



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

## ROBOTICKÝ KIT BIOLOID ROBOTIS PREMIUM

BIOLOID ROBOTIS PREMIUM KIT

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Kohoutek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.

BRNO 2016

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automatizace a informatiky
Student:	<b>Tomáš Kohoutek</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Aplikovaná informatika a řízení
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Robotický kit Bioloid Robotis Premium

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Seznámit se s robotickým kitem Bioloid. Popsat HW a SW možnosti této stavebnice. Sestavit vzorového robota typu humanoid a prezentovat funkční možnosti. Vhodně využít dostupné senzorky v kontextu interakce s okolím.

### Cíle bakalářské práce:

- 1) HW/SW popis stavebnice Bioloid Robotis Premium
- 2) Popsat dostupné možnosti programování robotu, vč. příkladů.
- 3) Sestavit robota typu humanoid.
- 4) Naprogramovat robota alespoň ve dvou demo variantách s důrazem na využití dostupné senzorky v kontextu interakce s okolím.
- 5) Připravit prezentační video robotu v akci dle bodu 4.

### Seznam literatury:

Bioloid Premium [online]: Copyrights 2016 robotis.com, [cit. 1.1.2016]. Dostupné z: <http://support.robotis.com/en/>

Chi N. Thai (2015): Exploring Robotics with ROBOTIS Systems. Springer; 1st ed. 2015 edition, ISBN-13: 978-3319204178

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá popisem robotické stavebnice Bioloid Robotis Premium kit, a to jak jejím HW, tak s možností využitelného SW a následnou konstrukcí robota typu HumanOoid. Cílem práce je seznámit se s dostupnou a dokoupenou senzoricou, následně oživit robota a naprogramovat ho ve dvou demo variantách se vztahem k interakci k okolí.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with description of robotic kit Bioloid Robotis Premium, both the hardware and the possibility of usable software and subsequent construction of the robot humanoid type. The aim is to familiarize with the available and an additional sensor technology, then revive the robot and programme it in two demo versions related to the interaction of the surroundings.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Řídicí jednotka, vysílací kanály, RoboPlus, Humanoid typ A, kamera HaViMo 2.0

## **KEYWORDS**

Control unit, broadcast channels, RoboPlus, Humanoid type A, camera HaViMo 2.0



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KOHOUTEK,T. *Robotický KIT Bioloid Robotis Premium*.Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016, 59 s., Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Radomil Matoušek, Ph.D.



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Radomilovi Matouškovi, Ph.D. za přínosnou odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.





## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radomila Matouška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. 5. 2016

.....

Kohoutek Tomáš



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>ROBOTIS PREMIUM</b> .....	<b>13</b>
2.1	Propojovací části .....	14
<b>3</b>	<b>HARDWARE</b> .....	<b>15</b>
3.1	Řídicí jednotka CM-530.....	15
3.2	Mikrokontrolér .....	17
3.3	Servomotor AX-12A .....	18
3.4	Senzory.....	20
3.5	Bezdrátový ovladač .....	22
3.5.1	Změna vysílacího kanálu RC-100A.....	23
3.6	Modul ZIG-110A .....	25
3.7	Color Sensor CS-10.....	26
3.8	Led modul - LED modul LM-10.....	26
3.9	IR Receiver IR-10 .....	27
3.10	HaViMo2.....	27
<b>4</b>	<b>SOFTWARE - ROBOPLUS</b> .....	<b>31</b>
4.1	RoboPlus Task .....	32
4.2	RoboPlus Manager .....	33
4.3	RoboPlus Motion .....	34
4.4	RoboPlus e-Manual (User's Guide) .....	36
<b>5</b>	<b>KONSTRUKCE ROBOTY TYPU HUMANOID</b> .....	<b>37</b>
5.1	Humanoid Typ A.....	37
5.1.1	Konstrukce nohou .....	38
5.1.2	Konstrukce rukou .....	39
5.1.3	Umístění periferních zařízení.....	40
<b>6</b>	<b>MOŽNOSTI PROGRAMOVÁNÍ ROBOTY</b> .....	<b>43</b>
6.1	MathWorks – Matlab .....	43
6.2	Microsoft C# .....	44
6.3	RoboPlus Task .....	45
<b>7</b>	<b>PROGRAM Č. 1 - POHYB V ZÁVISLOSTI NA BARVĚ PŘEDMĚTU</b> .....	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>PROGRAM Č. 2 - ROZPOZNÁNÍ BARVY ZA POMOCÍ SENZORU BAREV</b> .....	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>53</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>55</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>57</b>
<b>13</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>59</b>



# 1 ÚVOD

V dnešní době již roboti patří k lidem samotným. Vytvořit ovšem umělou inteligenci, která by člověka například nahradila v práci nebo mu nějakým způsobem ulehčila život, i nadále zůstává každodenní snahou mnohých vědců z celého světa. Robotika tvoří velmi rozsáhlou oblast, ve které se promítají matematické vědy, informatika, elektrotechnika, fyzika a mnohé další.

Ve své práci se budu zabývat o trochu jednodušší formou robotického světa, kterou se budu čtenáři snažit přiblížit. Budu se věnovat stavebnici od firmy Trossen Robotics, která se na poli robotiky pohybuje již velmi dlouho a zaměřuje se na výrobu různých stavebnic, od jednoduchých po složitější a mimo to se také snaží společnost v tomto směru vzdělávat, a to již od raného věku.

V této práci se zaměřím na robotický kit Biolooid Premium, který, jak bude popsáno hned v první kapitole, jde sestavit do různých modelů, od dinosaura až po různé typy lidí či zvířat. Já osobně jsem zvolil stavbu modelu, který se podobá člověku, jelikož je mi jeho konstrukce asi nejbližší. Ve své práci čtenáře seznámím se stavebnicí jak z oblasti hardware, tak i software a celkově provedu samotnou konstrukci robota. Pokusím se poodhalit rozdíly mezi jednotlivými programovacími prostředími a za pomoci kamery a dostupné sensoriky naučím robota rozpoznávat barvy a vykonávat instrukce. Pro bližší seznámení se se stavebnicí následně nahraji dvě demo videa s programy.



## 2 ROBOTIS PREMIUM

ROBOTIS PREMIUM je všestranná robotická stavebnice a uživatel z ní může sestavit takřka, co jej napadne (viz obrázek 1). Bývá připodobňována k hračkám typu stavebnic, pouze s tím rozdílem, že z hraček lze sestavit jen neživé objekty, kdežto s ROBOTIS PREMIUM i objekty „živé“.

Tato robotická stavebnice se pohybuje na základě nashromážděných informací ze svých senzorů a kloubů. Například je možné sestavit robota, který se při příchodu člověka ukloní, robota, který se umí vyhnout překážkám nebo třeba robota, který si umí kopat s míčem. To vše je možné ovládat za pomoci dálkového ovladače, který bude později v textu popsán [1].

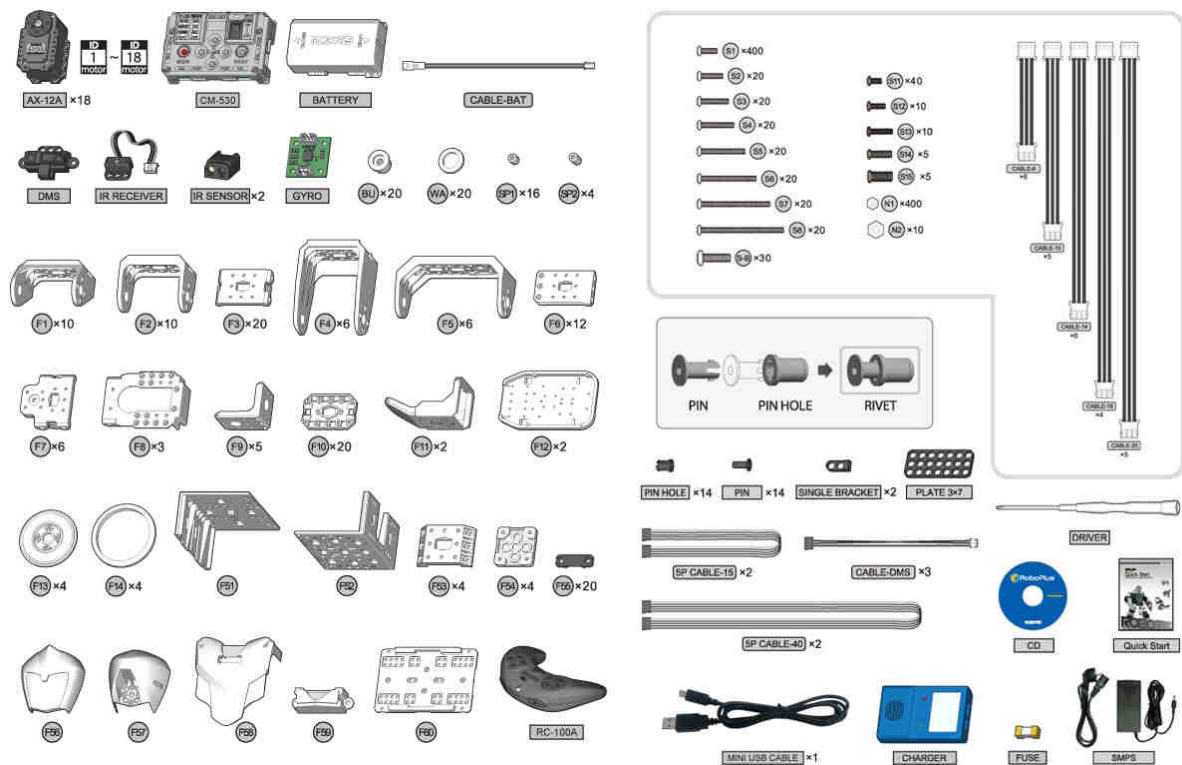


Obrázek 1 ROBOTIS PREMIUM - příklady robotů [13]



## 2.1 Propojovací části

Níže zobrazené části na obrázku 2 slouží k vytvoření modelu Robotický kit Bioloid Robotis Premium, buďto dle návodu nebo podle vlastního schéma. Části jsou tvořeny mřížkami a součástkami v různých tvarech, využitelných dle potřeby stavitele. Většina součástek koresponduje s větším množstvím děr, jelikož mají více směrové využití. Propojovací části slouží k uchycení servomotorů AX-12A a řídicí jednotky CM-530, datový tok a napájení servomotorů je pak distribuováno 3-pinovým kabelem s větším množstvím délek. Nabídka součástí v základním balení je zobrazena na obrázku níže.



Obrázek 2 Nabídka součástí v základním balení [15]

## 3 HARDWARE

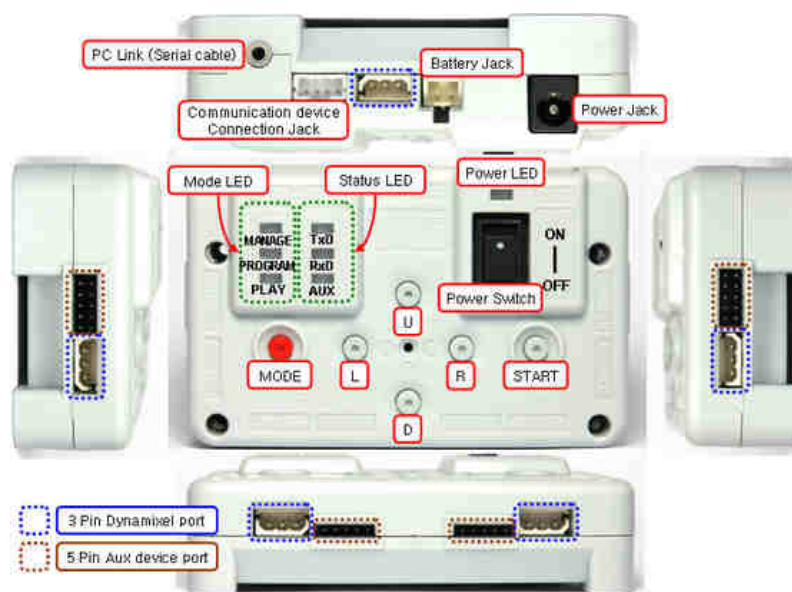
### 3.1 Řídicí jednotka CM-530

Tato řídicí jednotka je mozkiem robota Bioloid PREMIUM Kit. Řídí jak servomotory, tak i senzory dle programu, který je předem naprogramován a nahrán. Předchůdci této jednotky jsou CM-5 a CM-510, přičemž CM-530 je nejnovější řídicí jednotkou, která běží na 32 bit ARM Cortex M3 micro controlleru (STM32F103RE) s mikro USB portem a její výhodou je, že řídí a ovládá 26 AX-12A servomotorů najednou.

Součástí CM-530 je 6 vstupních/výstupních portů spolu s rozhraním pro bezdrátovou komunikaci, viz obrázek 3. Tato řídicí jednotka podporuje také IR, Zigbee a Bluetooth.

#### Parametry CM-530:

- 32 bit ARM Cortex M3 processor (STM32F103RE)
- USB port pro PC
- 6 GPIO / A/D ports pro rozšíření senzory Robotis či jinými, kameru atd.
- Komunikační port kompatibilní s IR, Zigbee (ZIG-110A) a Bluetooth (BT-110A).
- Vestavěný Mic and Buzzer (mikrofon a generátor zvuku)
- LiPo baterie: samovypínací mechanismus a info o stavu v reálném čase
- 5x 3pin Dynamixel bus ports (TTL)
- Kompatibilní s AX a MX servomotory Dynamixel
- komunikuje s PC přes micro USB port
- CM-530 Controller details on the Robotis Support Site [2].



Obrázek 3 Řídicí jednotka CM-530 [3]

Jak bylo zmíněno výše, řídicí jednotka CM-530 řídí a ovládá servomotory AX-12A a stejně tak i senzory. Pro nabíjení je možné používat baterie a po jejich vybití je možné robota provozovat s externím napájením i bez nutnosti připojených baterií. Aby byla umožněna komunikace s počítačem, je nutné připojit mini USB konektor řídicí jednotky do USB portu počítače.

Výše zmíněná řídicí jednotka je schopna pracovat ve třech různých režimech, kterými jsou režim MANAGE, PROGRAM a PLAY. Po zapnutí hlavního vypínače se rozblíká jedna ze tří LED, která reprezentuje zvolený mód. Po stisknutí tlačítka START je možné vybraný mód aktivovat a dle neustálého svitu LED lze poznat, že je stále aktivovaný. Chceme-li zvolený mód deaktivovat, stačí stisknout červené tlačítko MODE.

#### **Jednotlivé režimy:**

- MANAGE – je užíván hlavně k nastavování parametrů připojených pohonů řady AX, parametrů senzorických modulů, ale i k nastavení řídicí jednotky. Užíván je také k testování a při přípravné fázi v rámci tvorby řídicích programů.
- PROGRAM – je určen k realizaci či editaci pohybových souborů.
- PLAY – poté, co je vytvořen a nahrán řídicí program do řídicí jednotky, lze tento program spustit aktivací tohoto módu.

#### **Význam LED indikátorů:**

- POWER – tento indikátor svítí, je-li připojeno napájení a hlavní spínač je v pozici ON. Může také blikat, je-li baterie v režimu nabíjení.
- TXD – svítí, jsou-li vysílána data
- RXD – svítí, jsou-li přijímána data
- AUX – tento indikátor má význam pouze pro uživatelské použití [3].

Jak již bylo nastíněno, firma Robotis vyrábí řídicí jednotky, které nesou označení CM. Primární úlohou řídicí jednotky je řízení sestaveného robota, a to skrze připojené pohony řady AX, senzorické moduly, případně samostatné snímače. Připojení samostatných snímačů ovšem podporují pouze řídicí jednotky CM-510 a CM-530 (viz srovnání v následující tabulce) a v případě robota Bioloid Premium Kit, na kterého se vztahuje řídicí jednotka CM-530 je tedy připojení samostatných snímačů možné.

**Tabulka 1 Srovnání řídicích jednotek [3]**

Funkce	CM-5	CM-510	CM-530
Využití RoboPlus software	✓	✓	✓
Bioloid sériový kabel	✓		
Mini USB kabel		✓	✓
Podpora pohonů Dynamixel řady AX	✓	✓	✓
Podpora pohonů Dynamixel MX	✓	✓	✓
Samostatný IR senzor		✓	✓
Samostatný dotykový senzor		✓	✓
Samostatný senzor pro měření vzdálenosti překážky		✓	✓
Možnost připojení modulu AX-S1	✓	✓	✓
Možnost připojení modulu IR Sensor Array	✓	✓	✓
Možnost připojení gyroskopického senzoru		✓	✓
Možnost řízení servo motoru z OLLO systému			✓
Možnost připojení LED modulu			✓
Využití IR přijímače pro bezdrátovou komunikaci		✓	✓
Možnost připojení modulu ZIG-100	✓		
Možnost připojení modulu ZIG-100A		✓	✓
Možnost připojení modulu BT-110		✓	✓
Napájení z LIPO baterií (11,1V)		✓	✓
Napájení z NIMH baterií (9,6V)	✓		
Obsahuje pojistku 125V/10A, LFU-10	✓	✓	✓
Obsahuje pojistku 250V/5A, FU-5	✓		
Počet analogových vstupů	0	1	1
Počet binárních vstupů	0	0	0
Počet binárních výstupů	0	1	2
Počet analogových výstupů	0	0	0

### 3.2 Mikrokontrolér

Mikrokontrolér je elektronická součástka, která je programovatelná a nejčastěji má podobu integrovaného obvodu, viz obrázek 4. Někdy bývá označován také za mikropočítač či jednočipový počítač a ve své podstatě je to miniatura počítače integrovaného na jediném čipu,

který obvykle obsahuje procesor (označován též jako CPU), paměť, programovatelné vstupně-výstupní rozhraní a další periferní obvody.

U stavebnic Robotis BIOLOID jsou užívány mikrokontroléry s procesorem ATmega. Výrobce dodává tři typy těchto procesorů (neboli řídicích jednotek, viz výše), které jsou označeny CM (CM-5, CM-510 a CM-530).

Hlavní řídicí prvek obsahuje desku s mikrokontrolérem ATmega128 spolu s konektory pro komunikaci v protokolu TTL. Řídicí mikrokontroléry v sobě mají flash paměť, která po naprogramování řídí (po sériové sběrnici) pohybové servomotory sestaveného robota. Po této sériové sběrnici (do hlavního řídicího prvku) přichází data ze snímačů a čidel [4].



Obrázek 4 Mikrokontrolér [16]

### 3.3 Servomotor AX-12A

Jednou z nejdůležitějších součástí stavebnice Bioloid PREMIUM Kit je servomotor AX-12A, který je velmi spolehlivý, přesný a má vysoký kroutící moment (1,5N.m). Nutno dodat, že patří k celosvětově nejoblíbenějšímu svého druhu.

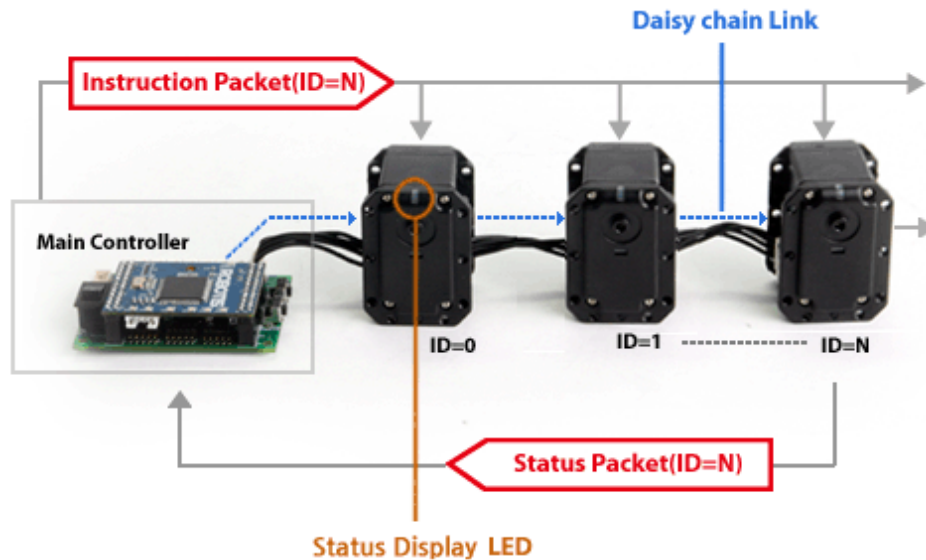
#### Specifikace při 12V:

- Redukční poměr: 1/254
- Kroutící moment síly: 15kg.cm
- Rychlost: 0.196sec/60deg

Servomotory jsou propojeny v uzavřeném řetězci, přičemž k řídicí jednotce lze připojit několik různých řetězců, jsou vzájemně spojeny a komunikují přes sběrnici s řídicí jednotkou.

Tento servomotor je navržen speciálně pro klouby robotů. Dá se pomocí něj kontrolovat hodnota polohy o 0,29 stupňů a zadat konkrétní rychlost motoru. Je možné zde také nastavit nekonečné otáčení, čímž může být použit jako kola. Servomotor AX-12A má funkci pro kontrolu teploty, nadproudu, ale i přepětí.

AX-12A má přiděleno ID, což je unikátní číslo, které je každému servomotoru přiřazeno pro jeho rozlišení v souvislosti se zapojením do řídicí jednotky CM-530, viz obrázek 5. Právě pro jejich rozlišení musí mít každý AX-12A odlišné ID [1].



Obrázek 5 Servomotory AX-12A, jejich propojení přes ID k řídicí jednotce [5]

Jednotlivá ID se dají samozřejmě nastavit dle potřeby, v rozmezí od 0 do 30.

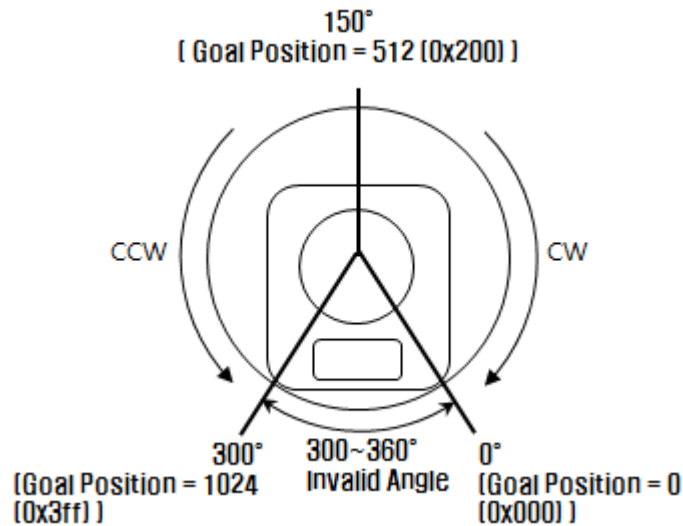
Tyto servomotory mají mnoho funkcí, přičemž každá z nich má unikátní „adresu“, jejímž výběrem je možné ji ovládat.

Servomotor AX-12A, který je zobrazen na obrázku 6, je prozatím nejpokročilejší motor od firmy Robotis na trhu a vlastně se stal určitým standardem pro příští generace amatérské robotiky. Tento typ servomotoru je schopen sledovat svoji rychlost, teplotu, napětí i zátěž. Mimo to ovšem dokáže také sledovat polohu hřídele, přičemž k udržení polohy hřídele na AX-12A je použit algoritmus, který lze nastavit individuálně, což umožňuje ovládání rychlosti a síly reakce motoru. Servomotor AX-12A má také vestavěný mikroprocesor, díky němuž je řídicí jednotce umožněno provádět mnohé další funkce [5].



Obrázek 6 Servomotor Dynamixel AX-12A [5]

Při užívání tohoto servomotoru v „JOINT MODE“ (KLOUBY) se může pohybovat od 0 do 300 stupňů a jak již bylo zmíněno výše, může kontrolovat hodnotu polohy či rychlosti. K tomu, aby bylo možné ovládat polohu, je nutné nastavit její hodnotu od 0 do 1023. Jako příklad slouží obrázek č. 7, kdy se hodnota pozice 0 rovná 0 stupňů, hodnota 512 se rovná 150 stupňům a hodnota 1023 je 300 stupňů.



Obrázek 7 Servomotor AX-12A, ukázka hodnot stupňů [17]

### 3.4 Senzory

Pro rozšířenější možnosti robotů obsahuje Bioloid PREMIUM Kit několik senzorů[6]:

- DMS Senzor (přesný IR Senzor pro měření vzdálenosti a detekci překážek) – tento senzor (viz obrázek 8) detekuje objekty a měří vzdálenost mezi čidlem a objektem, který je pevně uchycen, přičemž pracuje na bázi infračerveného světla. Jedná se o velmi přesné čidlo, jelikož se s leskem či barvou objektu skoro nemění hodnoty napětí na výstupu. Toto čidlo obsahuje vysílač i přijímač a měření probíhá každých 38,3 ms. Výše zmíněná hodnota napětí se zvyšuje až s přiblížením daného objektu. Jelikož není úhel infračerveného světla dostatečně velký, platí, že s přiblížením objektu na méně než 7 cm se začne prudce snižovat hodnota napětí.



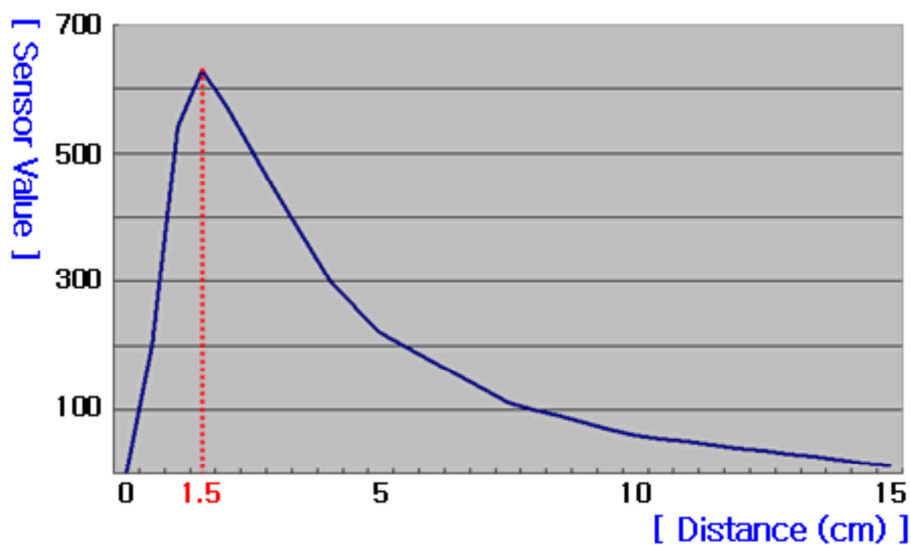
Obrázek 8 DMS senzor [15]



- Dva IR Sensory (pro detekci překážek, převisu a okolního světla) – čidlo u IR senzoru slouží k detekci objektu a funguje na bázi odrazu infračerveného světla. Součástí tohoto čidla je vysílač a přijímač. Je-li objekt příliš blízko, hodnota v senzoru se prudce zmenšuje, jelikož úhel, v němž je infračervené světlo odraženo, je bohužel nedostatečný, viz obrázek 10. Ačkoli je poměrně těžké určit vzdálenost, ve které již čidlo objekt nerozpozná, obecně se uvádí, že může rozpoznat i více než 15 cm. Ukázku IR senzoru je možné vidět na obrázku 9.



Obrázek 9 IR senzor pro detekci překážek [18]



Obrázek 10 Závislost vysílané hodnoty senzoru na vzdálenosti [18]



- Senzor zvuku a Buzzer (pro měření hladiny zvuku)
- Gyro Senzor pro rovnováhu a stabilitu – jedná se o dvouosý senzor, který je připojován do CM-530 A/D vstupního portu. Typicky se tento senzor využívá k autonomní rovnováze, stabilizaci a balancování na nerovném povrchu, např. humanoida. Tento senzor, viz obrázek 11, vypočítá kde je větší síla či zda je robot na některou stranu nakloněn více, přičemž dokáže měřit úhlovou rychlost až 300° za sekundu na každou stranu naklonění. Využívá se pro mnoho dalších potřeb, avšak maximum je 3 na jednu řídicí jednotku.



Obrázek 11 Gyro senzor pro rovnováhu a stabilitu [19]

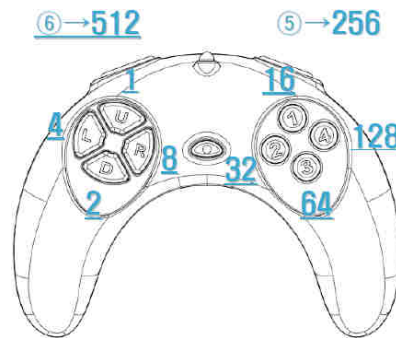
### 3.5 Bezdrátový ovladač

Pro snadné ovládání robotů je součástí stavebnice také bezdrátový ovladač (viz obrázek 12), v případě Bioloid PREMIUM Kit je to ovladač s označením RC-100A. Tento ovladač má 10 funkčních tlačítek a je jejich prostřednictvím schopen generