There are being analyzed robotic kits of different manufacturers. Their advantages and disadvantages in the theoretical way are being explained in this part and also their opportunities of use in the practical way. In the following parts the work is focused on sensoric subsystems of other manufacturers and again are described their advantages and disadvantages. On the last part there is shown own concept of sensoric subsystem. HW and SW implementation is described and there are shown testing data of the conception.

Key words:

Distance sensors, Sensoric subsystem, ATmega8, Robotic kits, Ultrasonic sensors

Bibliografická citace:

HUJÍK, M. *Robotická stavebnice Bioloid Comprehensive Kit*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 90s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Prohlášení

„Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma *Robotická stavebnice Bioloid Comprehensive Kit* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citované v práci a uvedené v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorské práva třetích osob, hlavně jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následných 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 autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Luďkovi Žaludovi, Ph.D. za účinnou, metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce.

V Brně dne 25. 5. 2009

Podpis autora

OBSAH

Obsah.....	1
Seznam obrázků.....	4
Seznam tabulek.....	6
1. Robotické stavebnice.....	7
1.1 <i>Podstata robotické stavebnice.....</i>	7
1.2 <i>Výrobci robotických stavebnic.....</i>	9
1.2.1 Lego mindstorms.....	9
1.2.2 Fischertechnik	10
1.2.3 Robotis:	12
1.2.4 Megarobotics	17
1.2.5 Kondo	18
2. Průřez výrobními programy uvedených výrobců:.....	19
3. PŘEHLED STÁVAJÍCÍCH SENZORICKÝCH SYSTÉMŮ ROBOTICKÝCH STAVEBNIC:	22
3.1 <i>Senzory vzdálenosti.....</i>	22
3.1.1 Fa. MINDSENSORS	22
3.1.2 Fa. TECHNO-STUFF	25
3.1.3 Fa. HITECHNIC	26
3.2 <i>Snímače zrychlení.....</i>	27
3.2.1 Fa. MINDSENSORS	27
3.2.2 Fa. TECHNO-STUFF	27
3.2.3 Fa. HITECHNIC	28
3.3 <i>Senzory úhlového natočení</i>	29
3.3.1 Fa. TECHNO-STUFF	29
3.3.2 Fa. HITECHNIC	29
3.4 <i>Další typy senzorů</i>	30

3.4.1	Fa. HITECHNIC	30
3.5	Dodatek:.....	32
4.	Popis robotické stavebnice Bioloid	34
4.1	Úvod.....	34
4.2	Mechanická část	34
4.3	Řídící jednotka.....	34
4.4	Motory a jejich vlastnosti.....	36
4.5	Snímače.....	39
4.6	Programování	40
4.6.1	Behavior Control Programmer	40
4.6.2	Motion Editor	42
4.7	Naměřená data	42
4.7.1	Vlastnosti AX-S1	42
4.7.2	Zhodnocení.....	48
5.	Teoretický základ nutný pro realizaci projektu.....	49
5.1	Koncepce	49
5.2	Použité snímače	51
5.2.1	Proximitní snímače - charakteristika	51
5.2.2	Vlastnosti proximitního snímače Sharp GP2D120	56
5.2.3	Vlastnosti proximitního snímače Devantech SRF08	61
5.3	Jednočipový mikropočítač ATMEGA8.....	64
5.3.1	Teorie	64
5.3.2	Parametry	70
5.4	Programátor ASIX	72
5.4.1	Presto	72
5.4.2	Program UP	74
5.5	Programování v C.....	75
6.	Realizace.....	77

6.1	Popis hardware	77
6.2	program v C.....	80
6.3	Návod k obsluze zařízení.....	80
6.4	Funkční zařízení.....	80
7.	Závěr.....	83
8.	Použité zdroje	84

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Příklad sestavy robotu ze stavebnice Lego Mindstorms	9
Obrázek 2	Kolový robot sestavený ze stavebnice Fischertechnik	11
Obrázek 3	Ukázka robotu firmy Fischertechnik, pneumatická koncepce.....	11
Obrázek 4	Humanoidní robot sestavený ze stavebnice Bioloid, jeho význačné bloky	14
Obrázek 5	Pohonný modul AX-12, řídicí modul CM-5 a senzory AX-S1	16
Obrázek 6	Robopes, humanoid a kamera systém fy. Megarobotics	18
Obrázek 7	Humanoid fy. Kondo	18
Obrázek 8	Kingspider robot sestavený ze stavebnice Bioloid	21
Obrázek 9	Odezva Sharp GP2D120.....	23
Obrázek 10	Odezva Sharp GP2Y0A02YK	24
Obrázek 11	Odezva Sharp GP2Y0A21YK	25
Obrázek 12	Odezva snímače vzdálenosti.....	26
Obrázek 13	Snímač vzdálenosti	26
Obrázek 14	Odezva snímače zrychlení	28
Obrázek 15	Snímač zrychlení	29
Obrázek 16	Senzor úhlového natočení.....	29
Obrázek 17	Kompas	30
Obrázek 18	Senzor barvy	31
Obrázek 19	Senzor pro kolejové stavebnice	31
Obrázek 20	Senzor pro vyhledávání IR signálu.....	32
Obrázek 21	Senzor vzdálenosti, úhlového natočení, infračervená lampa.....	33
Obrázek 22	Pohled shora na řídicí jednotku a ovládací prvky.....	35
Obrázek 23	Motory AX-12 pohled zepředu, zezadu	36
Obrázek 24	Motory AX-12 - řetězení	37
Obrázek 25	Piny AX-12.....	38
Obrázek 26	Poloduplexní UART	38
Obrázek 27	AX-S1	39
Obrázek 28	Ukázka prostředí Behavior Control Programmer.....	41

Obrázek 29 Ukázka kódu v Behavior Control Programmer	41
Obrázek 30 Uživatelské rozhraní programu Motion Editor.....	42
Obrázek 31 Senzorický systém AX-S1.....	43
Obrázek 32 Výstupní charakteristika snímačů pro dřevo	45
Obrázek 33 Výstupní charakteristika snímačů pro zrcadlo.....	45
Obrázek 34 Směrová charakteristika senzoru vzdálenosti.....	48
Obrázek 35 Typický princip práce kapacitního snímače vzdálenosti.....	52
Obrázek 36 Princip magnetického senzoru s nasycovaným jádrem cívky	53
Obrázek 37 Typický princip fotoelektrického snímače vzdálenosti	54
Obrázek 38 Princip PSD snímače	57
Obrázek 39 Princip proporcionální změny na PSD prvku	58
Obrázek 40 Geometrické rozměry a blokový diagram GP2D120	59
Obrázek 41 Závislost výstupního napětí na osvětlení cíle	60
Obrázek 42 Závislost výstupního napětí na vzdálenosti cíle a jeho reflektivitě	60
Obrázek 43 Závislost výstupního napětí na okolní teplotě.....	61
Obrázek 44 Zapojení sonaru SRF08	62
Obrázek 45 Pouzdro a značení pinů ATMega8	70
Obrázek 46 - Programátor Presto.....	72
Obrázek 47 – Propojení programátoru Presto s procesorem, čísla a označení přípojovaných vývodů.....	73
Obrázek 48 – Okno programu UP.....	74
Obrázek 49 Vzor vrchní a spodní vrstvy DPS pro leptání	78
Obrázek 50 Rozmístění součástek na DPS, označení význačných pinů.....	78
Obrázek 51 Osazená deska DPS	79
Obrázek 52 Obvod a senzory umístěné v krabičce	79
Obrázek 53 Závislost výstupní hodnoty na vzdálenosti 3-100 cm	82
Obrázek 54 Závislost výstupní hodnoty na vzdálenosti 2-9 m	82

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vlastnosti motoru AX-12.....	37
Tabulka 2 Vlastnosti snímací jednotky AX-S1.....	40
Tabulka 3 Naměřené hodnoty pro centrální snímač s dřevem (vlevo) a zrcadlem (vpravo).....	44
Tabulka 4 Naměřené hodnoty pro boční senzory - dřevo.....	46
Tabulka 5 Naměřené hodnoty pro boční senzory - zrcadlo.....	46
Tabulka 6 Naměřené hodnoty směrové charakteristiky.....	47
Tabulka 7 Parametry senzoru GP2D120.....	59
Tabulka 8 Základní parametry SRF08.....	62
Tabulka 9 Závislost výstupní hodnoty na vzdálenosti.....	81

1. ROBOTICKÉ STAVEBNICE

[1, 2, 3, 4, 5, 6]

1.1 PODSTATA ROBOTICKÉ STAVEBNICE

V praxi se vyskytuje mnoho typů robotů, které se dělí podle určení do skupin, a to například:

1. Strojírenství: Obráběcí roboty, roboty sestavující výrobky, roboty pro dopravu materiálu, lakýrnické aplikace apod.
2. Elektrotechnika: Roboty pro výrobu polovodičů, měřicí roboty
3. Zvláštní účely: manipulace s výbušninami, vyprošťování osob, navádění na cíl, zkoumání vesmíru atd.

Tento výčet je jen jednoduchým popisem aplikací, ve kterých se v dnešní době využívají roboty v různých modifikacích, ať už jde o jakýkoliv kinematický model.

Je ale velmi obtížné navrhnout robot pro jakoukoli aplikaci tak, aby byly náklady na jeho vývoj co nejnižší. V praxi však stále nestačí vytvořit pouze kybernetický model systému pomocí moderních návrhových metod. Proto po zvážení všech aspektů a požadavků na budoucí kinematický řetězec je nutno vytvořit model robota například ve zmenšeném měřítku, ovšem takový, který odpovídá skutečným vlastnostem budoucího díla.

Jedno z východisek, jak k problému reálného modelu přistoupit, je sestavení tohoto modelu pomocí ROBOTICKÉ STAVEBNICE. Jde o takový mechanický systém, který je navržen k tomu, aby z něj bylo možno jednoduchým způsobem vytvořit model systému odpovídající reálné konfiguraci robota.

Jak je patrné z předchozího textu, lze tedy takovou stavebnici využít několikanásobně k sestavení „zmenšenin“ robotů různých koncepcí. Výhodou tohoto přístupu je hlavně úspora finančních prostředků spojených s realizací reálného modelu robota. Nehledě na to, že je možno sestavu posléze rozebrat a využít ji při

návrhu robota zcela odlišného. Další výhodou je fakt, že pokud existuje model robota, lze zahájit už na jednoduché platformě, jakou je model sestavený z robotické stavebnice programování a ladění ovládacího softwaru budoucího výrobku. Takto navržený software nemusí zcela odpovídat konečnému řešení, protože kinematický model modelu robota sestaveného z robotické stavebnice zcela neodpovídá kinematickému modelu konečné sestavy, podobá se jí však natolik, že po zavedení programu do konečného výrobku je následné odladění značně usnadněno.

Nebylo by ovšem moudré robotickou stavebnici považovat pouze za nástroj pro vyvíjení průmyslových, či jiných robotů. V konfiguracích, jaké lze získat od jejich výrobců je možno robotické stavebnice po více-či méně náročných konfiguracích a úpravách využít pro aplikace, na které jejich motory, senzorický systém a podobně stačí. Následně ale vyvstává otázka, jakou životnost by měly jednotlivé komponenty stavebnic, jaká by byla opakovatelnost polohy takového robota atp. Je samozřejmé, že pokud by nám nevadilo rychlé opotřebení součástek, je pravdou, že není problém vadnou součástku vyměnit za jinou ze stavebnice a i při hypotetické nutnosti koupit kvůli opotřebení další stavebnici, bylo by toto finančně výhodné, pokud porovnáme cenu robotické stavebnice s cenou kompletního řešení robota. Další otázkou v případě využití stavebnice pro realizaci je etika. S touto problematikou bohužel nejsem seznámen, ale vyvstává otázka, zda si je výrobci stavebnice nechrání proti jejich používání přímo v aplikacích nějakou vyhláškou o zákazu takového jednání.

Nesmíme také zapomínat na to, že takovéto stavebnice jsou nástrojem pro výuku techniků, aby se seznámili s koncepcemi robotů, způsobem jejich programování, jakožto i s problematikou implementace robotů do různých aplikací.

1.2 VÝROBCI ROBOTICKÝCH STAVEBNIC

1.2.1 Lego mindstorms

Za cenu 250 USD nabízí:



Obrázek 1 Příklad sestavy robotu ze stavebnice Lego Mindstorms

Pomocí tohoto kitu pro sestavování robotů lze sestavit jakýkoli robot, který jeho koncepce dovolí. Nástavbou ke kitu je výběr několika dalších senzorů, jako senzory doteku, světelné senzory, senzory barev atp.

Výrobce ke stavebnici udává tyto parametry:

- NXT inteligentní kontrolér s 32 - bitovým mikroprocesorem, více paměti a Flash
- 3 interaktivní servomotory se zabudovanými rotačními senzory pro kontrolu rychlosti pro přesné řízení.
- Nový zvukový senzor reaguje na zvukové příkazy, vzory a tóny
- Nový ultrazvukový vizuální senzor reaguje na pohyb
- Zlepšený dotek snímače reaguje na stlačení a uvolnění
- Zlepšené světelné čidlo detekuje různé barvy a světelné intenzity
- 519 speciálně vybraných LEGO TECHNIC prvků pro silnou a trvalou stavbu a zlepšení funkčnosti a pohybu

- 4 vstupní porty, 3 výstupní porty a 7 šestižilových vodičů
- Maticový displej
- Kvalitní reproduktor
- USB 2.0 a podpora Bluetooth
- Snadno použitelný PC a Mac slučitelné rozhraní
- Intuitivní "stavební" program s vkládatelnými ikonami.

1.2.2 Fischertechnik

Cena: 450USD

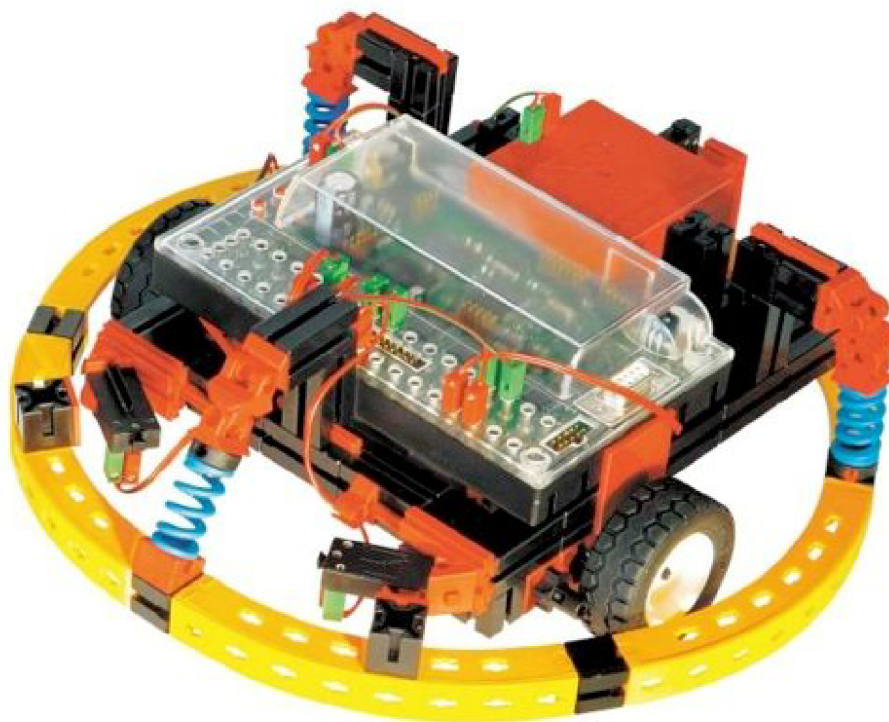
Ze stavebnice mohou být postaveni dva pojíždějící roboti a kráčející robot šesti jakoby hmyzími nohama, které se mohou pohybovat dopředu, dozadu, doleva a doprava.

Vložená příručka ukazuje, jak postavit sedm pojíždějících robotů a jeden kráčející robot s detekcí hran, detekcí překážek a detektorem světla. Stavebnice obsahuje přes 480 kusů, z toho dva servomotory, čtyři senzory-mikrospínače, dva fototranzistory atd. Dále obsahuje manuál s detailně popsány osmi roboty, manuál k softwaru a tutoriál pro Robo Mobile Technology.

Je možno řídit vícenásobné stanice. Pro rozhraní paralelně (v online módu) a vytvořit uživatelské kontrolní panely obsahující spínače, regulátory a displeje.

Volitelné příslušenství: IR dálkové ovládání a RF datová komunikace (rádiová linka spojující robota s PC, nebo jiným rozhraním ROBO).

Firma Fischertechnik dále nabízí modifikace své stavebnice, jak je uvedeno na obrázku, jednou z nástaveb jsou například pneumatické válce.



Obrázek 2 Kolový robot sestavený ze stavebnice Fischertechnik



Obrázek 3 Ukázka robotu firmy Fischertechnik, pneumatická koncepce

1.2.3 Robotis:

Firma robotis nabízí svoji robotickou stavebnici Bioloid ve třech variantách a to jako Beginner kit, Comprehensive kit, Professional kit. Cena těchto stavebnic je 349, 899 USD a více.

Bioloid je výuková robotická stavebnice pro sestavování různých robotů, jako autonomní výzkumný robot, čtyřnohý "štěně" robot, šestinohý "pavouk" robot, "dinosaur" robot, humanoidní robot atd. Studenti se mohou naučit principy robotiky důležité pro praxi.

1.2.3.1 Montážní informace

Jde o jednoduchou strukturu z vysokopevnostních plastů. Všechny spoje jsou vyhotoveny pomocí křížových šroubů, části se neopotřebují ani při vícenásobném opotřebení.

Části robotické stavebnice (uvedeny pouze význačné části) viz obrázek **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** a obrázek **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

1.2.3.2 AX-S1: Senzorický modul pro robotiku

Dalších přidanych vlastností sestavovaných robotů dosáhneme použitím modulu typu (AX-S1) s instalovanými senzory (IrDA, 3 x IR reflexní senzory–levý, pravý a přední měřící vzdálenost a jasnost, mikrofón a piezo-elektrický zdroj zvuku, který může přehrávat stupnice nebo jednoduché beep-skladby).

1.2.3.3 Dynamixel: Princip AX-12

Základní jednotkou Stavebnice Bioloid je chytrý pohonný modul AX-12. Nabízí rotační pohyb v mnoha rychlostech, rozmanitost vzájemných kombinací a tím i výsledných pohybů a zajímavé technické parametry. Je složen z pohonné jednotky, malé převodovky, řídicí jednotky a z měřícího členu. Pohonná jednotka je tvořena stejnosměrným motorem. Řídicí jednotka je tvořena jednočipovým procesorem, který zajišťuje kromě řízení stejnosměrného motoru také komunikaci s okolím pomocí asynchronního sériového rozhraní s TTL úrovní komunikačního signálu.

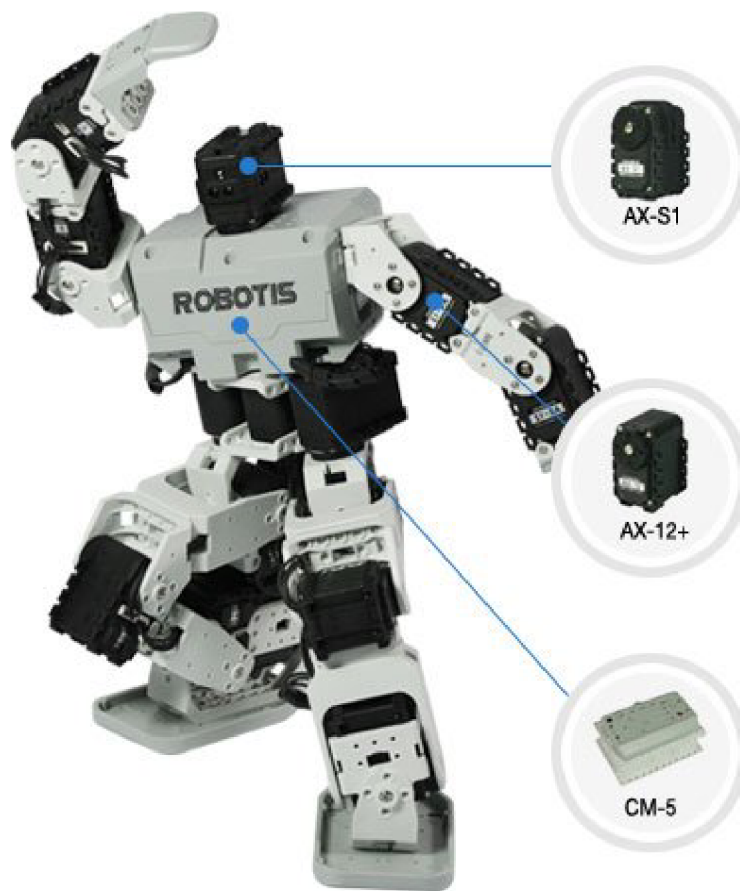
Aby bylo možné provádět pomocí tohoto modulu řízení se zpětnou vazbou, umožňuje řídicí jednotka předávání informací z měřicího členu nadřazenému řídicímu systému. Měřicí člen je tvořen snímačem pozice a snímačem el. proudu, odebíraného motorem. Informace ze snímače odebíraného el. proudu může být například využita tehdy, když modul narazí na překážku a nemůže požadovaný pohyb vykonat. Díky tomu může nadřazený řídicí systém správně zareagovat a nedochází tudíž k přehřátí či poškození modulu.

Parametry servopohonu AX-12:

- Převodový stupeň 1/254
- Točivý moment: 16.5kg-cm (@ 10V)
- Rychlost: 0.196sec/60° (@ 10V)
- Sériové rozhraní (TTL) (7343bps ~ 1Mbps)
- Snímač pozice, teploty, el. proudu a napětí atd.

1.2.3.4 CM-5: Kontrolér pro řízení Dynamixel servopohonů

Pohonný modul AX-12 nelze používat samostatně, tj. pouze připojený k napájení, modul by nevykonával žádné operace. Musí být vždy propojen s nadřazeným systémem. Touto řídicí jednotkou je zde jednočipový procesor Atmel ATmega 128, který vedle řízení modulu také komunikuje s okolím (např. PC).



Obrázek 4 Humanoidní robot sestavený ze stavebnice Bioloid, jeho význačné bloky

1.2.3.5 Výukový efekt Bioloida

Uživatelé mohou sestavit různé roboty podle svého uvážení, ne jenom ty, které uvádí výrobce. Kreativita a vědecké myšlení jsou rozvíjeny řešením problémů a výrobou robota.

1.2.3.6 Koncept modulárních typů robotů

Podobnost s profesionálním návrhem robotů je zvláště pak, pokud jednotlivé části robota spojujeme tak, aby tvořily funkční bloky. Tato technika má hlavní využití hlavně po software. Zlepšuje kompatibilitu a efektivitu výroby robota.

1.2.3.7 Reprodukce a výuka pohybu

Metoda, která obsluhuje pohyb robota je řídicím systémem robota využívána zejména v průmyslu. Jde o pochopení nezbytnosti řízení točivého momentu, dokud jde o testování systému, můžeme tedy učit robota řízením polohy a rychlosti.

Chování řídicího programu je jedním z programovacích procesů, který vyjadřuje, jak dosáhnout funkčnosti robota. Jsou zde různé faktory, jako únavový efekt pohybu robota, výstup a vnímání zvuku, vnímání objektů, rozdíl mezi řízením tlačítkem a dálkovým ovládním, teplota a základní elementy k řízení. Robot může podporovat logickou výrobu algoritmu, čehož se dosahuje visuální metodou programování.

- *kompletní balení*
- *podrobný názorný manuál s mnoha variantami sestav a příklady*
- *instalační CD se SW*
- *pohonné moduly, řídicí jednotka, spojky, kola senzory, napájení, propojovací kabely atd.*
- *jednoduchý up-grade dokoupením modulu*
- *kvalita provedení*

Humanoid je jedním z nesčítelného množství autonomních robotů, které lze ze stavebnice Bioloid sestavit (stejně jako např. psa, dinosaura či nakladač...). Tvoří jej 18 sériově řízených servomotorů - modulu AX-12, jeden modul se senzory AX-S1, řídicí jednotka CM-5 (ATMega 128), tužkové akumulátory 9,6V, propojovací ramena atd. Ale již i Základní verze Stavebnice Bioloid nabízí mnoho zajímavých variant k sestavení, od stojanu ke kameře s 2mi stupni volnosti až po interaktivní roboty (při využití senzoru). Každé balení je samostatné a kompletní; obsahuje evidenční list, knižní manuál, CD s freeware programy pro ovládní modulu, moduly, řídicí jednotku a další nezbytné díly. Díky názornosti zpracování uživatel okamžitě pochopí princip práce a je schopen záhy řešit úvodní zpracované příklady. Výsledkem pak může být autíčko, vyhýbající se překážkám, pejsek reagující na tlesknutí, automaticky se otevírající brána atd.

1.2.3.8 Nabídka

Nabídka je rozdělena na 2 kompletní balení (verze). Rozdíl mezi verzemi Beginner kit (*Základní*) a Comprehensive kit (*Pokročilý*) je zejména v počtu akčních modulů AX-12 (které lze ovšem dokoupit i jednotlivě) a doplňkových záležitostech (rozdílné příklady k řešení apod.).

Obě verze tedy shodně obsahují:

- moduly AX-12 (sériově řízené servomotory)
- 1 x řídicí jednotku CM-5 (ATMega 128)
- 1 x senzor modul AX-S1
- 1 x balíček monočlánků (nabíjecí, 9,6V)
- 1 x zdroj
- 1 x CD s programovacím SW (freeware)
- 1 x tištěný manuál s vzorovými příklady a postupem
- propojovací ramena, kola& pneu, šroubky na upevnění...



Obrázek 5 Pohonný modul AX-12, řídicí modul CM-5 a senzory AX-S1

1.2.3.9 Bezdrátový komunikační modul ZIG-100

ZIG-100 je malý modul, skládající se z MCU a Zigbee IC, umožňující komunikaci přes UART rozhraní na frekvenci 2,4MHz. Nahrazuje kabelový přenos dat a využívá moderní technologie bezdrátového přenosu. ZIG-100 není součástí stavebnice Bioloid.

1.2.3.10 Grafický SW pro názornější ovládání

Pro řízení modulu (robotu) jsou k dispozici zdařilé grafické freeware aplikace: Motion Editor a Behavior Control Program, které uživateli umožňují vytvářet pohybové sekvence a ovládat všechny funkcionality sestav za použití jednoduchých příkazů, např. IF, ELSE atd. Samozřejmě je také možné programování v jazyku C (pro ty zkušenější); resp. využít tuto aplikaci pro výuku programovacího jazyka C.

1.2.3.11 Bezpečnost

Pro vlastní práci se stavebnicí Bioloid a jejími moduly je důležitý fakt, že moduly obsahují přídavnou elektroniku zajišťující ochranu proti přepólování.

V nabídce firmy robotis je dále celá řada dalších funkčních bloků pro konstrukci robota, kdy je možno dokupovat serva (nejenom AX-12, ale i jiné, vylepšené typy kompatibilní se stavebnicí biololoid) , senzory, mechanické části, kamery, software....

1.2.4 Megarobotics

Megarobotics nabízí tři druhy stavebnice a to dle typu robota, kterého chcete sestavit - Robopes, Humanoid nebo Kamera systém.

"Robopes"

Je zdařilý autonomní čtyřnohý robot. Je sestaven ze 14-ti pohonů AI701, řídicí jednotky (Atmel), skeletu, akumulátorů, zdroje atd. Pohybových sekvencí lze dosáhnout programováním procesoru řídicí jednotky v "C" či Assembleru.

"Humanoid"

je složena z 19 pohonů a dalšího nezbytného příslušenství, jako v případě Robopsa.

"Kamera systém"

Je výbornou ukázkou možností pouze dvou pohonů AI701, díky kterým se kamera natočí do jakéhokoliv požadovaného směru. Součástí tohoto systému je RS-232

board, převádějící signál TTL na RS-232. Tento board neobsahuje procesor, řídicí jednotkou je v tomto případě procesor v připojeném PC. K ovládání Kamera Systému slouží také jednoduché grafické rozhraní "Pan-Tilt".



Obrázek 6 Robopes, humanoid a kamera systém fy. Megarobotics

1.2.5 Kondo

KHR-1 Stavebnicový komplet humanoidního robota Kondo je založen na obdobném principu, jako např. produkty Robotis. Je sestaven z 17-ti pohonů KRS-784ICS (8.7kg*cm, 0.17s/60° při 6V), dvou řídicích jednotek (RCB-1 boards, každý může řídit 12 pohonů), spojovacích ramen a dalšího příslušenství. Pro zadávání pohybových sekvencí slouží program Heart-to-Heart.



Obrázek 7 Humanoid fy. Kondo

2. PRŮŘEZ VÝROBNÍMI PROGRAMY UVEDENÝCH VÝROBCŮ:

Všichni uvedení výrobci, jak je konečně patrné z jejich výčtu z předchozí kapitoly, přistupují k výrobě jiným způsobem.

Někteří výrobci zřejmě mají robotický program pouze jako nástavbu, či zpestření svého „normálního“ výrobního programu, tomu také odpovídá technická vyspělost konstrukce robotů. To ovšem neplatí pro uvedené výrobce robotických stavebnic.

Všichni uvedení výrobci jsou specializovanými firmami na výrobu kvalitních sekvenčních motorů jak pro strojírenství, elektrotechniku, tak pro jiné účely. Z toho také vyplývá hlavní požadavek na stavebnici kompaktní a přitom funkční – centralizace několika funkcí uvnitř motoru. Nejenže jejich motory mají běžné vlastnosti, jako brzdu, převodovku, snímač polohy, ale navíc například snímač protékajícího proudu, přepět'ovou ochranu apod.

Firmy jako Kondo, Megarobots, či Robotis se specializují na výrobu stavebnic robotů, jiné naopak pouze obohatily svoji nabídku o robotický program a to například firmy Lego, či Fischertechnik.

Fischertechnik i Lego jsou předními výrobci „chytrých hraček“. To znamená například všem známou stavebnici Lego, v případě Fischertechnik jde o rozsáhlý program zahrnující stavebnice pro malé chemiky, lékaře, strojaře apod. Z této koncepce (jako hračka) vyplývá také jistá ztráta industriálnosti těchto robotů a naopak líbivý vzhled, který je ovšem vykoupen zřejmě menší variabilitou jak softwaru, tak hardwaru uvedených stavebnic výrobců Lego a Fischertechnik. Pokud jsem dále správně pochopil, jak fungují koncepce mechanického spojování jednotlivých částí stavebnic, jde o „zastřikování do sebe“, z toho vyplývá obava, zda se při používání tyto části nemohou samovolně rozpojovat.

Uvedení výrobci na svých stránkách většinou uvádějí, že jejich stavebnice by měla sloužit k výuce budoucích techniků jak na vysokých školách, tak na středních školách s odborným zaměřením. Pokud bych tedy subjektivně mohl zhodnotit výukové možnosti stavebnic od nejlepší k nejhorší, pořadí by bylo zřejmě následující:

1. Robotis
2. Kondo
3. Megarobotics
4. Lego mindstorms
5. Fischertechnik

Pořadí je ovšem pouze moje subjektivní hodnocení, stavebnice, pokud je budeme posuzovat podle jiných kritérií, se mohou umístit zcela jinak. Navíc pořadí na prvních dvou místech je i v tomto případě nejednoznačné, nejsem totiž detailně seznámen se stavebnicí fy Kondo, přiklonil jsem se proto k lepšímu hodnocení pro stavebnici, kterou důvěrně znám.

Jak je tedy patrné, v samotné práci se zabýváme stavebnicí Bioloid firmy Robotis. Byla vybrána školou, po práci s ní a seznámení se s programy je nutno podotknout, že se tento krok jeví, jako správný. Kladně především hodnotím, že je velmi flexibilní pro použití všech mechanických součástí téměř bez znalosti jakýchkoli strojírenských postupů. Práce s ní je jednoduchá, zábavná, programy jsou také uživatelsky přívětivé. Další nespornou výhodou je také to, že se s ní zabývá celá řada lidí po celém světě, z nichž některým se již podařilo vyřešit problémy, které jsou často velmi podobné, jako ty, které máme ve své práci zkoumat my.

Tyto lidi prozatím pouze kontaktujeme, abychom o sobě věděli, v případě, že jsme je oslovili, všichni ochotně souhlasili s jakýmkoli formami konzultace například na diskusních fórech a pod., pokud narazíme na problém při realizaci projektu. Předpokládáme, že jejich znalostí využijeme při další práci.

Při testování stavebnice Bioloid jsem sestavil mnoho z v manuálu uvedených robotů, ramen a vozítek. Pomyslným vrcholem byla konstrukce dvou nejsložitějších robotů, které lze z jedné kompletní (Comprehensive kit) stavebnice postavit a to autonomní humanoid (uvedený na obrázcích již dříve) a kingspider autonomní robot.



Obrázek 8 Kingspider robot sestavený ze stavebnice Bioloid

3. PŘEHLED STÁVAJÍCÍCH SENZORICKÝCH SYSTÉMŮ ROBOTICKÝCH STAVEBNIC:

[15, 16, 17, 18]

3.1 SENZORY VZDÁLENOSTI

3.1.1 Fa. MINDSENSORS

Firma Mindsensors používá na aplikaci snímačů vzdálenosti pro LEGO Mindstorms zařízení DIST-Nx. Jedná se o pouzdro pro snímače Sharp s digitálním převodníkem pro Lego Mindstorms NXT. Pro komunikaci používá protokol I2C.

Firma Sharp má na výběr z následujících snímače vzdálenosti:

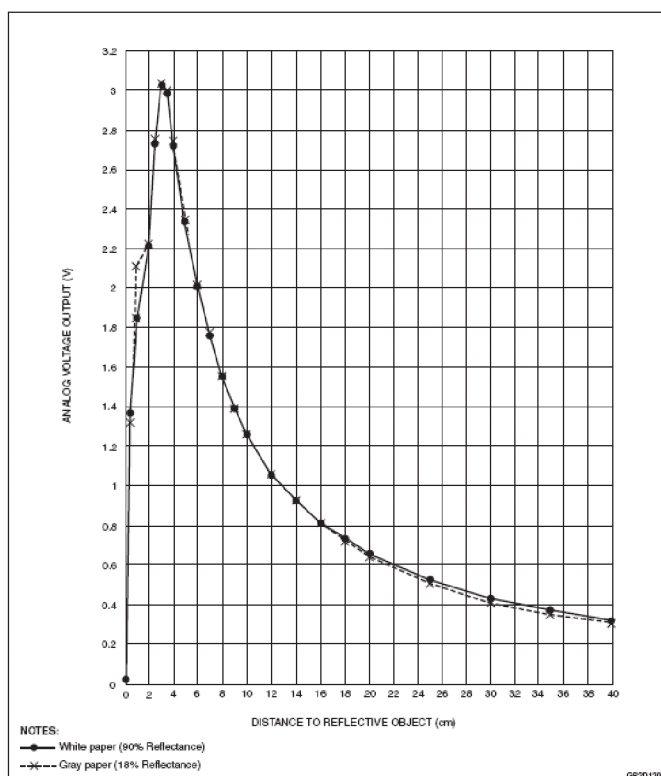
- GP2D120
- GP2Y0A02YK
- GP2Y0A21YK

3.1.1.1 Sharp GP2D120

Měření vzdálenosti spočívá ve vysílání obdélníkového signálu v IR oblasti (850 nm) a následným snímáním tohoto signálu PSD diodou každých 38,3 ms. Vzdálenost je pak určena rozdílem amplitud těchto dvou signálů. Snímač má analogový napěťový výstup.

Parametry:

- rozsah4 – 30 cm
- doba odezvy39 ms
- doba náběhu.....44 ms
- spotřeba proudu.....33 mA
- napájecí napětí.....4,5 – 5,5 V
- výstupní napětí.....-0,3 – V_{cc}+0,3 V
- pracovní teplota.....-10 - +60 °C



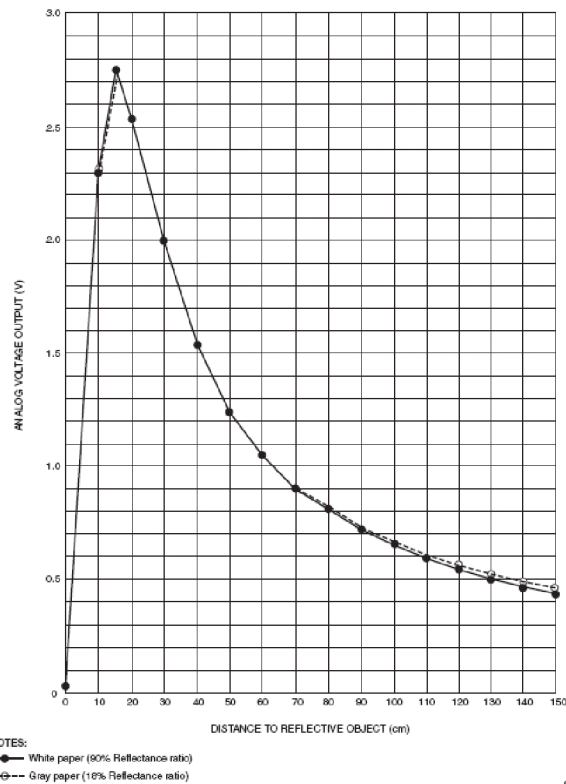
Obrázek 9 Odezva Sharp GP2D120

3.1.1.2 Sharp GP2Y0A02YK

Princip měření je podobný jako v předchozím případě, tj. IR LED diodou je vysílán obdélníkový signál o vlnové délce 850 nm a PSD diodou je každých 38,3 ms tento signál snímán. Ze změny amplitudy se pak určuje vzdálenost měřeného objektu. Snímač má analogový napěťový výstup. Jedná se o širokouhlý snímač

Parametry:

- rozsah20 – 150 cm
- přesnost.....při 80 cm +- 10 cm
- doba odezvy39 ms
- doba náběhu.....44 ms
- spotřeba proudu.....33 mA
- napájecí napětí.....4,5 – 5,5 V
- výstupní napětí.....-0,3 – Vcc+0,3 V
- pracovní teplota.....-10 - +60 °C



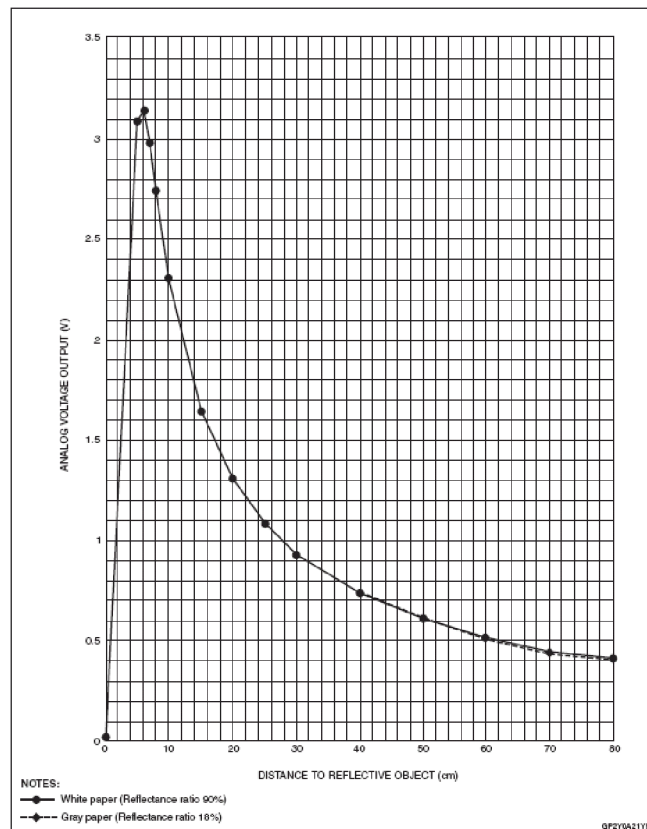
Obrázek 10 Odezva Sharp GP2Y0A02YK

3.1.1.3 Sharp GP2Y0A21YK

Tento snímač se od předchozích liší hlavně v tom, že má digitální výstup. Princip měření je podobný jako v předchozích přes IR LED diodu a PSD diodu. Ze změny amplitudy se pak určuje vzdálenost měřeného objektu. Jedná se o širokoúhlý snímač.

Parametry:

- rozsah10 – 80 cm
- průměr měřené oblasti.....při 80 cm 12 cm
- doba pulzu cyklu LED.....32 ms
- doba odezvy39 ms
- doba náběhu.....44 ms
- spotřeba proudu.....30 mA
- napájecí napětí.....4,5 – 5,5 V
- výstupní napětí.....-0,3 – V_{cc}+0,3 V
- pracovní teplota.....-10 - +60 °C



Obrázek 11 Odezva Sharp GP2Y0A21YK

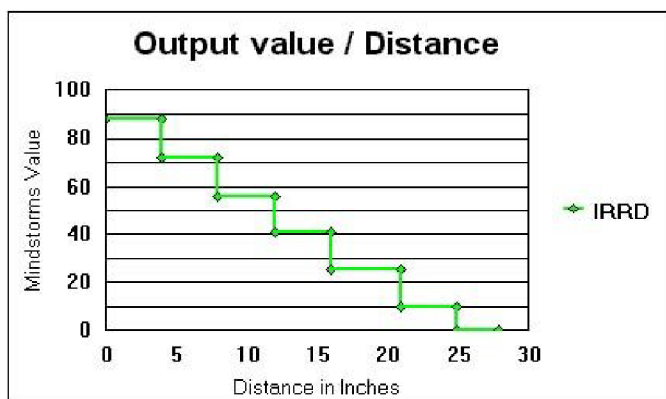
3.1.2 Fa. TECHNO-STUFF

3.1.2.1 IRRD senzor

Princip senzoru spočívá ve vyslání modulovaného IR obdélníkového signálu o frekvenci 38 kHz diodou a následném snímání tohoto signálu fotoprvkem. Na základě změny intenzity odraženého světla se vyhodnotí vzdálenost objektu, přičemž intenzita odraženého světla závisí i na materiálu detekovaného objektu. IR signál se vysílá v šířce 15° od zdroje světla. Hodnota výstupu se mění v závislosti na vzdálenosti měřeného objektu od 0 do 100.

Parametry:

- rozsah.....61 cm pro bílý papír
- napájení.....8,2 V, 6 mA



Obrázek 12 Odezva snímače vzdálenosti

3.1.3 Fa. HITECHNIC

3.1.3.1 NXT EOPD

Senzor měření vzdálenosti (model NEO1048). Přesná detekce a určení vzdálenosti těles. EOPD neboli Electro Optical Proximity Detector (opticko elektrický detektor vzdálenosti) není obyčejným světelným senzorem. Má vlastní světelný zdroj a pomocí odrazu světla zaznamenává přítomnost objektů a změny jejich vzdáleností. Senzor je vysoce citlivý na vlastní odražené světlo, dokáže eliminovat rušivé zdroje světla a pracuje i v neosvětleném prostředí. Umožňuje volbu mezi dvěma citlivostmi, objekty přesně detekuje při vzdálenostech do 30 cm (12 palců).

- rozsah0 – 30 cm



Obrázek 13 Snímač vzdálenosti

3.2 SNÍMAČE ZRYCHLENÍ

3.2.1 Fa. MINDSENSORS

3.2.1.1 ACCL-Nx-v3

Jedná se o digitální senzor zrychlení navržený pro Lego Mindstorms NXT. Měří statické i dynamické zrychlení ve 3 různých osách. Jako komunikační protokol používá I2C a dokáže v závislosti na typu provedení detekovat zrychlení už od 10mg. Na základě vybraného programu dokáže měřit s citlivostí ve 4 různých hladinách.

Parametry:

- citlivost..... 10 mg
- rozlišení..... 2,5 stupně
- podporované citlivosti..... 2,5G, 3,3G, 6,7G, 10,0G
- odběr proudu..... 1,9 mA při 4,7V

3.2.1.2 ACCL-Nx-v2

Jedná se o digitální senzor zrychlení navržený pro Lego Mindstorms NXT. Měří statické i dynamické zrychlení ve 3 různých osách. Jako komunikační protokol používá I2C a dokáže v závislosti na typu provedení detekovat zrychlení už od 10mg. Na základě vybraného programu dokáže měřit s citlivostí ve 4 různých hladinách. Může být v provedení 2 nebo 3 osého měření zrychlení.

Parametry:

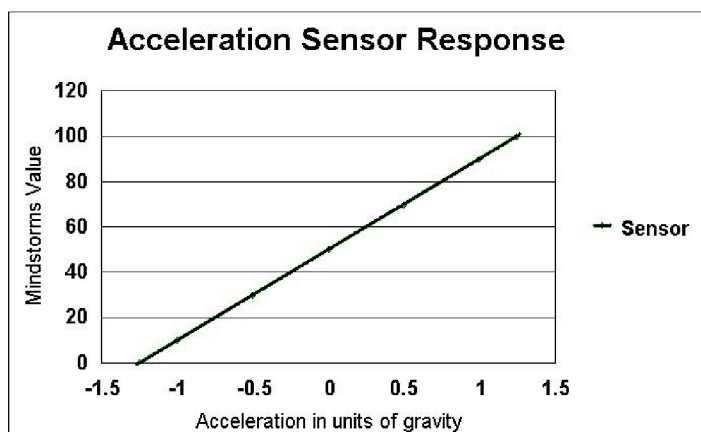
- citlivost..... 10 mg
- rozlišení..... 2,5 stupně
- podporované citlivosti..... 2,5G, 3,3G, 6,7G, 10,0G
- odběr proudu..... 1,9 mA při 4,7V

3.2.2 Fa. TECHNO-STUFF

3.2.2.1 ACCEL

Tento snímač dokáže měřit zrychlení ve dvou osách. Princip měření spočívá ve vyhodnocení účinku zrychlení na malou hmotu, proto je možné s tímto senzorem měřit i gravitační zrychlení. Zrychlení na malé hmotě se měří kapacitním snímačem. Odezva snímače je lineární a jeho výstup dává hodnotu 50 při nulovém zrychlení. Při kladném zrychlení maximálním je na výstupu 90 a při maximálním zrychlení ve druhém směru je na výstupu hodnota 10.

- Rozsah..... -1g - +1g
- Napájení..... 8,2 V
- Proudový odběr7 mA
- Šířka pásma50 Hz



Obrázek 14 Odezva snímače zrychlení

3.2.3 Fa. HITECHNIC

3.2.3.1 NXT

Senzor akcelerace (model NAC1040). Měří velikost akcelerace ve třech osách (x, y, z). Je ideálním doplňkem pro zjišťování lineárního zrychlení modelů či průběhu zrychlení např. při houpavém pohybu. Rozsah měřeného zrychlení je $-2g$ až $+2g$. Při členění 200 hodnot na 1g se jedná o rozsah ± 400 hodnot. Frekvence záznamů je až 100 za sekundu pro každý směr. Nastavitelná je hodnota ve směru osy x, ve směrech os y a z výstupní hodnoty pouze získáváme.

citlivost..... 10 mg

počet vzorků za sek.100



Obrázek 15 Snímač zrychlení

3.3 SENZORY ÚHLOVÉHO NATOČENÍ

3.3.1 Fa. TECHNO-STUFF

3.3.1.1 ANGL

Je to senzor umožňuje měřit úhel v rozsahu 0 – 270°. Citlivost senzoru je 1°. Výstup snímače bude mezi hodnotami 0 – 100.

3.3.2 Fa. HITECHNIC

3.3.2.1 NXT

Gyroskop (model NIL1044). Klasický jednoosý gyroskopický senzor s osou měření vedenou svisle k černému krytu (poloha dle obrázku). Senzor je analogový, zjišťuje úhel a směr rotace v rozsahu $\pm 360^\circ$ za sekundu. Reaguje na hodnoty odpovídající rychlosti do 300 otáček za sekundu. Senzor přináší novou dimenzi v programování modelů udržujících směr a rovnováhu při svém pohybu.



Obrázek 16 Senzor úhlového natočení

3.4 DALŠÍ TYPY SENZORŮ

3.4.1 Fa. HITECHNIC

3.4.1.1 NXT Kompas (model NMC1034)

Senzor sledující magnetické pole Země s určováním azimutu. Senzor určí polohu na 1° přesně v rozsahu $0^\circ - 359^\circ$ s frekvencí 100 záznamů za sekundu. Senzor může pracovat ve dvojím režimu.

V režimu načítání zaznamenává hodnoty magnetického pole a využívá je pro vykonávání programu, v režimu kalibrace je možná kalibrace magnetického pole rušivých zdrojů, jako jsou motory...

citlivost..... 1°

počet vzorků za sek.100



Obrázek 17 Kompas

3.4.1.2 NXT Senzor barvy (model NCO1038)

Senzor rozlišující barvy. Kalibrace senzoru vychází z klasických LEGO[®] barev. Senzor, na základě odrazu světla tří barev z LED diod, určuje hodnotu barvy povrchu tělesa. Frekvence přepočtů barev je až 100 za sekundu

počet vzorků za sek.100



Obrázek 18 Senzor barvy

3.4.1.3 NXT IR Senzor (model NIL 1046) (pouze na objednávku)

Senzor je prioritně určen k řízení rychlosti a směru LEGO[®] R/C vlaků (7897 a 7898) a modelů dalších motorizovaných LEGO[®] stavebnic (8275 Buldozer anebo 4958 Dino příšera), ovládaných pomocí IR signálu. Pro využití se školskými soupravami 9797 je zajímavý tím, že dokáže pomocí IR signálu načítat v NXT programu hodnoty senzorů připojených k RCX zařízení (starší robotický systém LEGO[®] MINDSTORMS[®] For Schools se softwarem ROBO LAB). K programování v NXT je možné software rozšířit o tři G-bloky:

- PF IRLink blok - řízení modelů s motory ovládanými pomocí IR signálů
- Train IRLink blok - řízení LEGO[®] R/C vlaků ovládaných IR signálem
- RCX IRLink blok - přenos příkazů na RCX pro načítání hodnot ze senzorů připojených k RCX (ověřuje se, momentálně není k dispozici).



Obrázek 19 Senzor pro kolejové stavebnice

3.4.1.4 NXT Sensor pro vyhledávání IR signálu (model NKS1042)

Senzor je určen k realizaci fotbalu robotů v rámci soutěže RoboCup Jr. (informace najdete na www.robocupjunior.org). Vyžaduje kombinaci s HiTechnic IR fotbalovým míčem. Zorné pole senzoru je 135°. Pokud se míč nachází vpravo, bude indikována hodnota 9, v přímém směru 5 a vlevo 1. Pokud se v zorném poli nenachází, indikuje hodnotu 0. Robotický fotbalový hráč snadno míč najde a udrží v zorném poli. Při kombinaci s ultrazvukovým senzorem získáte informaci o vzdálenosti míče, při kombinaci s kompasem získá robot dokonalou orientaci v hracím poli.

Zorné pole..... 135°



Obrázek 20 Senzor pro vyhledávání IR signálu

3.5 DODATEK:

Stavbou senzorů kompatibilních se stavebnicí Lego mindstorms se dále zabývá spousta nadšenců. Jako nejzdařilejší konstrukce hodnotíme ty, uvedené na následující stránce. Jedná se o nadšence, který se baví výrobou vlastních, nebo vylepšováním stávajících senzorů pro tuto stavebnici. Nejedná se tedy o výrobce, jako takového, může nám ale celkem přesně ukázat, jaké přístupy, řešení a měřené veličiny můžeme použít.

3.5.1.1 Infračervená lampa:

Pracuje na principu snímání odraženého IR záření od reflexního objektu. Užitečná pro zvýšení citlivosti IR radaru. Dále řeší problém propojování bloků stavebnice.

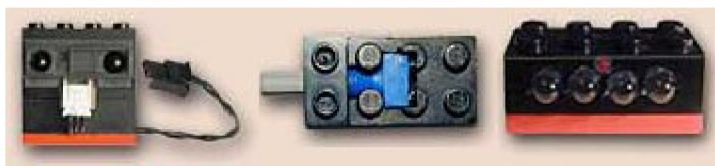
3.5.1.2 Senzor úhlového natočení:

Bournsův enkodér (digitální verze potenciometru)

- Výstup2-bit grayův kód
- Vstupní proud.....100 mA
- Napětí.....16 VDC maximum
- Max. otáčky za min.....120
- TypKontinuální

3.5.1.3 GP2D12 senzor vzdálenosti:

S RCX modulem může indikovat vzdálenosti mezi 10 a 80 cm. Na obrázku je závislost výstupního napětí použitého Sharp senzoru GP2D12 na vzdálenosti reflexní plochy.



Obrázek 21 Senzor vzdálenosti, úhlového natočení, infračervená lampa

4. POPIS ROBOTICKÉ STAVEBNICE BIOLOID

4.1 ÚVOD

Jak je popsáno v předchozích kapitolách, sestavil jsem několik robotů podle návodu firmy Robotis, které jsem zkusil programovat jak pomocí přednastavených demo programů, tak pomocí programovacího nástroje fy Robotis (podobné jazyku C) a dále pomocí grafického programovacího nástroje. V následujícím textu se proto pokusím popsat Konstrukci stavebnice Bioloid a to její význačné bloky, jako servopohony, snímače, zmíním se také o kabeláži a programování modulu CM-5 a také popíši jednočipového procesory ATmega 128 použitého v CM-5, což bude potřebné pro další práci.

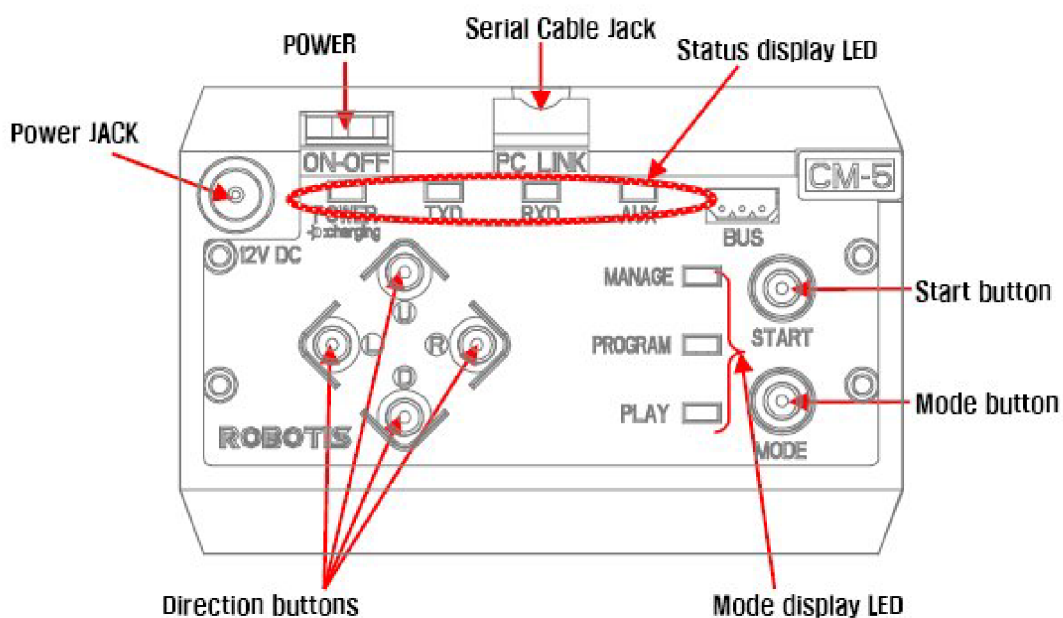
4.2 MECHANICKÁ ČÁST

Sestavování robotů zvládne i průměrně zručný člověk relativně hravě. Při montáži jsem oceňoval jednoduchost a čistotu provedení jednotlivých mechanických částí. Díly na sebe navazují s absolutní přesností, jejich spojování je logické. Jedinou výtku snad zaslouží pouze šroubky a matičky, které se občas špatně vkládají do připravených lůžek a mnohdy vyžadují „až hodinářskou“ trpělivost a šikovnost, to ale jistě není chyba firmy robotis, ale některého ze subdodavatelů. Spokojeni jsem byl také s manuálem, který je přehledně sestaven a nechybí v něm dostatek informací.

4.3 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA

Řídící jednotka je nervové centrum stavebnice. Slouží jak pro řízení serv tak pro komunikaci s vnějším světem. Je vybavena čtyřmi porty pro komunikaci s inteligentními pohony AX-12 a jedním konektorem pro komunikaci s počítačem po sériové lince. Dále je vyveden konektor pro nabíjení a napájení se síťového napětí. Na vrchní straně jsou rovněž umístěna 4 programovatelná a 2 řídicí tlačítka a 4 led diody zobrazující stav řídicí jednotky a 3 pro indikaci módu.

K řídicí jednotce lze rovněž připojit mnoho rozšiřujících modulů jako Zigbee nebo akcelerometry. Jádrem řídicí jednotky je mikrokontroler od firmy Atmel ATMega128, který integruje zejména dostatek paměti pro uložení dat pro chování robota. V neposlední řadě také dva plně programovatelné moduly UART, což nám umožňuje řídit robota nejen z PC, ale také nahrát program a nechat robota autonomně se pohybovat po okolí. Zdrojem energie je pak článková baterie 9,6V 2,3Ah .



Obrázek 22 Pohled shora na řídicí jednotku a ovládací prvky

4.4 MOTORY A JEJICH VLASTNOSTI



Obrázek 23 Motory AX-12 pohled zepředu, zezadu

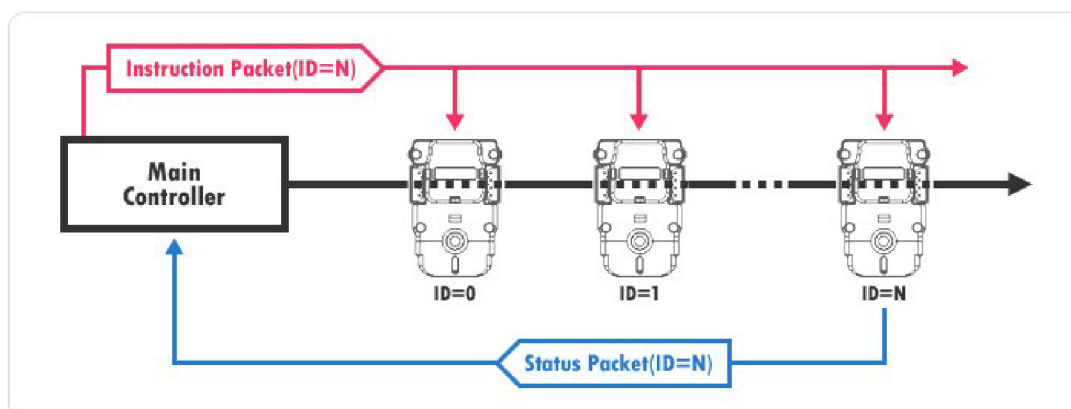
Řízení přesnosti: Pozice a rychlost může být řízena s přesností 1024 kroků

Řízení odchylky: Stupeň přesnosti může být řízený pro kontrolu pozice.

Zpětná vazba: Zpětná vazba pro úhlovou pozici, úhlovou rychlost a točivý moment je přípustná.

Signalizační systém: Dynamixel serva použita pro stavebnici mohou hlásit uživateli, jestli parametry vybočí z nastavených (uživatелеm) hranic (vnitřní teplota, točivý moment, napětí atd.) a mohou také problém řešit samostatně odpojením točivého momentu.

Komunikace: Spojování jednotlivých bloků je jednoduché, protože funguje na principu spojování bloků do řetězu a podporuje komunikaci do rychlosti 1 Mb/s. (viz. obrázek **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**)



Obrázek 24 Motory AX-12 - řetězení

Distribuované řízení: Pozice, rychlost, shoda nastavení a točivý moment mohou být nastaveny jediným příkazovým paketem, který povoluje hlavní procesor pro kontrolu všech jednotek Dynamixel.

Průmyslový plast: Vnější plast Dynamixel jednotky je z vysoce kvalitního průmyslového plastu, který umožňuje přenášení vysokých točivých momentů.

Výstupní ložisko: Na výstupní ose bloku je umístěno axiální ložisko tak, aby vysoké točivé momenty a zatížení neporušily stavbu motoru.

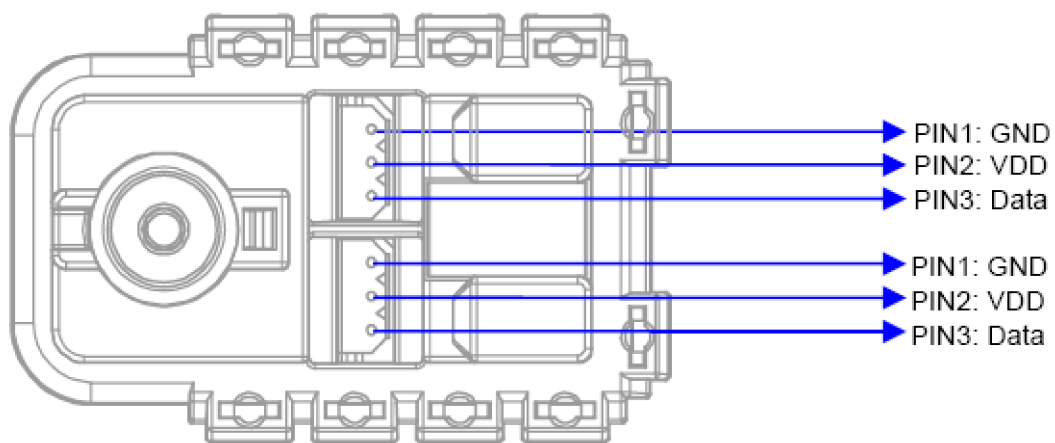
Signalizační LED: LED dioda indikuje chybové stavy.

Tabulka 1 Vlastnosti motoru AX-12

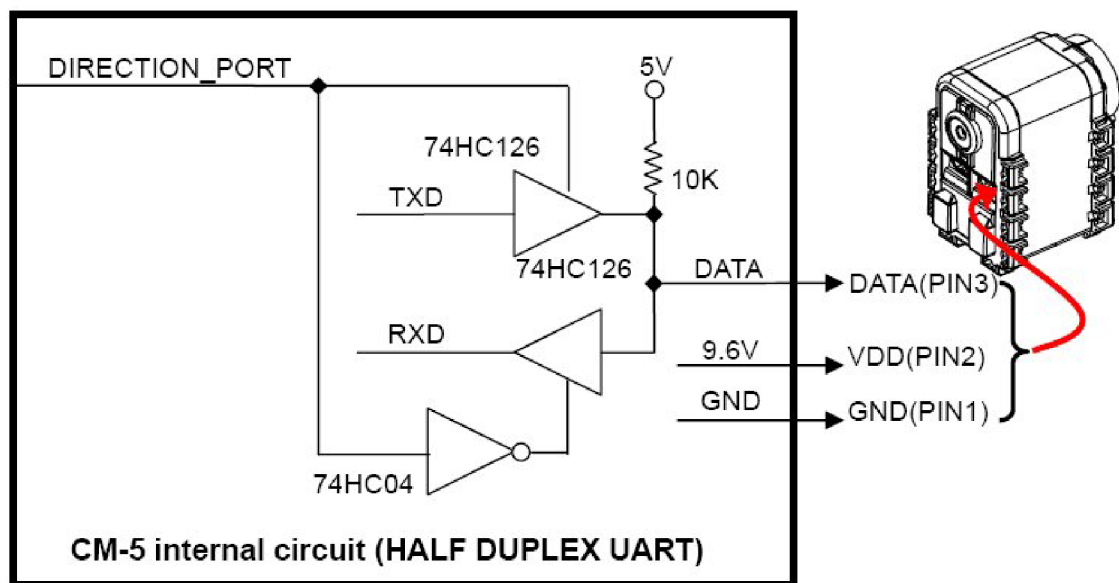
Váha (g)	55	
Redukční poměr převodovky	.1/254	
Vstupní napětí	.7V	.10V
Maximální přídržný moment	12	16,5
sekundy/stupeň	0,27	0,2
Přesnost	0,35°	
Operační úhel	300°, nekonečný běh	
Napětí	7-10V, doporučené 9,6V	
Maximální proud	900mA	
Pracovní teplota	-5°C~85°C	
Příkazový signál	Digitální packet	
Typ protokolu	Poloduplex, asynchronní sériová komunikace (8bit,1stop,Žádná parita)	
Fyzická linka	TTL	
ID	254ID(0~253)	
Komunikační rychlost	7343bps-1Mbps	
Zpětná vazba	Pozice, teplota. Zatížení, napětí	
Materiál	Průmyslový plast	

Přiřazení pinů je na obrázku **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** Oba dva konektory jsou propojeny, proto je možné připojení pouze jednoho konektoru bez omezení funkce AX-12.

Propojení k UART: Pro řízení Dynamixel motorů, hlavní řízení musí být převedeno na UART signály poloduplexního typu. Doporučený diagram je na obrázku 12.



Obrázek 25 Piny AX-12



Obrázek 26 Poloduplexní UART

4.5 SNÍMAČE

Rozlišovací schopnost: Schopnost senzoru rozlišit 1024 hodnot na otáčku.

Zpětná vazba: Jako zpětná vazba slouží hodnoty senzorů IR snímače vzdálenosti, senzoru světla, snímače zvuků.

Signalizační systém: Signalizační systém detekuje vybočení hodnot jako vnitřní teplota, kroučící moment, vstupní napětí, k jejichž významné hranice jsou nastaveny uživatelem.

Komunikace, distribuované řízení, konstrukce: Stejně, jako u servomotoru.

IR senzor: Je 3-směrový infračervený senzor umožňující měřit vzdálenost napravo, vpřed, vpravo od přímé osy modulu.

Remocon Sensor: Senzor má zabudovaný senzor pro dálkové ovládání, který umožňuje přijímat a vysílat IR data mezi senzorickými moduly

Vnitřní mikrofon: Je zabudován malý mikrofon, který umožňuje nejen detekovat úroveň zvuku a jeho hlasitost, ale také je zde možnost počítat počet zvukových vln, například počet tlesknutí

Speaker: Zabudovaný speaker dovoluje přehrávání hudebních záznamů a dalších speciálních efektů poznámek.



Obrázek 27 AX-S1

Tabulka 2 Vlastnosti snímací jednotky AX-S1

Váha	37g
Rozlišovací schopnost	10bit(1024)
Napětí	7-10V
Napájecí proud	40mA
Pracovní teplota	-5°C~85°C
signál	digitální packet
typ protokolu	asynchronní poloduplex (8 bit,1 stop,bez parity)
fyzická linka	řetězení, stejně jakou serva AX-12
ID	254ID (0-253)
Komunikační rychlost	7343bps~1Mbps
Zpětná vazba	IR, MIC,TEMP,VOLT,IR Remocon Tx/Rx Data...

4.6 PROGRAMOVÁNÍ

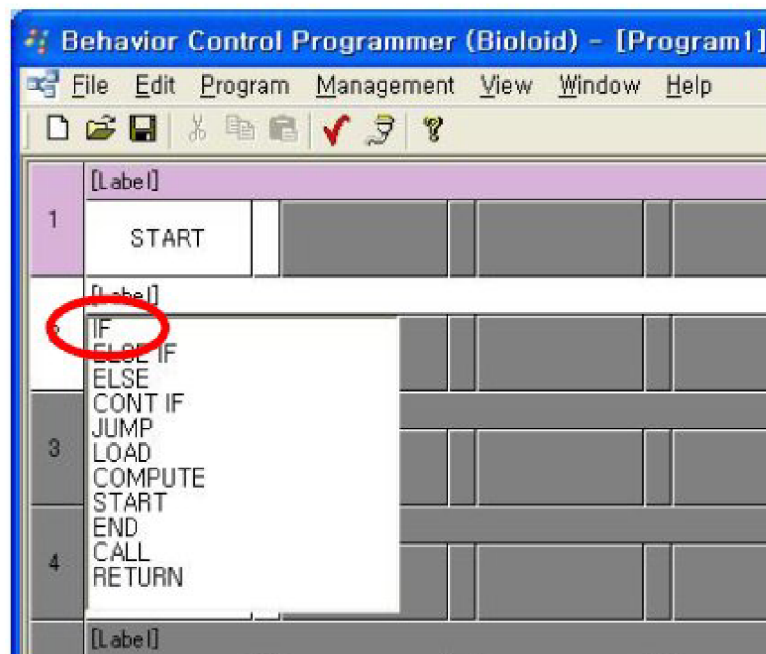
K programování robota jsou na přiloženém CD dva programy: „Behavior Control Programmer“ a „Motion Editor“. Účel programů napovídá již jejich název. Behavior Control Programmer slouží k programování reakcí robota na tlačítka, signály ze senzorů apod. Motion Editor již spíše využijeme při stavbě složitějších robotů, protože slouží k naanimování pohybu robotu a to jak metodou přímého programování nebo zadáním předem určených poloh serv.

4.6.1 Behavior Control Programmer

Behavior Control Programmer je programovací jazyk podobný známým jazykům C/C++ nebo Pascal. Programování však neprobíhá klasickým psaním kódu, ale vybíráním dostupných příkazů kurzorem myši jak je naznačeno na obrázku **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** . Pokud chceme například po stisku tlačítka rozsvítit AuxLed diodu na CM-5 (viz obrázek **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) vybereme nejdříve podmínku IF. Poté vybereme čeho se podmínka bude týkat – v našem případě tlačítka na CM-5. Dále máme možnost buď rozšířit podmínku nebo

vybrat akci která se stane po splnění podmínky. K tomu je příkaz LOAD který nám v našem případě nastaví log. 1 na AuxLed čímž se dioda rozsvítí. Ukázka kompletního řádku je na obrázku **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** .

„Psaní“ kódu lze označit za intuitivní a jednoduché, což je důležité hlavně pro začátečníky. Pro pokročilé uživatele nebo programátory se může zdát takovýto způsob poněkud těžkopádný. Tito uživatelé mohou použít programovací jazyk C. Protože je vlastně celá řídicí jednotka založena na procesoru ATMega128, lze využít vývojových nástrojů používaných běžně k tomuto procesoru. Jedním z nich je v příloženém manuálu popsáný kompilátor jazyka C pro mikroprocesory AVR – GCC, který má tu výhodu, že je zdarma.



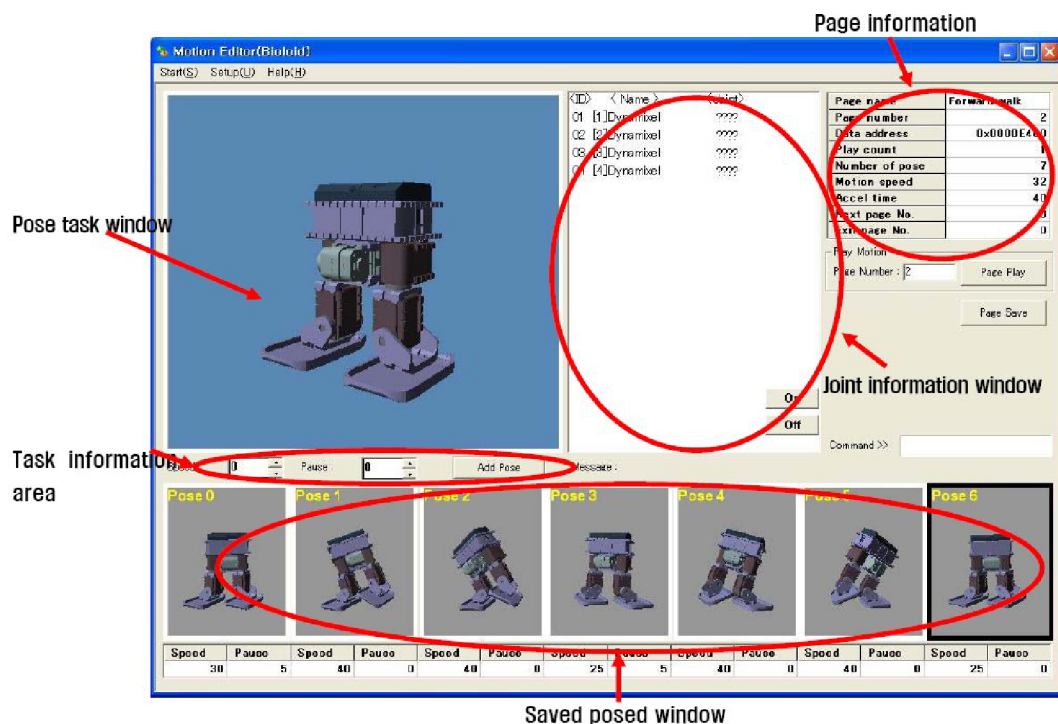
Obrázek 28 Ukázka prostředí Behavior Control Programmer



Obrázek 29 Ukázka kódu v Behavior Control Programmer

4.6.2 Motion Editor

Motion Editor je nástroj pro rychlé a snadné vytvoření sekvence pohybů robota. Uživatelské rozhraní je rozděleno na 4 okna (viz. obrázek **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Pro předdefinované roboty je připraveno 3D zobrazení pózy robota (Pose task window), informace o poloze motoru (Joint information window), sekvenci již nadefinovaných póz robotu (Saved posed window) a nakonec informaci o stránce kde je sekvence uložena (Page information). V okně Joint information wiew jsou umístěna dvě důležitá tlačítka On a Off. Ty zapínají/vypínají moment (držení pozice) motorků. Uložení pózy pak probíhá tak, že vypneme moment, nastavíme ručně robota do žádané pózy, zapneme moment a pózu přetáhneme z okna Pose task window do Task information area. Každé této póze můžeme jednotlivě přiřadit rychlost pohybu a dobu setrvání. Paměť procesoru pojme 127 stránek po 7 uložených pózách.



Obrázek 30 Uživatelské rozhraní programu Motion Editor

4.7 NAMĚŘENÁ DATA

4.7.1 Vlastnosti AX-S1

Aby bylo možno pokračit v praktické části projektu bylo zapotřebí zjistit, jak funguje snímač vzdálenosti robotu Bioloid, změřit jeho charakteristiku a pokusit se realizovat podobný snímač s připojením na tento systém.

Výrobce používá u robotu Bioloid sensorický systém Dynamixel AX-S1, který z pohledu měření vzdálenosti obsahuje tři senzory vzdálenosti, 1 ze přední strany a 1 po každé straně snímače.



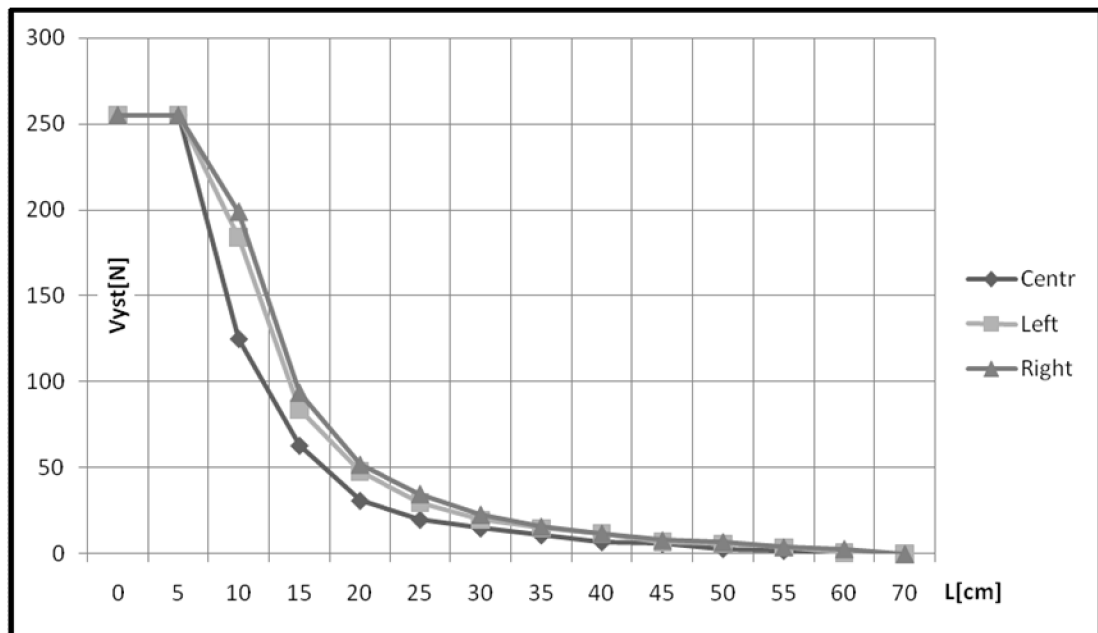
Obrázek 31 Sensorický systém AX-S1

Jako první krok jsem musel realizovat komunikaci mezi počítačem a daným sensorickým systémem. Pro tento úkol jsem využil software dodávaný k robotu Bioloid. Pomocí příkazu read se čtou data z určených adres sensorického systému. Adresa středního senzoru byla 0x1B, levý senzor má adresu 0x1A a pravý jsem četl z adresy 0x1C. Z uvedených adres jsem četl 1B definovaný jako 0x01. Příkaz na čtení například ze středního snímače potom vypadal následovně: read 0x1B 0x01. Senzor vrátil hodnotu od 0 do 255, přičemž maximální hodnota odpovídá minimální vzdálenosti a minimální hodnota odpovídá maximální vzdálenosti. Princip snímače je založen na měření amplitudy odraženého obdélníkového signálu od měřeného předmětu.

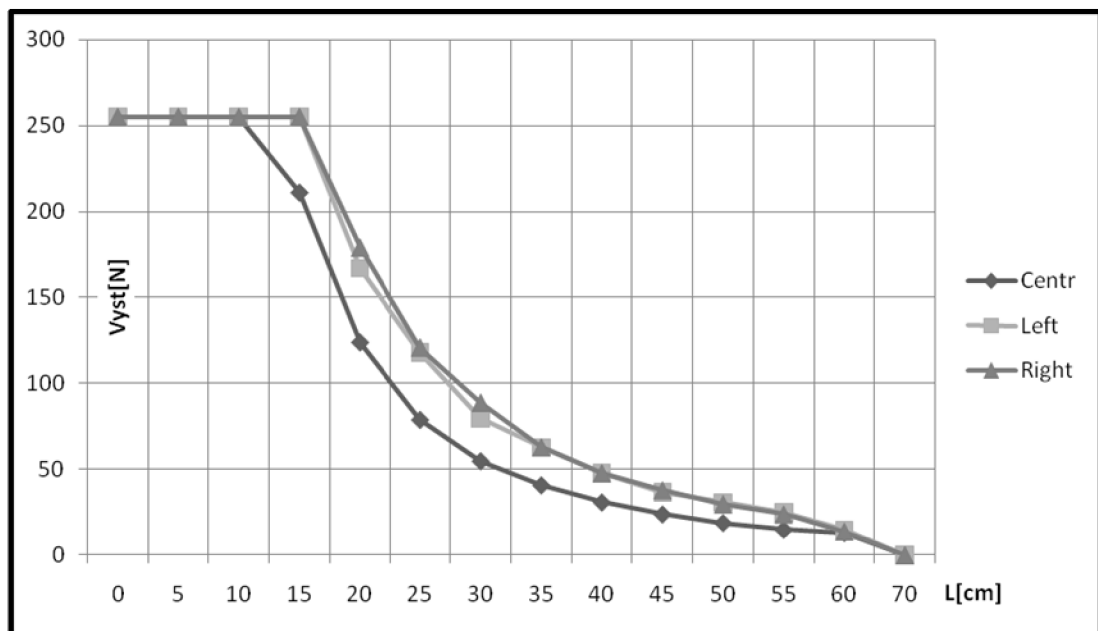
Jako první měření jsem změřil charakteristiku středního snímače s odrazovým materiálem dřevo a zrcadlo. Zjistil jsem, že rozsah snímače se pohybuje od 6,5 cm do 65 cm u dřeva a od 14 do 66 cm u zrcadla. Výsledky měření jsou shrnuty do tabulky a grafu uvedeném níže. Citlivost snímače se mění od 1mm do 10cm v závislosti na měřené vzdálenosti.

Tabulka 3 Naměřené hodnoty pro centrální snímač s dřevem (vlevo) a zrcadlem (vpravo)

L [cm]	Centr [Hex]	Centr [Dec]	L [cm]	Centr [Hex]	Centr [Dec]
0	ff	255	0	ff	255
5	ff	255	5	ff	255
10	7d	125	10	ff	255
15	3f	63	15	d3	211
20	1f	31	20	7c	124
25	14	20	25	4f	79
30	0F	15	30	37	55
35	0B	11	35	29	41
40	07	7	40	1f	31
45	06	6	45	18	24
50	03	3	50	13	19
55	02	2	55	0f	15
60	01	1	60	0d	13
70	00	0	70	00	0
MIN	6,5	251	MIN	14	248
N	FB		N	f8	
MAX	65	1	MAX	66	4
N	01		N	04	



Obrázek 32 Výstupní charakteristika snímačů pro dřevo



Obrázek 33 Výstupní charakteristika snímačů pro zrcadlo

Další měření jsem provedl stejným způsobem jako je výše popsáno měření na bočních senzorech vzdálenosti. Naměřené hodnoty a grafy jsou shrnuty níže.

Tabulka 4 Naměřené hodnoty pro boční senzory - dřevo

L [cm]	Left [Hex]	Left [Dec]	Right [Hex]	Right [Dec]
0	FF	255	ff	255
7	ff	255	ff	255
12	b8	184	c7	199
17	54	84	5e	94
22	30	48	34	52
27	1e	30	23	35
32	14	20	17	23
37	0F	15	10	16
42	0C	12	0C	12
47	07	7	08	8
52	06	6	07	7
57	04	4	04	4
62	01	1	03	3
72	00	0	00	0
MIN	10,2	254	10,7	
N	FE		FC	252
MAX	65	1	71,5	
N	01		00	0

Tabulka 5 Naměřené hodnoty pro boční senzory - zrcadlo

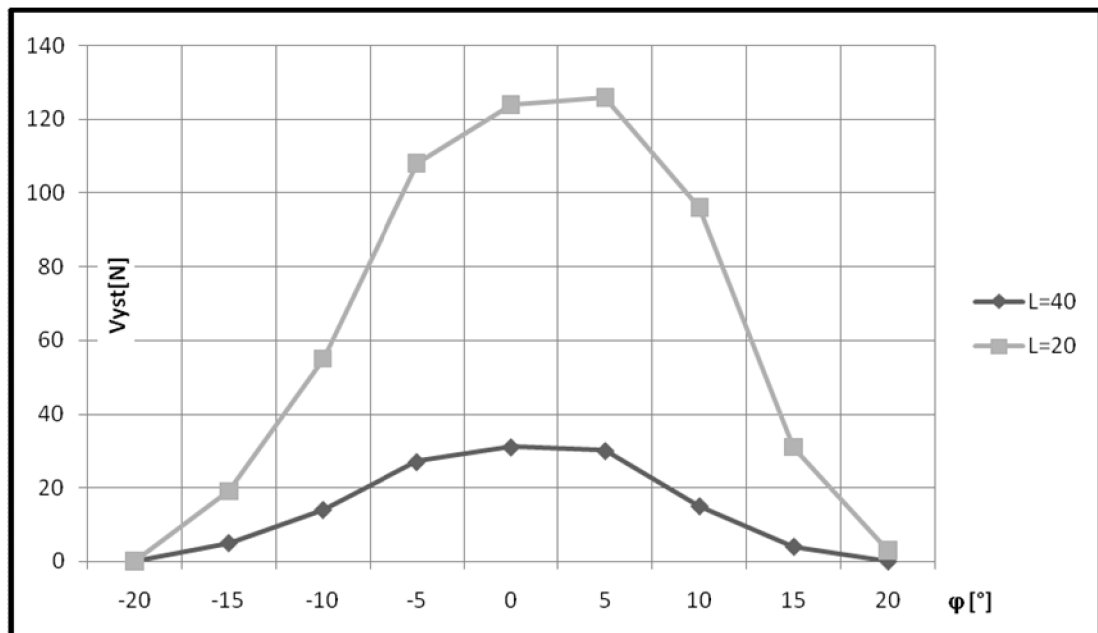
L [cm]	Left [Hex]	Left [Dec]	Right [Hex]	Right [Dec]
0	ff	255	ff	255
7	ff	255	ff	255
12	ff	255	ff	255
17	ff	255	ff	255
22	a7	167	b3	179
27	76	118	79	121
32	50	80	59	89
37	3f	63	3f	63
42	30	48	30	48

47	25	37	26	38
52	1f	31	1e	30
57	19	25	18	24
62	0f	15	0e	14
72	00	0	00	0
MIN	16	252	17	246
N	fc		f6	
MAX	64	01	64	3
N	01		03	

Posledním měřením originálního senzorického systému byla směrová charakteristika senzorů vzdálenosti. Charakteristiku senzoru jsem měřil v rozsahu -20 až 20° . Úhly jsem proměřoval po 5° . Změřil jsem hodnoty ve dvou vzdálenostech, a to pro 20 a 40 cm. V tabulce níže máme shrnuty výsledky měření a v grafu je zobrazena směrová odchylka.

Tabulka 6 Naměřené hodnoty směrové charakteristiky

$\varphi [^\circ]$	L=40 [Hex]	L=40 [Dec]	L=20 [Hex]	L=20 [Dec]
-20	0	0	0	0
-15	5	5	13	19
-10	0e	14	37	55
-5	1b	27	6c	108
0	1f	31	7c	124
5	1e	30	7e	126
10	0f	15	60	96
15	4	4	1f	31
20	0	0	3	3



Obrázek 34 Směrová charakteristika senzoru vzdálenosti

4.7.2 Zhodnocení

Senzor vzdálenosti AX-S1 vysílá IRDA paprsek, ten se odráží od reflexní plochy a podle kvanta přijatého světelného toku potom určí vzdálenost předmětu. Tuto hodnotu vrátí jako hodnotu 0-255, kdy 255 odpovídá minimální vzdálenosti a 0 odpovídá maximální vzdálenosti.

Další typy senzorů umístěných v sensorickém systému AX-S1 nemá smysl zkoumat. Jak vyplývá z naměřených hodnot, sensorický systém, tak, jak je postaven neodpovídá v žádném případě požadavkům na plnohodnotný měřicí systém autonomního robotu. Bylo tedy třeba přistoupit k realizaci vlastního sensorického systému.

Jak je tedy patrné, rozhodl jsem se zabývat senzory vzdálenosti. Po seznámení se systémem AX-S1 jsem usoudil, že je dostatečně kvalitně promyšlený. Zřejmě bylo nasnadě vyrobit systém velmi podobný. Z tohoto jsem se snažil vyjít a dospěl jsem k závěru, že správnou cestou bude použití stejné koncepce s tím rozdílem, že se budu snažit použít kvalitnější senzory vzdálenosti, pokud možno v kooperaci.

5. TEORETICKÝ ZÁKLAD NUTNÝ PRO REALIZACI PROJEKTU

5.1 KONCEPCE

Při pokusu zvážit vlastnosti zvolené koncepce z hlediska jejich vhodnosti, či nevhodnosti pro různé typy úkolů jsem dospěl k tomuto závěru: Pokud v jednom z kroků označím některou z předpokládaných vlastností za kladnou, jinou naopak za zápornou, dostanu se záhy do situace, kdy vlastnosti celého projektu posuzuji z jiného pohledu. Vlastnosti, které jsem dříve označil za kladné ztratí svoji váhu, naopak vlastnosti označené, jako záporné váhu získají. Rozhodnul jsem se tedy, že pouze nastíním témata vhodná k debatě, pokud by k nasazení takového typu systému došlo.

- Váha
- Vliv prostředí
- Životnost
- Operační teploty
- Vliv elektromagnetického rušení
- Vliv různých typů záření
- Etika použití
- Vhodnost zvoleného řešení
- Odebíraný výkon
- Velikost
- Odpovídá cena vlastnostem
- Možnost porušení patentových zákonů
- ...

Už z výčtu aspektů nutných k přihlédnutí je patrné, že polemika nad problémem výběru vhodného řešení je velmi komplikovaná a vyžaduje spolupráci odborníků z různých oblastí průmyslu i sociální oblasti.

Koncepce zařízení se vyvíjela společně s postupující prací na projektu. Závěrečným resumé se ukázala být nejkomplicovanější varianta. Stala se jí pro svou všestrannost. Bylo zapotřebí zajistit obsluhu výstupu jakéhokoli průmyslového snímače, či snímače běžně používaného v mobilní robotice. Tento požadavek vyvstal ze zadání, které je i přes svoji stručnost poměrně obsáhlé. Dále bylo potřeba zajistit komunikaci s nadřazenými systémy. Těmito může být jak PC, tak nadřazený systém mikroprocesorů, zároveň však může být i toto zařízení nadřazeno ostatním a zprostředkovávat připojení jiných zařízení, či jejich komunikaci, matematické výpočty atp. Jak je tedy patrné, návrh zařízení bude v mnoha ohledech univerzální. V případě specializovanějšího zadání by se ovšem celý návrh podstatně zjednodušil. Bylo by možno realizovat jej na poměrně velmi malém prostoru (malém plošném spoji). Z tohoto dále vyplývá následující rozhodnutí:

Bylo třeba rozmyslet, jak se bude celý obvod realizovat. Posléze jsem zvolil řešení součástkami v klasických pouzdrech, nikoli jako SMD. Toto rozhodnutí se dá odůvodnit tak, že i při nejlepší vůli se konečný výrobek jako takový nadále musí považovat za prototyp, u kterého je třeba zaměřit se na funkci, spolehlivost při testování a jednoduchost práce v případě konstrukčních změn.

Následným rozhodnutím tedy bylo využití procesoru ATMEGA8, který obsahuje sadu všech obvykle používaných rozhraní, jako I2C, SPI, RS 232 atd. (vyjmenované jsou použity). Dále obsahuje A/D převodník, sadu časovačů atp., čehož lze využít u snímačů, které komunikují jinak, než digitálně. Touto metodou může být například Bandwidth přenos, PWM přenos a různé kombinace předešlých používané pro čtení hodnoty ze snímačů v praxi.

Tolik tedy k popisu výběru procesoru. Dalším důležitým aspektem ke zvážení se ukázal výběr snímačů. Jako dostatečně reprezentativní vzorky byly vybrány snímače odlišné koncepce, komunikující s nadřazeným systémem odlišným způsobem, kdy výstupem z nadřazeného systému bude navíc hodnota závislá na hodnotě obou senzorů. Tato hodnota se odesílá na výstup SPI a RS232. Popsaným postupem je tedy dostatečně demonstrována funkceschopnost zařízení, nepopírá však všestrannost zvolené koncepce v případě přeprogramování procesoru.

5.2 POUŽITÉ SNÍMAČE

5.2.1 Proximitní snímače - charakteristika

Jde o snímače schopné detekovat přítomnost objektů bez jakéhokoliv fyzického kontaktu. Proximitní senzory často emitují elektromagnetické, nebo elektrostatické pole, paprsek elektromagnetického vlnění (například infračervené záření), přičemž reaguje na změnu vráceného signálu. Snímaný objekt je často považován za cíl proximitního snímače. Různé druhy cílů tak vyžadují jiné senzory, respektive metodiku jejich snímání. Například kapacitní, nebo fotoelektrické senzory mohou být přijatelné pro plastový cíl, indukční proximitní senzory vyžadují kovový cíl.

Maximální vzdálenost, kterou takovýto senzor může snímat je nazývána nominálním rozsahem. Některé senzory obsahují úpravu nominálního rozsahu pro postupné získávání vzdálenosti.

Proximitní senzory mohou mít vysokou účinnost a dlouhý bezporuchový život, díky absenci mechanických částí a bezkontaktní koncepci senzor - objekt.

Proximitní senzor nastavený pro velmi malý pracovní rozsah může fungovat také jako dotykový spínač.

Typickými aplikacemi proximitních senzorů jsou následující aplikace:

- Mobilní robotika
- Parkovací senzory na autech, měřící vzdálenost objektů, či aut při parkování
- Systémy pro zabezpečení letové bezpečnosti
- Detekce „zamrznutí“ papíru v tiskárnách
- Systémy protiletadlové a protiraketové obrany

Typickými proximitními senzory jsou pak tyto druhy:

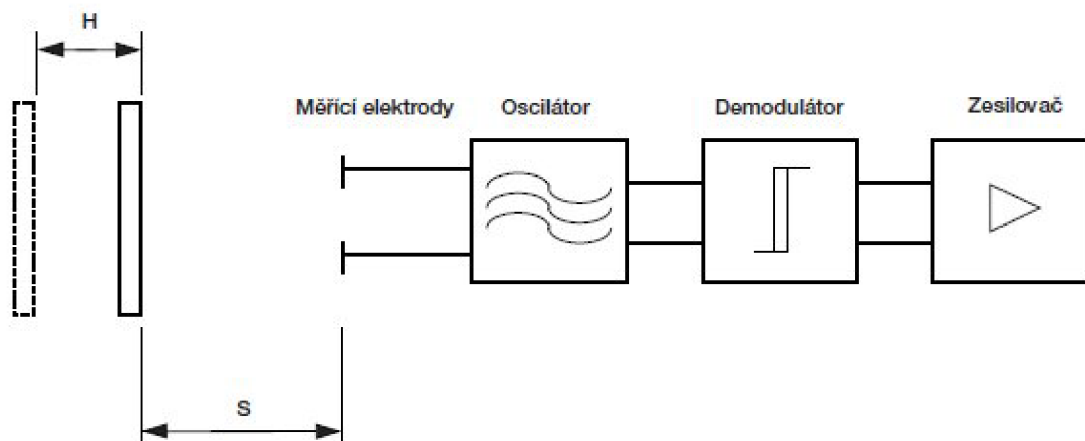
5.2.1.1 Kapacitní

Aktivní část kapacitního čidla tvoří dvě elektrody měřícího kondenzátoru. Elektrody jsou zapojeny v obvodu oscilátoru RC. Při přiblížení předmětu k aktivní

části čidla, dojde ke změně kapacity kondenzátoru a tím i ke změně kmitočtu oscilátoru (izolant změni permitivitu dielektrika, kovový předmět zvětšuje plochu elektrod). Změna kmitočtu je vyhodnocena elektronikou senzoru a po následném zesílení převedena na výstupní signál. Citlivost kapacitního čidla (dosah) je možné plynule nastavovat víceotáčkovým trimrem.

Kapacitní čidla lze použít pro snímání úrovně hladin v nádržích a kontejnerech. Lze snímat kapaliny (např. oleje, alkohol, vodu) i sypké materiály (např. PVC, prášky, cukr, obilí, sušené mléko, uhlí atd.). Dalším možným použitím je snímání polohy nekovových předmětů (např. sklo, dřevo, umělé hmoty apod.) Lze je použít k počítání kovových a nekovových prvků nebo v režimu snímače přiblížení i k vyhodnocení přítomnosti materiálů v přímém kontaktu.

Pokud snímaným předmětem není kov nebo voda, maximální dosah se snižuje.



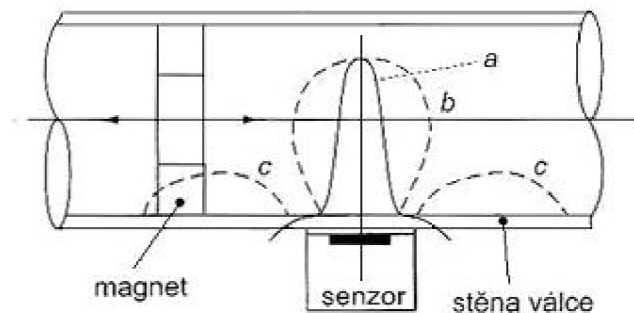
Obrázek 35 Typický princip práce kapacitního snímače vzdálenosti

5.2.1.2 Magnetické

Jsou používány všude tam, kde již induktivní senzory z hlediska spínacích vzdáleností nestačí, protože proti nim nabízí podstatně delší spínací vzdálenosti při stejných nebo i menších rozměrech snímače. Další jejich výhodou je použití jen magnetismu. Magnetická pole totiž prochází všemi nemagnetickými materiály, a tak mohou tyto senzory rozpoznávat magnety, které jsou umístěny např. za stěnami z

barevných kovů, ušlechtilé ocele, hliníku, umělých hmot nebo dřeva. Z pohledu možného provedení magnetických senzorů však existuje více možností, které se používají v různých situacích: Tradiční (historický) Reedův senzor, Sensory s Hallovou sondou, Magnetorezistivní sondy, Sensory s nasycovaným jádrem cívky.

Magnetické senzory mají vlastnosti, které lze využít v případech nevyhovujících jiným sensorům přiblížení. Hlavně to je relativně velký dosah od desítek milimetrů až do desítek centimetrů (obvykle dle použitého magnetu v těle detekovaného objektu) a detekce magnetického pole, které se lze vést i směrovat, hůře se ruší a neomezeně prostupuje nemagnetickými materiály (tzn. i kovy jako hliník). Navíc se takové senzory vyznačují i menšími rozměry, což například umožňuje zabudovatelnost do malých hliníkových bloků.



Obrázek 36 Princip magnetického senzoru s nasycovaným jádrem cívky

5.2.1.3 Fotoelektrický člunek

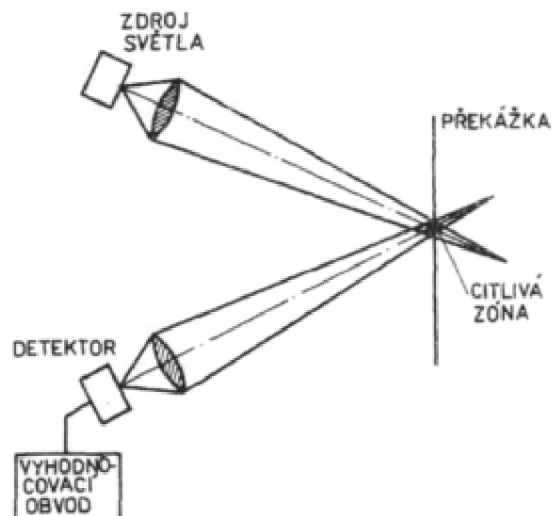
Snímače s infračerveným spektrem záření patří mezi nejužívanější a bezesporu nejvíce rozšířené senzory pro automatizaci. Typickou aplikací je např. počítání výrobků na běžícím pásu, kontrola rozměrů výrobků či počítání otáček.

Mezi nejběžněji používané infračervené senzory patří senzory proximity, zvané též difuzní. Princip těchto snímačů spočívá v přítomnosti nebo nepřítomnosti světla na přijímači. Tuto změnu způsobí buď přítomnost, nebo nepřítomnost objektu (snímaného předmětu) v ozařovacím poli snímače. Tato změna je zaznamenána na výstupu přepnutím výstupního členu (NPN/PNP nebo relé).

Difuzní senzor se skládá z vyhodnocovací a napájecí jednotky, vysílače a přijímače. Minimálně však vždy z vysílače a přijímače, které jsou umístěny do jednoho celku. Způsob, jakým jsou vysílač a přijímač vedle sebe umístěny, závisí na jejich určeném zorném poli dosahu. Výsledná charakteristika je tudíž vždy u každého typu odlišná.

Velmi používanými infračervenými senzory jsou tzv. snímače v režimu závory. U těchto snímačů je nutné zdůraznit jejich výbornou detekci na dlouhé vzdálenosti a možnost použití ve znečištěném prostředí. Dosahy senzorů v režimu závory jsou až do 50 m. Jedinou možnou nevýhodou těchto snímačů je jejich nutná montáž na obou stranách snímaného předmětu a s tím spojené nutné napájení těchto senzorů. V případech, kdy je nemožné oboustranné napájení, je ovšem možné použít snímače, které umožňují napájení vysílače lithiovým akumulátorem.

Dalším principem je reflexní - tedy princip odrazu paprsku od odrazky. Dosah reflexních senzorů je přes 10 m. Snadno se instalují a mají trochu lepší odolnost proti znečištění než snímače difuzní. Stejně jako u typů proximních jsou světelný zdroj a detektor v jednom celku. Rozdíl spočívá v tom, že odraz emitovaného světla je získán pomocí reflektoru - tedy odrazky. Detekce je založena na přerušení odraženého světelného svazku, ke kterému dojde, když objekt vnikne mezi vysílač a reflektor. Mohou tedy být detekovány i objekty odrážející světlo, protože nemohou upravit světelné záření tak jako reflektor.



Obrázek 37 Typický princip fotoelektrického snímače vzdálenosti

5.2.1.4 Laserový dálkoměr

Tento senzor rovněž pracuje na principu měření doby letu vyslaného signálu, v tomto případě laserového paprsku (některé typy neměří dobu letu, ale fázový posuv mezi vyslaným a přijatým signálem). Paprsek běžných laserů je navíc rozmítán v jedné rovině, což znamená, že v jednom okamžiku získáme informace o vzdálenostech v celém intervalu úhlů.

Změny vlastností prostředí jako teplota, tlak a vlhkost nemají na měření pozorovatelný vliv.

5.2.1.5 Ultrazvukový snímač (aktivní, či pasivní)

Princip tohoto senzoru je jednoduchý. Jak patrně z názvu funguje s ultrazvukovou frekvencí, což lidské ucho s rozsahem 20Hz až 20KHz není schopno zachytit. Senzor vysílá tento signál a přijímá ho odražený zpět, doba, za kterou se vyslaný signál vrátí se vyhodnocena. Je tvořen vysílačem, přijímačem a obvodem pro vyhodnocení.

Aby bylo možno měřit, je potřeba nejdříve vyslat určitý signál. Tento signál má jisté specifikace, které jsou dány potřebným kmitočtem, vzdáleností, kterou chceme měřit, a je ovlivněn rychlostí šíření zvuku ve vzduchu.

Příjem odraženého signálu je použit ultrazvukový přijímač, rozdíl je pouze u zisku a šířky pásma. Signál, který byl vyslán, prošel prostředím, odrazil se a vrátil se skrz stejné prostředí zpět, ztratil značně na své intenzitě.

Je třeba redukovat chybu způsobenou změnou teploty (závislost rychlosti šíření zvuku v prostředí na okolní teplotě).

5.2.1.6 Radar

Používají se např. k ověřování kvality a hledání poruch komunikačních kabelů, k měření výšky hladiny v průmyslu, zjišťování lokalizace objektů ve „velkých i malých“ aplikacích.

Elektromagnetické vlnění (mikrovlny – perioda řádově v nanosekundách) je vysláno do prostředí. Při kontaktu vlnění s cílem dojde k částečnému odrazu vlnění. Čím větší je relativní permitivita cíle, tím větší část vlnění je odražena zpět.

Snímač měří čas mezi vysláním a příjmem vlnění, který je přímo úměrný vzdálenosti od cíle. Prach, páry a pěna neovlivňují výsledky měření. Rovněž tlak, teplota, změny relativní permitivity a tvar prostředí nemá na přesnost měření vliv.

Typickými aplikacemi proximityních senzorů jsou následující aplikace:

- Mobilní robotika
- Parkovací senzory na autech, měřící vzdálenost objektů, či aut při parkování
- Systémy pro zabezpečení letové bezpečnosti
- Detekce „zamrznutí“ papíru v tiskárnách
- Systémy protiletadlové a protiraketové obrany

5.2.2 Vlastnosti proximityního snímače Sharp GP2D120

[15]

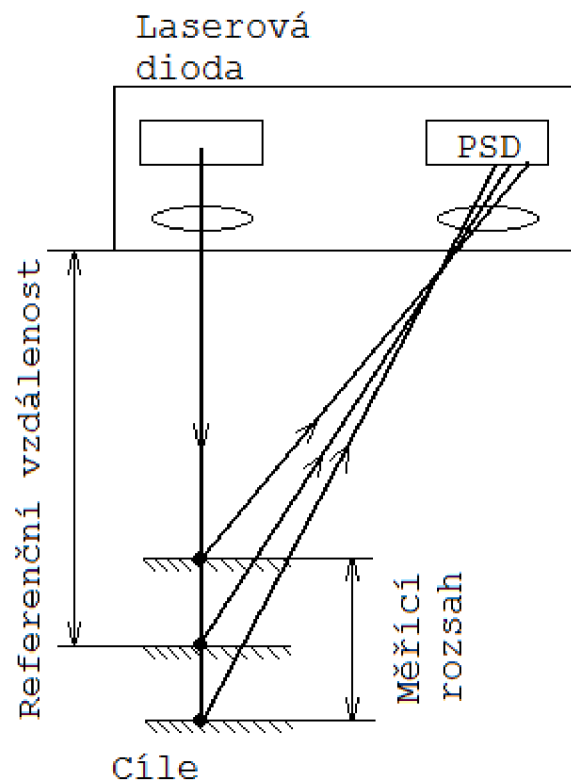
5.2.2.1 Teorie

Senzor GP2D120 používá pro měření vzdálenosti metodu optické triangulace, kdy světelný paprsek vytváří na měřeném objektu nepatrný světelný bod. Detekcí úhlu odrazu tohoto světelného bodu je vypočtena vzdálenost senzorů od měřeného objektu.

Pro detekci využívá PSD (Position Sensitive Device). PSD je fotocitlivý prvek, u nějž se protékající proud mění v závislosti na poloze dopadu laserového paprsku. Závislost proudu na místě dopadu světla je silně nelineární.

Tento typ senzoru určuje polohu cíle. Optický systém objektivu pak zaměřuje odražené světlo na světlo-citlivý přístroj zvaný PSD. Pokud je cíl změnil svoji pozici vůči referenčnímu postavení, změní se také místo dopadu světelného svazku na detektor.

Po dopadu paprsku elektronika rozpozná postavení na přijímacím prvku a proběhne linearizace a další zpracování signálu (digitální nebo analogové). Výstupem je poměr k cílové pozici.



Obrázek 38 Princip PSD snímače

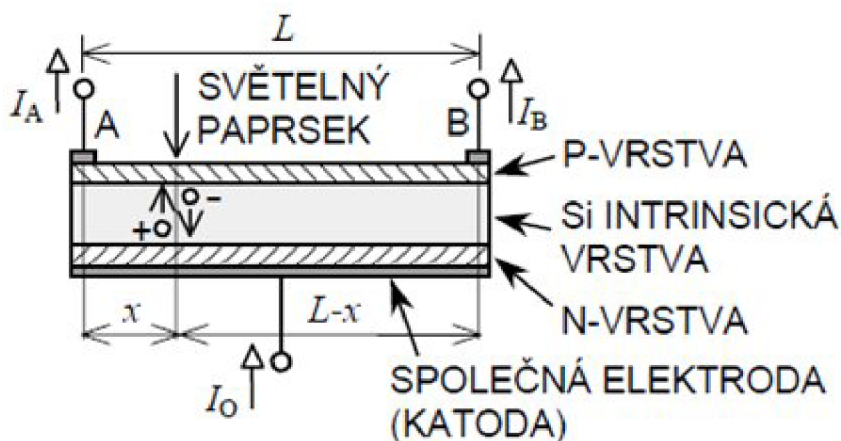
Nejdůležitější složkou v optickém triangulačním systému je světlocitlivý prvek PSD.

PSD triangulace je převládající technologie používaná výrobci průmyslových laserových senzorů vzdálenosti. Jsou charakteristické opakovatelným a přesným měřením, PSD snímače vyžadují tyto aplikační podmínky:

- Dobrá kolmost cíle
- Zamezení sekundárním od cíle
- Konzistentní ideální Gaussovský distribuovaný difúzní odraz
- Cíle, které neabsorbují světlo příliš lehce (černý) - cca 40% požadované odrazivosti
- Cíle, které nejsou příliš lesklé
- Okolního světlo $< 10.000 \text{ lx}$

Chceme-li pochopit omezení PSD snímače, musíte se blíže zaměřit na to, jak snímač funguje.

PSD jsou analogové detektory, které jsou založeny na proudech generovaných fotodiodou. Výstupní proud je úměrný místě dopadu odraženého světla na detektoru. Pokud je odražené světlo uprostřed detektoru, analogové výstupy na každém konci jsou si rovny, ale když se světlo pohybuje od středu detektoru, výstupy se změní proporcionálně.



Obrázek 39 Princip proporcionální změny na PSD prvku

Přijímací element zjistí polohu distribucí vztaženou k referenční hodnotě. V případě změny povrchu cílové textury, nebo úhlu snímání, toto může způsobit změnu snímané vzdálenosti. To proto, že se změní centrum rozložení světla, které vyvolává změny ve výstupu z PSD prvku, i když je pravda, že pozice cíle se nezměnila.

PSD systémy jsou citlivé na intenzitu světla. Toto je vlastnost detektoru. Pokud je intenzita světla změněna a pozice cíle zůstává stejná, na výstupu se jeví změněna.

5.2.2.2 Vlastnosti

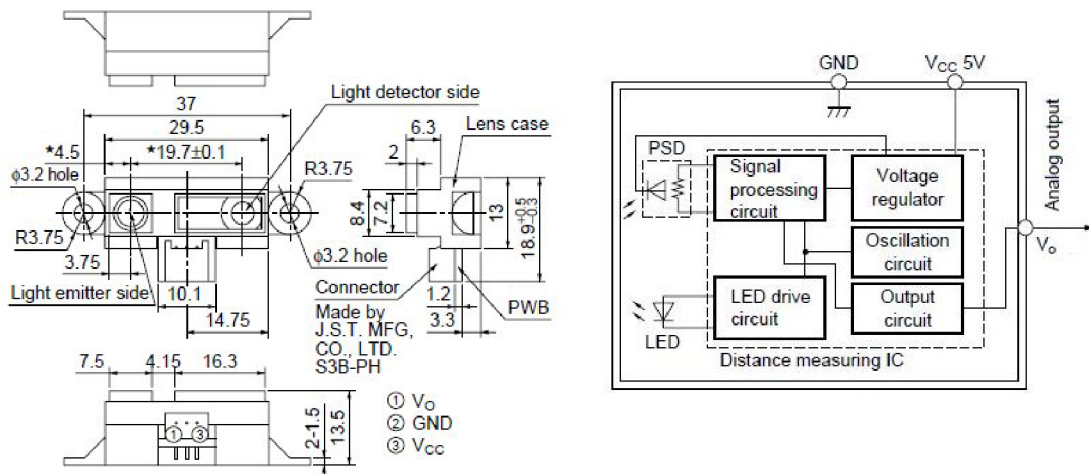
Po zhodnocení možností měření byla vybrána metoda optické triangulace.

GP2D120 je infračervený senzor, který na svém výstupu dává spojitou funkci napětí, jako odezvu na okamžitou vzdálenost od hodnoty vzdálenosti 4cm do 30 cm.

Rozhraní je 3-žilové s +U, GND a signálem.

Jednoduchým přivedením +U a GND dosáhnou vyhodnocení a snímám analogovou hodnotu reprezentující vzdálenost.

Na obrázcích je zobrazeno rozmístění pinů na senzoru, jeho geometrické rozměry, jednoduchý blokový diagram reprezentující vlastnosti senzoru a dále jeho závislosti na teplotě, vzdálenosti a osvětlení cíle.

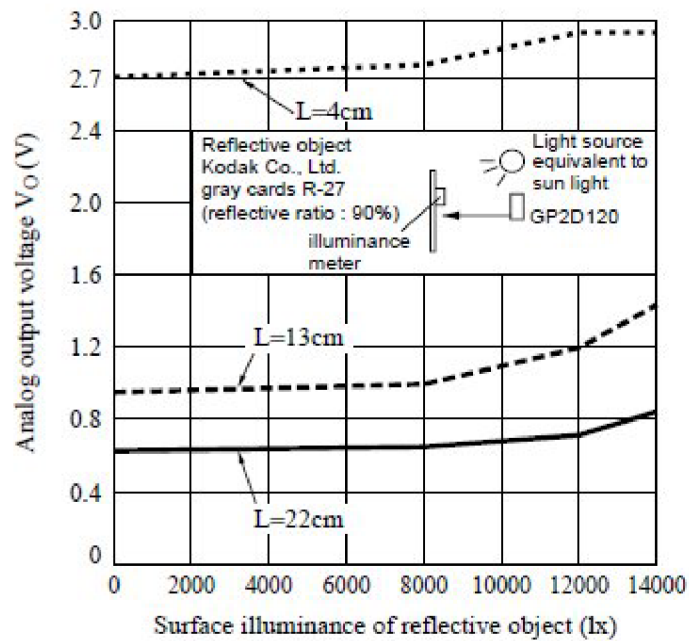


Obrázek 40 Geometrické rozměry a blokový diagram GP2D120

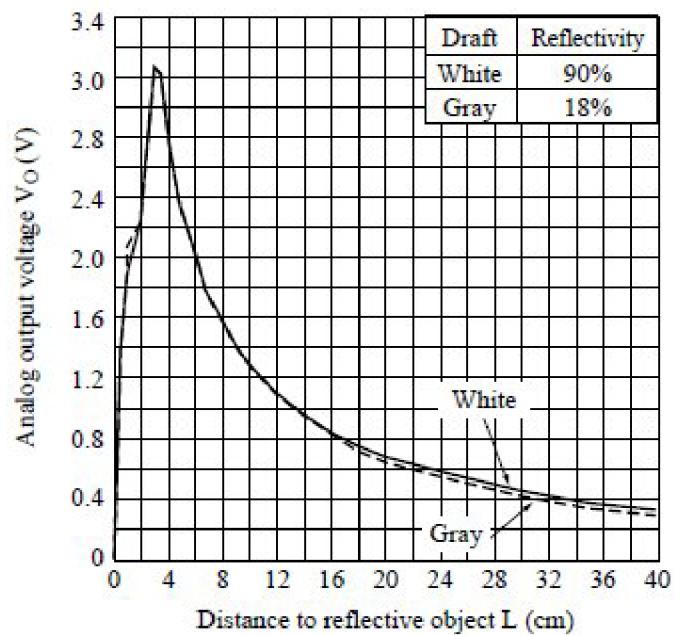
Tabulka 7 Parametry senzoru GP2D120

($T_a=25^\circ\text{C}$, $V_{cc}=5\text{V}$)

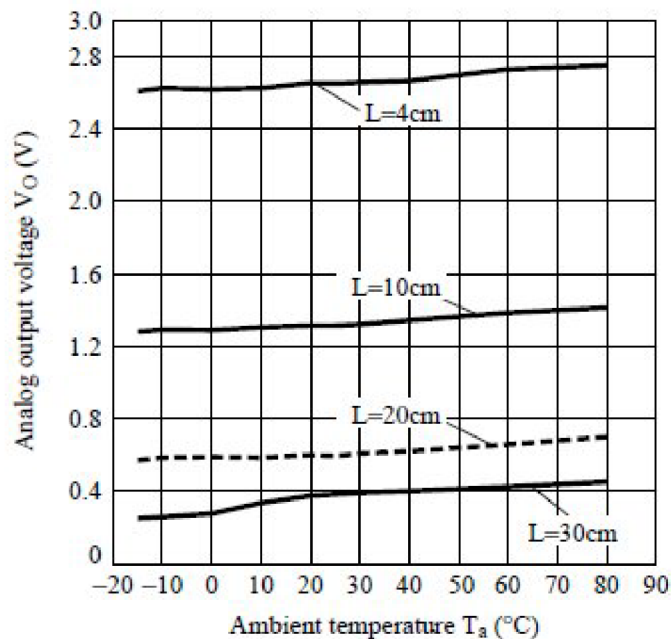
Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V_{cc}	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V_o	-0.3 to $V_{cc}+0.3$	V
Operating temperature	T_{opr}	-10 to +60	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-40 to +70	$^\circ\text{C}$



Obrázek 41 Závislost výstupního napětí na osvětlení cíle



Obrázek 42 Závislost výstupního napětí na vzdálenosti cíle a jeho reflektivitě



Obrázek 43 Závislost výstupního napětí na okolní teplotě

5.2.3 Vlastnosti proximního snímače Devantech SRF08

[6,7,8,9]

5.2.3.1 Teorie

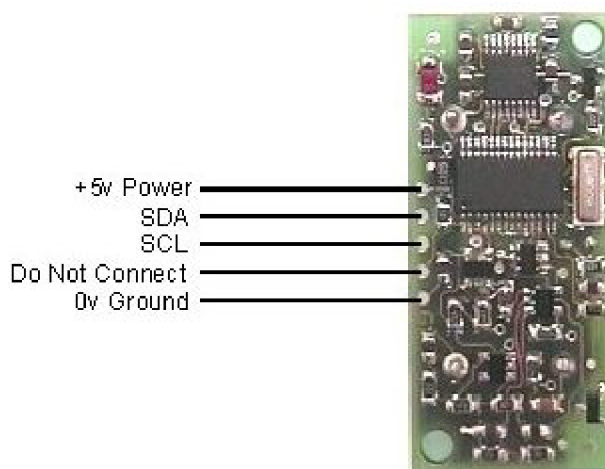
Sonary jsou senzory určené k měření vzdálenosti k překážce, popř. k detekci překážky. Ultrazvukové sonary jsou založeny na měření doby mezi vysláním akustického impulsu a okamžikem přijetí odraženého signálu od překážky – echa. Je-li vyhodnocována pouze přítomnost překážky a uživatele nezajímá vzdálenost k ní, je vyhodnocováno pouze přijetí a nepřijetí echa.

U běžných sonarů sloužících např. pro měření výšek hladiny, měření vzdáleností ve stavebnictví, zemědělství, lesnictví, robotice nebo automatizaci a pro hlídání prostoru se používá ultrazvukový signál nejčastěji o kmitočtu kolem 40 kHz.

[5]

5.2.3.2 Vlastnosti

Sonar SRF08 má tyto význačné parametry: maximální měřená vzdálenost, spotřeba, rozsah, nastavení zesílení přijatého signálu, krátká prodleva mezi jednotlivými měřeními, schopnost vyhodnotit vícenásobné odrazy, služby zabudovaného firmwaru a komunikace prostřednictvím sběrnice I2C. Sonar přímo poskytuje veškeré požadované informace – tedy vzdálenost k překážce (překážkám) již v konečné číselné podobě.



Obrázek 44 Zapojení sonaru SRF08

Sonar je vhodný pro měření vzdálenosti i k více překážkám – dokáže vyhodnotit vícenásobné echo v nastavitelných rozsazích, přičemž nejdelší rozsah je 11 m.

Tabulka 8 Základní parametry SRF08

Napájení	5 V/15 mA (3 mA v pohotovostním režimu)
Kmitočet	40 kHz
Rozsah měření	3 cm až 11 m
Připojení	sběrnice I2C, nastavitelná adresa – standardně je E0H, může být nastaveno šestnáct různých adres
Jednotky	volitelně μ s, mm nebo palce
Rozměry	43 × 20 × 17 mm

Jednou z předností SRF08 je jeho průměrná spotřeba – 15 mA/5 V. Oproti spotřebě jeho konkurentů, v robotice doposud hodně často používaným, je velice malá. Díky tomu lze snadno napájet větší počet těchto snímačů z malého zdroje napětí (baterie, akumulátor). Navíc se sonar může po ukončeném měření při čekání na další příkaz přepnout do pohotovostního režimu, ve kterém odebírá ze zdroje proud jen 3mA. Modul dokáže vyhodnotit vícenásobný odraz (echo) a uchovává až šestnáct prvních ech (umožňuje např. měřit skrz otevřené dveře). Dále dokáže v módu ANN (Artificial Neural Network) změřené hodnoty předem zpracovat a poskytnout je ve tvaru vhodném pro vyhodnocení neuronovou sítí. Modul komunikuje po sběrnici I2C a lze u něho softwarově změnit jeho adresu. V sonaru SRF08 je navíc zabudován senzor osvětlení, jehož analogový výstup je digitalizován zabudovaným A/D převodníkem, kterým je vybaven použitý mikroprocesor PIC16F872. Intenzita osvětlení je vyhodnocována během každého měření vzdálenosti. Modul SRF08 obsahuje 36 registrů. Registr 0 je příkazový, registr 1 je vyhrazen pro zesílení senzoru osvětlení. Další registry obsahují údaje jednotlivých ech (pro každé echo jsou určeny dva registry). Zápisem kódu do příkazového registru se nastavuje jeden ze dvou módů činnosti modulu, tj. měření vzdálenosti nebo ANN, a zároveň se spustí vlastní měření.

5.2.3.3 Mód měření vzdálenosti

Mód měření se nastaví zápisem jednoho ze tří příkazových byte 50H, 51H, 52H do příkazového registru. Vyrovnávací paměť (velikost: 36 B) je vynulována a je odstartována sekvence měření vzdálenosti, resp. vzdáleností. Hodnota prvního echa (ve formátu podle zvoleného měřicího módu) je uložena v registrech 2 a 3, druhé přijaté echo v registrech 4 a 5 atd. Je-li obsah těchto registrů po ukončení měření nulový, následující registry jsou rovněž nulové a žádné echo neobsahují. Standardní a doporučená doba měření je 65 ms, může být zkrácena nastavením registru rozsahu. Zároveň je také aktualizována hodnota senzoru osvětlení v registru 1.

5.2.3.4 *Mód ANN*

Mód ANN je určen ke snazšímu následnému zpracování (vyhodnocení) dat vícenásobného echa neuronovou sítí. V tomto módu jsou naměřená data uložena v 32byteové vyrovnávací paměti (adresy 4 až 35 včetně), kde každý byte představuje maximální dobu měření 65 536 μ s rozdělenou do 32 intervalů. Každý interval reprezentuje časové okno 2 048 μ s (odpovídá 352 \times bylo v daném časovém okně přijato echo, bude v příslušném bytů vyrovnávací paměti zapsána nenulová hodnota. Bude-li např. přijato echo do prvního bytů vyrovnávací paměti, bude obsahovat nenulovou hodnotu. Pokud byla překážka detekována ve vzdálenosti 3m, bude vnitřní registr na adrese 12 rovněž nenulový.

5.2.3.5 *Test konce měření*

Konec měření je možné zjišťovat v zásadě dvěma způsoby. Zaprvé lze po začátku měření počkat maximálně možnou dobu, která je přibližně 65ms, a potom číst výsledek. Druhý způsob využívá to, že po dobu měření je modul z pohledu sběrnice I2C neaktivní a při jeho oslovení, např. čtení verze modulu na adrese 0 vnitřního registru, se objeví hodnota FFH. Vráti-li senzor jinou hodnotu, znamená to, že měření je ukončeno a je možné číst změřená data.

Vzhledem k tomu, že mnoho parametrů sonaru SRF08 je programovatelných (módy, rozsahy, zesílení, jednotky atd.), jeho dokumentace je poměrně rozsáhlá.

5.3 JEDNOČIPOVÝ MIKROPOČÍTAČ ATMEGA8

[11]

5.3.1 Teorie

Mozkem senzorického systému je počítač. Může se jednat o klasické PC, notebook nebo třeba PDA. Tato zařízení mají sice značný výpočetní výkon, ale kvůli svým rozměrům a ceně jsou pro řízení mého systému nevyhovující. Pro jednoduchou činnost jako je práce s periferiemi a jednoduché výpočty, by použití „plnohodnotného“ počítače bylo nevhodné hned z několika důvodů. Použiji proto

jednočipový počítač, zvaný též mikrokontroler MCU. V jistých ohledech se jednočipový počítač velice podobá normálnímu PC.

5.3.1.1 Paměť mikrokontroleru

Stejně jako běžný počítač zpracovává i mikrokontroler soubor instrukcí – počítačový program. U stolních počítačů je program uložen na pevném disku. Jednočipové počítače pevné disky nemají. Vše proto musí být řešeno čistě na polovodičové úrovni. Program mikropočítače není uložen na disku, ale v takzvané FLASH paměti. Data uložená v paměti FLASH je možné přepisovat a zůstávají zachována i po odpojení napájení.

Dále je mikrokontroler vybaven pamětí RAM. Pro tuto paměť je typické, že při odpojení napájení dojde k smazání veškerého jejího obsahu. Do paměti RAM (operační) si jádro mikropočítače ukládá veškeré mezivýsledky, se kterými poté dále pracuje.

Třetím typem je paměť EEPROM. Data v této paměti je možné přepisovat a zůstávají zde i po vypnutí napájení. Její kapacita je daleko menší, než FLASH a také je ze všech tří pamětí nejpomalejší. Do paměti EEPROM se ukládají zejména uživatelská nastavení. V EEPROM mohou být uloženy například údaje pro kalibraci senzorů a podobně.

5.3.1.2 Architektura

Program mikrokontroleru uložený v paměti FLASH nemůže za běhu měnit její obsah. Paměť lze programovat pouze externě pomocí počítače, samotné jádro z ní může jenom číst.

Mikrokontroler ATMEGA8 je navržen podle harvardské architektury. Paměť programu je fyzicky oddělena od paměti dat. Jádro mikročipu může současně načítat programovou instrukci a data, se kterými program pracuje, což značně zvyšuje výkon procesoru. Dalším velkým kladem je možnost použít rozdílný typ paměti pro program a data. Nevýhodou je naopak roztržitost paměti a tím pádem její neefektivní využití.

5.3.1.3 Jádru

Jádru je srdcem mikrokontroleru. U ATMEGA8 frekvencí 8MHz. Za jednu vteřinu tedy jádru mikrokontroleru vykoná 8 miliónů strojových cyklů. U mikročipů rodiny AVR trvá provedení programové instrukce právě jeden strojový cyklus, z toho vyplývá, že mikrokontroler může vykonat za vteřinu 8 miliónů operací (instrukcí).

5.3.1.4 Programové instrukce a strojový kód

Program (strojový kód) je uložen v paměti FLASH. Instrukce provádějí základní aritmetické a logické operace s 8bitovými čísly. Operandy instrukcí jsou uloženy ve speciální oblasti RAM – v takzvaném registrovém poli. Registrové pole je soubor 32 registrů. Instrukce načte operandy z registrů, provede s nimi aritmetickou nebo logickou operaci a poté výsledek uloží zpět do registru.

Vedle instrukcí pro matematické operace existují i instrukce pro přesuny dat z paměti RAM do registrového pole k procesoru. Po výpočtu se číslo přesune z pracovních registrů opět do paměti a tím se uvolní místo pro další výpočty. Jiné instrukce mají zase na starost komunikaci s okolím, mění logické stavy pinů, nebo naopak čtou logické hodnoty ze vstupů mikrokontroleru.

Podmíněné příkazy umožňují větvení programu na základě splnění nebo nesplnění nějaké podmínky. Kdyby nebylo podmíněných skoků, zpracovával by mikrokontroler program zcela lineárně, jednu instrukci po druhé, tak jak jsou uloženy v paměti.

Každá instrukce je uložena na konkrétním místě v paměti programu a má svou konkrétní adresu. Adresa je reprezentována číslem. Čítač programu (Program Counter - PC) obsahuje adresu právě prováděné instrukce. Po provedení instrukce se obsah programového čítače navýší o jedna a v příštím strojovém cyklu se tedy zpracovává následující instrukce. Pro přeskok na jiné místo v programu stačí změnit obsah programového čítače. Přeskok může být jak relativní (zvýšení nebo snížení PC o konstantu), tak absolutní (nahrání přímé adresy do PC).

Se strojovým kódem úzce souvisí programovací jazyk assembler. Assembler je k programátorovi, ve srovnání se strojovým kódem, daleko přívětivější. Ve své

strukturu a principech se neliší od strojového kódu. Protože jsou oba jazyky takto úzce provázány, je možné převádět program oběma směry; z assembleru do strojového kódu i obráceně. Díky tomu lze modifikovat již zkompilovaný program.

5.3.1.5 Integrované periferie

Kromě paměti a jádra je mikrokontroler vybaven celou řadou podpůrných integrovaných obvodů. Ty pomáhají mikroprocesoru komunikovat se světem nebo vykonávají některé rutinní úlohy. Tím se zabezpečí nižší využití jádra.

5.3.1.5.1 Vnější přerušování programu (interrupt)

Je důležité z těchto důvodů: Během jednoho strojového cyklu se vykoná jen jedna programová instrukce. Mikrokontroler má pouze jedno jádro.

Z výše uvedeného vyplývá, že se jádro nemůže věnovat více činnostem najednou. Pokud provádí aritmetické operace, nemůže zároveň kontrolovat, zda nepřišel signál z dálkového ovladače. A obráceně – když jádro čeká na pokyn z dálkového ovládání, nemůže se věnovat výpočtům. Čekání na signál je v programu realizováno smyčkou. Mikrokontroler tedy v každém cyklu kontroluje stav přijímače. A jakmile se signál objeví, bude stoprocentně zachycen a vyhodnocen. Takovéto řešení je plýtvání výpočetním časem procesoru, nehledě na to, že hlavním úkolem procesoru není čekat na pokyny z vnějšku.

Jak je patrné, multitasking, neboli paralelní zpracování více úkolů, by byl pro samotné jádro neřešitelný problém. Proto přichází ke slovu jednotka přerušování. Tento obvod má za úkol sledovat změny stavu na pinech mikrokontroleru nebo v jeho ostatních perifériích. Jakmile dojde k určené události, jednotka přerušování požádá o přístup. Jádro pozastaví probíhající výpočty a vykoná obsluhu přerušování – načte část programu, která dokáže signál zpracovat. Po obslužení přerušování se jádro vrátí k výpočtům, které provádělo předtím.

5.3.1.5.2 Analogově-digitální převodník

V případě potřeby, je nutné, aby mikrokontroler zpracoval i analogový signál. Většina senzorů měřících fyzikální veličiny má totiž spojitý výstup. A/D převodník dokáže toto napětí změřit a výsledek předat mikroprocesoru v digitalizované podobě.

Analogové napětí je převedeno na 10b hodnotu. Deseti bity lze vyjádřit celé číslo z intervalu 0 až 1023 (2^{10}). To znamená, že analogové napětí v rozmezí 0V - 5V je možné měřit s přesností 4,9mV. Mikroprocesor s naměřenou hodnotou pracuje jako s kterýmkoli jiným číslem. ATMEGA8 má vestavěný analogově-digitální převodník, takže pro zpracovávání analogových hodnot není potřeba externí obvod.

5.3.1.5.3 Jednotka sériové komunikace

Každý byte je na straně vysílače serializován - odeslán postupně po bitech. Vysílá se takzvaný start bit, což je pro příjemce signál navazující komunikaci.

Po odeslání start bitu následuje samotný přenos. Konkrétně u čísla 27 jsou nejprve vyslány tři první nuly. Na komunikační lince bude tedy po dobu 3T nastavena logická nula atd. Po odeslání celého bytu může následuje ještě paritní bit. Parita slouží ke kontrole správnosti přenášené informace. Jako poslední je vyslán stop bit – signál konce přenosu.

Takto tedy probíhá asynchronní sériová komunikace. Je technicky obtížné zajistit, aby u obou trvala perioda vysílání přesně stejnou dobu a aby byla obě zařízení sladěná. Hodinový krystal čipu se může lišit kus od kusu a tím pádem mají čipy i mírně odlišnou frekvenci - každý odměří periodu jinak. Frekvence není mezi zařízeními nijak synchronizovaná, takže přijímač při dekódování vlastně pouze „typuje“, kdy už druhá strana vysílá další bit. Jak je vidět, asynchronní komunikace klade značné nároky na přesnost měření periody a tím i na kvalitu zdroje hodinového signálu.

Těmto problémům předejdeme, synchronizací sériové komunikace. Stačí přidat k datové lince vodič se synchronizačním signálem, který jasně určí, ve kterém okamžiku je na datové lince platný bit. Příjemce má jistotu, že po obdržení synchronizačního impulsu je na datové lince již nový bit. Nemůže se tedy stát, že by nějaký bit opomenul nebo omylem přečetl dvakrát.

Samotné vyslání znaku je díky jednotce USART (Universal synchronous and asynchronous serial transceiver and receiver) snadné. Byte, který chceme odeslat, přepokopujeme do speciálního registru. Zde pro jádro veškerá práce končí a dále už je vše v režii jednotky USART. Ta přečte byte z registru a serializuje ho. Po bitech ho

poté odešle komunikační linkou. Pokud je zvolen synchronní režim přenosu, sama generuje synchronizační signál. Stejně jednoduchý je i příjem bytu. Jakmile dorazí kompletní datový rámec a byte je správně rekonstruován, vyvolá jednotka USART přerušeni. Jádro pozastaví právě probíhající operace, uloží si přijatý byte a poté pokračuje v činnosti.

5.3.1.5.4 Dodatek

Zmíněné bloky nejsou celistvým výčtem periférií procesoru, je z nich však patrné, jakým způsobem fungují a vlastnosti dalších periférií se od popsaných vlastností dají odvodit.

5.3.1.6 Programování mikropočítačů AVR

Zdrojový kód programu je třeba v počítači nejprve zkompileovat – přeložit do strojového kódu. Zkompileováním vznikne spustitelný program, který musíme nějak přenést do mikrokontroleru.

5.3.1.6.1 Programátor

Pro nahrání programu je potřeba mikrokontroler fyzicky propojit s počítačem. Lze to udělat mnoha způsoby a přes různá počítačová rozhraní. Jednoduché amatérské programátory využívají paralelní (LPT) nebo sériové (COM) rozhraní. Dražší profesionální programátory se většinou připojují přes sběrnici USB

Programování probíhá synchronně sériově. Na pinu SCK je synchronizační signál (v tomto případě ho generuje počítač - Master). Piny MISO a MOSI slouží k přenosu dat z/do mikrokontroleru. GND značí zem a signálem RESET je mikrokontroler přepnut do režimu programování.

5.3.1.6.2 Programovací jazyky

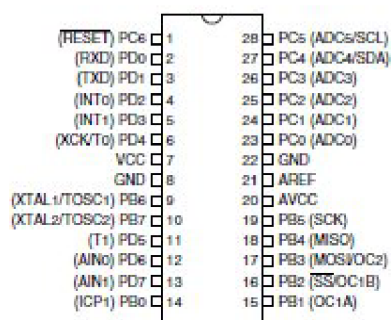
Assembler sice dává programátorovi absolutní kontrolu nad chováním mikrokontroleru, postrádá ale jakoukoliv abstrakci. I realizace jednoduché podmínky je poměrně složitá. V assembleru nejsou příkazy uspořádány do bloků, jsou zpracovávány zcela lineárně. Jakékoliv větvení programu je možné jen pomocí skoků na označená místa programu, tzv. návěstí. Je omezen počet datových typů. Neexistují

zde pole, textové řetězce nebo reálná čísla. Assemblerový kód je špatně čitelný a tím pádem obtížněji modifikovatelný. Hodí se pro psaní jednoduchých programů, složitější projekty v něm však jdou udělat jen stěží.

Naštěstí lze mikrokontrolery programovat i v jiných jazycích než v assembleru. K dispozici jsou překladače z různých vyšších programovacích jazyků, včetně ANSI C. C má přehlednou syntaxi, ale zároveň zůstává pořád relativně blízké hardwaru (např. co se týče práce s pamětí). Je to tedy vhodný kompromis mezi čitelností kódu a efektivitou výsledného programu. C je kompilovaný jazyk; aby bylo možné C program spustit, musí být nejprve přeložen do strojového kódu. Výhodou je, že je program přenositelný. Jeden a ten samý zdrojový kód můžete přeložit do instrukcí pro rodinu AVR, ale stejně tak třeba i do strojového kódu konkurenčních mikrokontrolerů PIC.

Atmel nabízí zdarma vývojové prostředí AVR Studio. V základní instalaci podporuje AVR Studio pouze assembler; podporu jazyka ANSI C je možné doplnit doinstalováním externího kompilátoru GCC. Vývojové prostředí obsahuje nástroje pro krokování a diagnostiku programu, je tedy možné simulovat běh programu, aniž by bylo potřeba jej nahrávat do mikrokontroleru. [10,11,12]

5.3.2 Parametry



Obrázek 45 Pouzdro a značení pinů ATmega8

AVR procesory nabízí širokou škálu funkcí

- Multifunkční obousměrné I/O rozhraní s konfigurovatelnými, vestavěnými pull-up rezistory

- Interní, Flash paměť s vlastní instrukční sadou 256K, programovatelná pomocí ISP, JTAG, nebo vysokonapětovými metodami. Optimální bootovací sektor s nezávislým bitovým zámekem pro bezpečnost
- On chip debugging (OCD) podpora pro JTAG, nebo debug vodič na většině zařízení: JTAG signály (TMS, TDI, TDO, TCK) jsou multiplexovány na GPIO rozhraní. Piny mohou být konfigurovány pro funkci jako JTAG, nebo GPIO v závislosti na nastavení fuse bitu. Debug vodič využívá /RESET pin jako obousměrný komunikační kanál pro přístup debug obvodu na čipu. K programování používá jeden pin debug vodič je povolen pro použití pouze pro ISP, nebo HVSP. Pokud je jednou povolen, může být zakázán pouze přes debug vodič rozhraní.
- Vnitřní datová paměť typu EEPROM – do 4kB
- Vnitřní SRAM paměť – do 8kB
- Osmi a šestnácti bitové časovače
 - PWM výstup (doba náběhu některých zařízení)
 - Input capture
- Analogové komparátory
- 10, nebo 12 bitové A/D převodníky s multiplexem do šestnácti kanálů
- 12 bitové D/A převodníky
- Škála sériových rozhraní obsahující:
 - I2C kompatibilní TWI (Two wire interface)
 - Synchronní/asynchronní sériové zařízení (UART/USART) – použití s RS232, RS485
 - Sběrnice sériového rozhraní (SPI)
 - Univerzální sériové rozhraní (USI) pro dvou, nebo tři žilový datový přenos
- Detekce nestálého napětí
- Watchdog časovač
- Sleep módy pro úsporu energie
- PWM modulace pro ovládání motorů a osvětlení
- Podpora sběrnice CAN

- Podpora USB sběrnice

Umožňuje full-speed (12Mbit/s) řízení komunikace mezi zařízením a hubem s embedded AVR

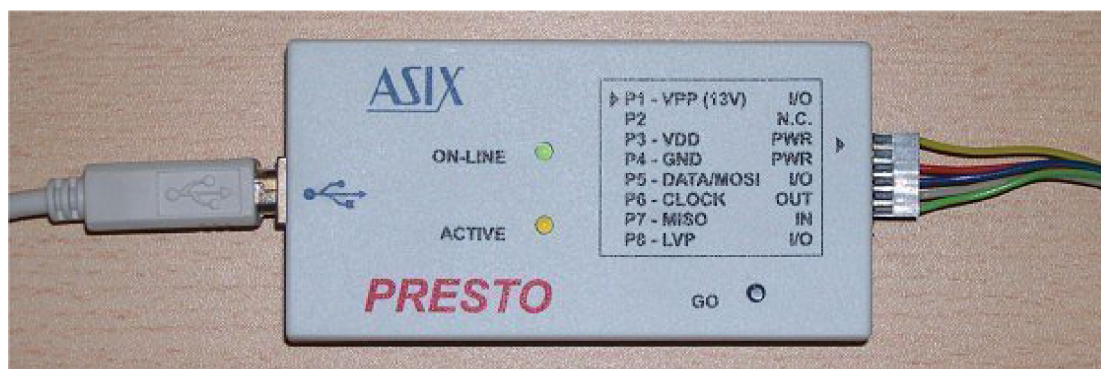
Také dovoluje low-speed (1.5Mbit/s) softwarové emulace

- Podpora komunikace pomocí ethernet sítě
 - Podpora LCD panelů pomocí ovladačů
 - Nízkonapěťová zařízení pracující pod 1.8V
 - DMA podpora komunikace a periferní komunikace založená na detekci události
 - Rychlá kryptografie podporovaná zabezpečovacími systémy AES a DES
- Všechny udané vlastnosti jsou z datasheetu výrobce.

5.4 PROGRAMÁTOR ASIX

[13,14]

5.4.1 Presto



Obrázek 46 - Programátor Presto

Podporuje programování osazených součástek - ISP (In-System Programming). Programuje velké množství součástek - mikrokontroléry, CPLD, FPGA, sériové FLASH a EEPROM, apod. řady významných výrobců. S počítačem je propojen rozhraním USB. ISP (In-System Programming) nebo pro mikrokontroléry PIC speciálně ICSP (In-Circuit Serial Programming) v současné

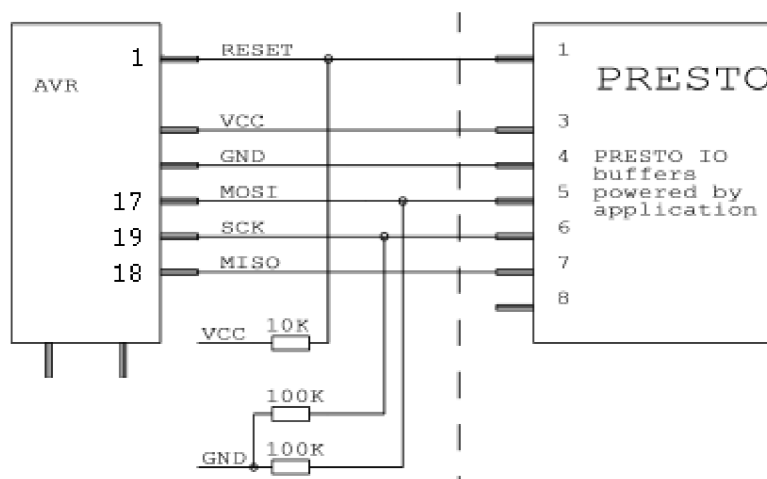
době vytlačuje klasické programování, kdy se součástka nejprve naprogramuje, a teprve poté se osadí na desku. Pomocí ISP se snadno programují i SMD součástky s velmi malou roztečí pinů, umožňuje upgrade firmware v již hotovém zařízení, ...

K připojení programované součástky slouží 8-pinový konektor ISP, který je shora kompatibilní s 6-pinovým konektorem ICSP pro mikrokontrolery PIC. Funkce vývodu VPP je rozšířena o obousměrnou datovou komunikaci, přidány jsou vývody MISO (vstup) a LVP (vstup/výstup).

Vývod VDD připojený k vývodům napájecího napětí programované součástky může volitelně buď poskytovat napětí z USB o nominální hodnotě 5 V nebo využívat napětí přiváděné z programované aplikace v rozsahu 3 až 5 V s tolerancí $\pm 10\%$. Toto napětí je pak použito i pro digitální signály. Lze detekovat přítomnost externího napájení pro tři úrovně - 3 V, 5 V a přepětí. Je implementována i nadproudová ochrana programovacího a napájecího napětí.

Stav programátoru je přehledně indikován pomocí dvou LED. ON-LINE (zelená LED) informuje o připojení k USB, ACTIVE (žlutá LED) signalizuje aktivitu na programovacím rozhraní, např. programování či verifikaci.

Tlačítko GO spouští programování, nebo může být použito i pro jiné povely.



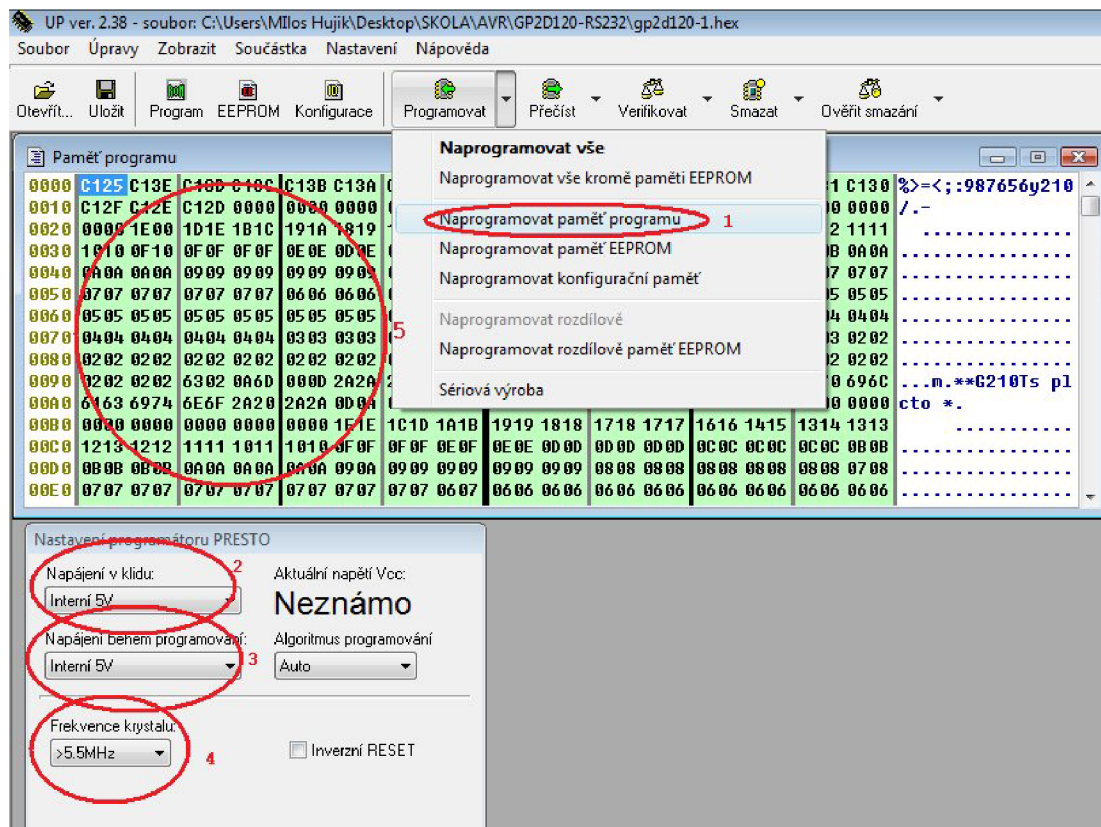
Obrázek 47 – Propojení programátoru Presto s procesorem, čísla a označení připojovaných vývodů

5.4.2 Program UP

Základním softwarovým prostředkem pro práci s programátorem PRESTO je program UP, který podporuje všechny programátory ASIX. Kromě běžných příkazů poskytuje řadu nadstandardních funkcí, které rozšiřují možnosti použití programátoru a ulehčují jeho obsluhu. Jde např. o možnost definování projektů, parametry při spouštění z příkazového řádku umožňující bezobslužné použití programátoru při rutinním programování, nastavení prostředí včetně klávesových zkratk, automatické generování sériového čísla apod. Pro komunikaci zařízení se sběrnici USB se používají modifikované ovladače D2XX firmy FTDI. Software UP podporuje mikrokontroléry Microchip PIC a Atmel AVR a 8051.

Program UP používá soubory Intel HEX ke čtení a ukládání dat (běžná přípona takového souboru je .HEX).

5.4.2.1 Základní ovládání programu



Obrázek 48 – Okno programu UP

V následujícím textu budu odkazovat na Obrázek 48 – Okno programu UPObrázek 48, kde jsou jednotlivými kolečky a čísla označeny významné oblasti.

1 – Okno programovat->Naprogramovat paměť programu:

Po nahrání souboru .HEX se tímto tlačítkem spustí programování součástky. Smaže, zkontroluje smazání, naprogramuje a zkontroluje programovou paměť.

2 – Napájení v klidu

Žádné/Externí: Programátor na VDD pinu neposkytuje žádné napětí. Spouštět / zastavit program lze pouze při externím napájení z připojené aplikace.

- Interní 5V: Programátor na VDD pinu poskytuje 5V. Aplikace může být napájena z tohoto pinu.

3 – Napájení během programování

Externí 3 až 5V: Programátor nebude dodávat žádné napětí do aplikace, naopak bude napájet svoje vstupně-výstupní obvody z napětí aplikace.

- Interní 5V: Programátor na VDD pinu poskytuje 5V pro programovanou součástku.

4 – Frekvence krystalu

Během programování procesorů AVR musí být připojeny externí oscilátor nebo funkční interní oscilátor. Maximální rychlost komunikace s procesorem je pak závislá na frekvenci oscilátoru.

5 - K zobrazení obsahu paměti, které mají být programovány jsou použity tzv. hex editory. Pro odlišení stavu jednotlivých buněk jsou v hex editorech použity různé barvy, takže lze snadno poznat, které buňky byly načteny ze souboru, které byly úspěšně naprogramovány atp. Jednotlivé barvy mohou být zvoleny podle potřeb uživatele. To je doporučeno pro pracovní stanice s displeji zobrazujícími malé množství barev.

5.5 PROGRAMOVÁNÍ V C

Programování proběhlo v programu poskytovaném firmou Atmel AVR a to AVRStudio4. V něm byly vytvořeny jak rutiny ovládající jednotlivá rozhraní, tak

soubor main. Dále byly využity rutiny poskytované bezplatně firmou Devantech pro obsluhu ultrazvukového měřiče vzdálenosti SRF08.

6. REALIZACE

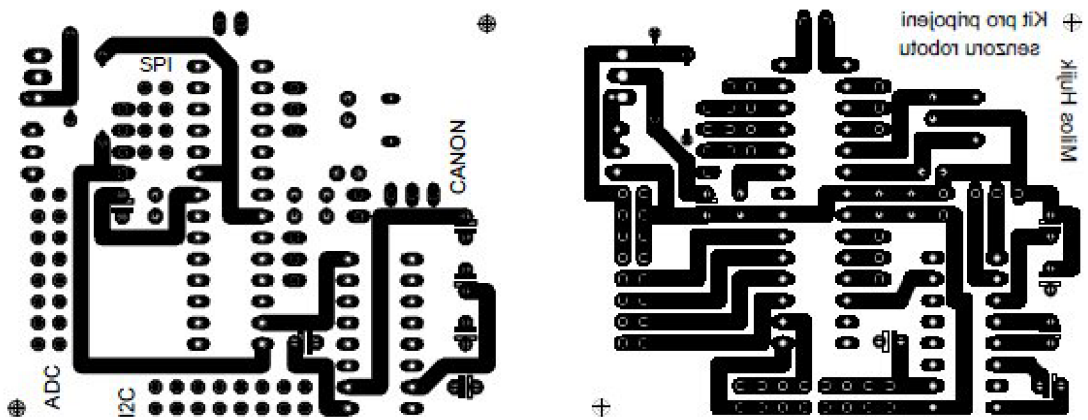
6.1 POPIS HARDWARE

Při realizaci projektu jsem se zaměřil na to, aby výsledný výrobek byl co nejvšestrannější a aby jej bylo možno použít pro co nejširší možné spektrum senzorů. Z praktických důvodů se ukázalo být vhodným řešením použití mikroprocesoru ATmega8, který pro zvolenou aplikaci bohatě dostačuje.

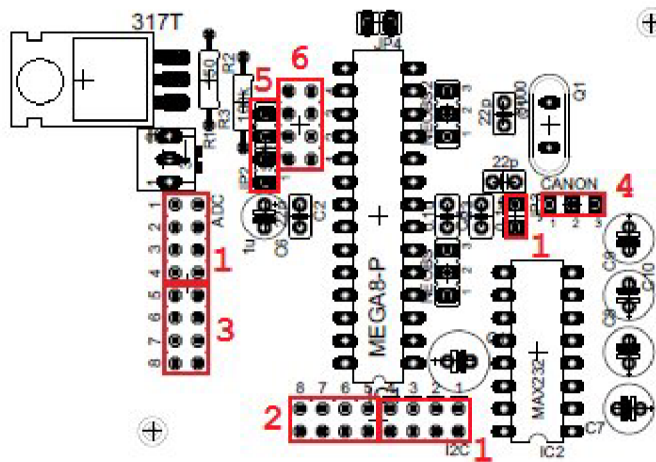
Na jeho platformě jsem realizoval všechny dostupné způsoby komunikace. V projektu využívám komunikace pomocí rozhraní UART, SPI, I2C, RS232, využívám funkce timerů, A/D převodníků. Z výčtu je tedy patrné, že projekt pokrývá opravdu široké spektrum běžných průmyslových aplikací a pro ty méně časté se dá softwarovou úpravou snadno změnit. Pokud bych uvažoval plné vytížení všech uvedených sběrnic, dostanu možný počet připojených senzorů a komunikací nad 500, kdy tento relativně (alespoň pro běžné úkoly mobilní robotiky) vysoký počet senzorů neovlivní reakční dobu, ta je dána pouze programovými vlastnostmi a nutným výpočetním časem pro realizaci dílčích výpočtů před odesláním nadřazenému systému.

Schéma zapojení senzorického systému je obsahem příloženého CD, umístění v práci by bylo nepřehledné. Kresba zapojení i DPS proběhla v programu Eagle.

Přikládám vzor dvoustranné desky pro leptání, rozmístění součástek na desce DPS, fotografii finálního výrobku a fotografii po zabudování do krabičky.

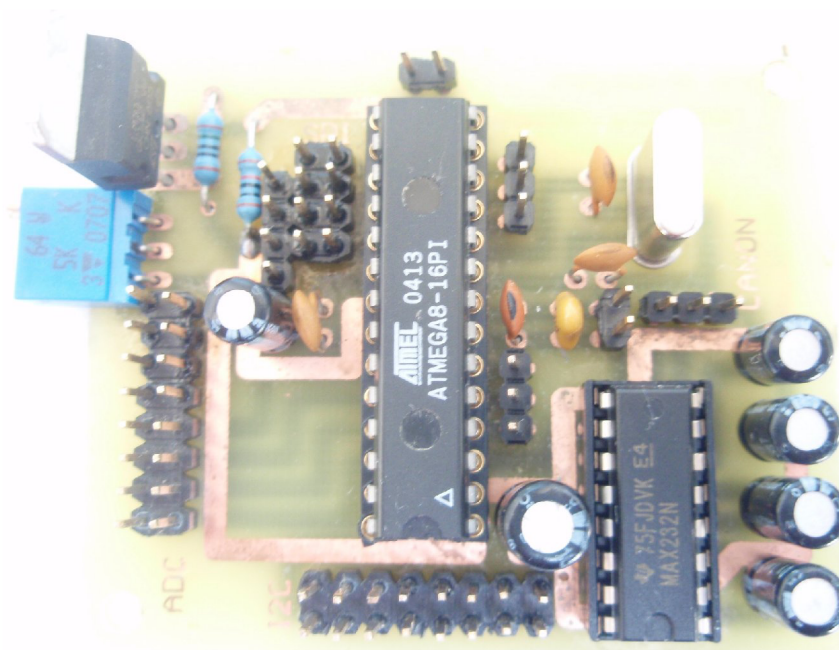


Obrázek 49 Vzor vrchní a spodní vrstvy DPS pro leptání



- 1) Piny napájení
- 2) TWI/I2C piny
- 3) ADC převodník
- 4) Piny rozhraní RS232
- 5) Programovací piny
- 6) Piny rozhraní SPI

Obrázek 50 Rozmístění součástek na DPS, označení význačných pinů



Obrázek 51 Osazená deska DPS



Obrázek 52 Obvod a senzory umístěné v krabičce

6.2 PROGRAM V C

[19, 20, 21, 22, 23]

Program, jakožto rutiny použité pro realizaci projektu a také dokumentace je obsahem doprovodného CD.

6.3 NÁVOD K OBSLUZE ZAŘÍZENÍ

Zařízení je uzpůsobeno ke sběru, práci a vysílání dat získaných ze připojených senzorů.

Při práci je velmi nutno prostudovat detailně datasheety snímačů, které chceme k subsystému připojit. V závislosti na tom, jaký snímač používá způsob přenosu naměřených dat, připojíme jej k vyvedené periférii procesoru, kdy jsou jejich vývody popsány na DPS. Po připojení je třeba upravit program main, který je v současnosti nastaven pro uvedené snímače vzdálenosti a dále vybrat a doplnit program main o rutinu, která bude námi měřenou hodnotu ze snímače dále zpracovávat a odesílat nadřazenému systému.

Zařízení je v současnosti naprogramováno a zapojeno pro demonstrační účely. Všechny použité rutiny jsou ovšem velmi podobné těm, které je v případě potřeby doplnit. Lze tedy použít stávající rutiny jako předlohu pro přidání senzorů.

6.4 FUNKČNÍ ZAŘÍZENÍ

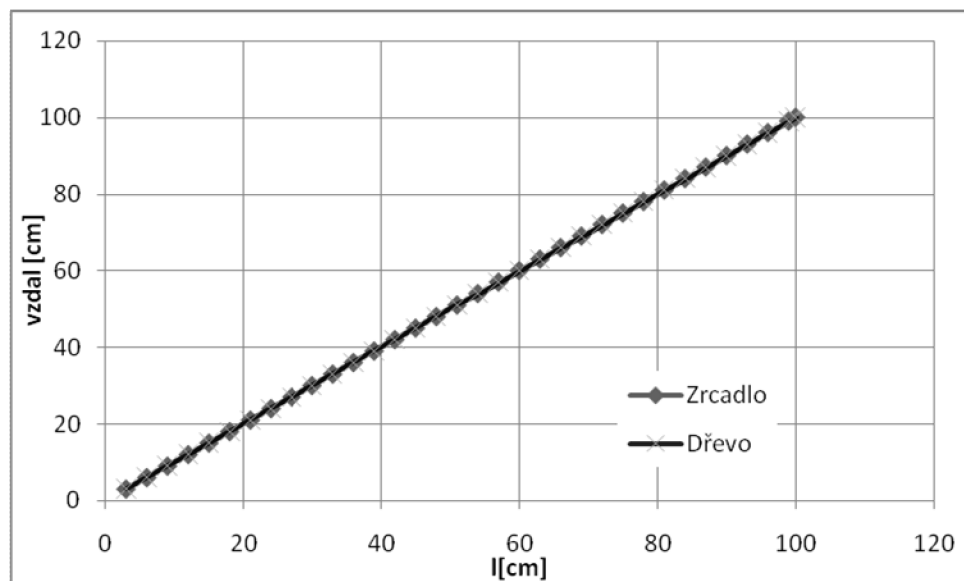
Jak je patrné z předchozích obrázků a také z dokumentace, k zařízení jsem připojil IRDA senzor Sharp a Ultrazvukový snímač SRF08. Na nich jsem se rozhodl demonstrovat funkci celého zařízení. Abych předvedl funkčnost co největšího počtu periférií, pro demonstraci jsem dále odesílal naměřená data na COM port počítače. Další procesor Atmega8, jsem konfiguroval jako „Master“ a realizoval komunikaci po sběrnici SPI tak, abych ověřil funkčnost dané koncepce. Pro komunikaci s nadřazeným systémem jsem totiž již dříve vybral rozhraní RS232, UART a SPI, mezi kterými se dá softwarově libovolně přepínat, jakožto i využít je ke zcela jiným účelům.

Při realizaci jsem dále společně s kolegou realizujícím řídicí subsystém odzkoušel komunikaci se stavebnicí Bioloid (proběhla po rozhraní UART) a s jeho řídicím subsystémem pomocí rozhraní SPI

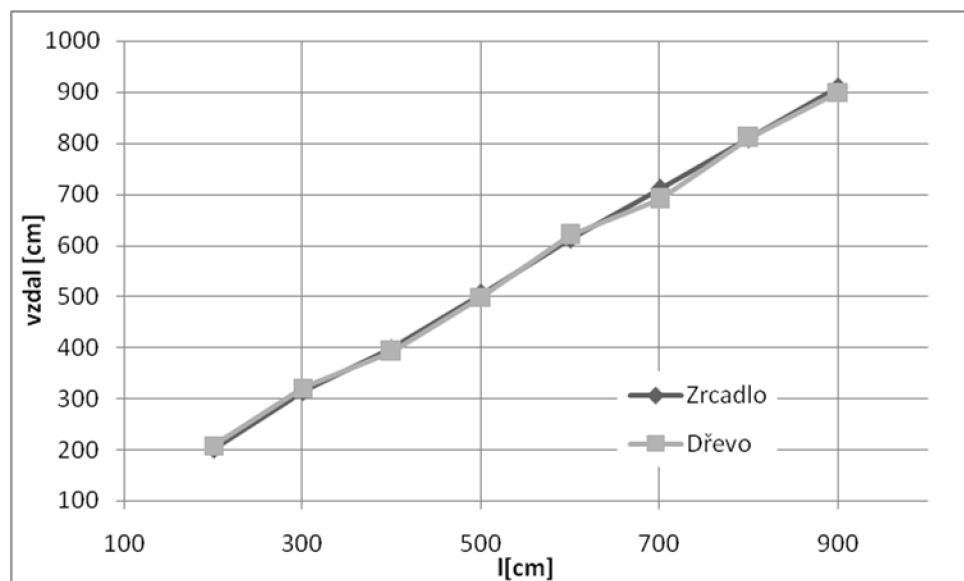
V následující tabulce nalezneme hodnoty naměřené nadřazeným systémem. Algoritmus pracuje tak, že zpracovává hodnoty z ultrazvukového snímače SPRF08, po přiblížení překážky pod 25 cm dojde k přepnutí a je brána v potaz hodnota z infračerveného snímače Sharp. Hodnota vzdálenosti je vyvozena po linearizaci hodnoty z převodníku procesoru.

Tabulka 9 Závislost výstupní hodnoty na vzdálenosti

měřená vzdálenost	hodnota na výstupu senzorického systému		měřená vzdálenost	hodnota na výstupu senzorického systému	
	Zrcadlo	Dřevo		Zrcadlo	Dřevo
	[cm]	[cm]		[cm]	[cm]
3	3	3	66	66	66
6	6	6	69	69	69
9	9	9	72	72	72
12	12	12	75	75	75
15	15	15	78	78	78
18	18	18	81	81	81
21	21	21	84	84	84
24	24	24	87	87	87
27	27	27	90	90	90
30	30	30	93	93	93
33	33	33	96	96	96
36	36	36	99	99	99
39	39	39	100	100	100
42	42	42	200	202	208
45	45	45	300	315	321
48	48	48	400	398	392
51	51	51	500	505	499
54	54	54	600	612	620
57	57	57	700	710	690
60	60	60	800	809	810
63	63	63	900	909	900



Obrázek 53 Závislost výstupní hodnoty na vzdálenosti 3-100 cm



Obrázek 54 Závislost výstupní hodnoty na vzdálenosti 2-9 m

Jak je patrné z grafů a tabulek, linearizace senzoru Sharp proběhla úspěšně. Také senzor SRF08 dává dostatečně přesnou hodnotu vzdálenosti pro oba povrchy. Přepnutí mezi senzory nemá na průběh žádný vliv. Poruchy v měřené vzdálenosti jsou naprosto zanedbatelné a systém splňuje základní požadavek robotiky a to měřit větší vzdálenosti s dostatečnou přesností, při přiblížení ovšem zlepšit přesnost určení přiblížení.

7. ZÁVĚR

V projektu je nastíněna koncepce robotické stavebnice Bioloid Comprehensive Kit. Sestavením robotů různých koncepcí pomocí součástek této stavebnice jsem ověřil jak mechanické, tak ostatní vlastnosti stavebnice, včetně jejího programování a sensorického systému. Navrhl jsem následně rozšířený sensorický subsystém, pro tuto stavebnici, kdy základním členem je zvolen procesor ATmega8. Navržený sensorický subsystém jsem vybavil komunikačními rozhraními běžně používanými v mobilní i průmyslové robotice. Funkčnost koncepce jsem demonstroval v zapojení, které komunikuje s nadřazeným systémem a vyhodnocuje signál ze dvou senzorů vzdálenosti. Programovým řešením jsem dosáhl požadavku vedoucího na inteligentní sensorický subsystém.

8. POUŽITÉ ZDROJE

- [1] The advanced engineering modeling tool [online]. [2005] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.fischertechnik.com/index.html>>.
- [2] Mindstorms® NXT® Kit [online]. [2006-] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://mindstorms.lego.com/Products/Default.aspx>>.
- [3] Educational Kit Bioloid [online]. [2007] [cit. 2009-05-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.robotis.com>>.
- [4] Stavebnice Robotis [online]. [2006] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.megarobot.net>>.
- [5] Výhled trhu s ultrazvukovými hladinoměry a indukčními průtokoměry [online]. [2004-] [cit. 2009-05-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.odbornecasopisy.cz/automa/2003/au050315.htm>>.
- [6] Devantech, Ltd., Velká Británie: Ultrasonic rangefinder schematic. 2000. Dostupné na <<http://www.robot-electronics.co.uk/files/srf1.pdf>> [cit. 15. 01. 2009]
- [7] Devantech, Ltd., Velká Británie: SRF08. Dostupné na <<http://www.robot-electronics.co.uk/images/srf08schematic.gif>> [cit. 15. 01. 2009]
- [8] NOVÁK, P.: Mikropočítačové řídicí systémy. Skriptum VŠB-TU Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0219-8
- [9] Acroname, Inc., Boulder, Colorado (USA): SensComp 6500 Ranging Module. 1994–2003. Dostupné na <<http://www.acroname.com/robotics/parts/R11-6500.html>> [cit. 15.01. 2009]
- [10] Ondřej Staněk, Mobilní robot řízený jednočipovým počítačem, Praha, 2008, 68s
- [11] ATmega8(L) Summary [online]. [1998] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.atmel.com>>.
- [12] ATmega8 [online]. [2006-] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.avrfreaks.com>>.
- [13] PRESTO - rychlý USB programátor [online]. 2009 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://asix.cz/>>.

- [14] UP - software pro programátory ASIX [online]. 2009 [cit. 2009-05-21].
Dostupný z WWW: <<http://asix.cz>>.
- [15] GP2D120 - General purpose type distance measuring sensors [online]. [2008]
[cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://sharp-world.com>>.
- [16] Sensors and Sensor Kits for MINDSTORMS NXT [online]. 2008 [cit. 2009-
05-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.mindsensors.com/>>.
- [17] Certified robotic sensors [online]. [2009] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z
WWW: <<http://www.hitechnic.com>>.
- [18] Sensors and Controls for Lego and VEX robots [online]. [2008] [cit. 2009-05-
21]. Dostupný z WWW: <<http://www.techno-stuff.com/>>.
- [19] AVR Controlled GP2D120 Distance Sensor [online]. 2007 [cit. 2009-05-21].
Dostupný z WWW: <<http://www.micahcarrick.com/>>.
- [20] ATmega128 Evaluation-Board [online]. [2007] [cit. 2009-05-21]. Dostupný z
WWW: <<http://thomaspfeifer.net/index.htm>>.
- [21] Články - programování AVR v C [online]. 2009- [cit. 2009-05-21]. Dostupný z
WWW: <<http://www.kvetakov.net/>>.
- [22] Programování v jazyce C – vytváření uživatelských funkcí [online]. [2009] [cit.
2009-05-21]. Dostupný z WWW: <<http://programujte.com/index.php>>.
- [23] Mikrokontrolery Ogólne [online]. 2007 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW:
<<http://www.elektroda.pl>>.

Zkratky a názvy:

CISC	Complex Instruction Set Computer
GUI	Graphics User Interface
I ² C	Bus Inter-Integrated Circuit Bus (IIC Bus)
IDE	Integrated Development Enviroment
ISP	In System Programming
IRC	Increment Rotary Coder
JTAG	Joint Test Action Group
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
MIPS	Millions Instructions Per Second
PLL	Phase Lock Loop
PWM	Pulse Width Modulation
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SMBus	System Management Bus
SPI	Serial Peripheral Interface
TWI	Two Wire Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter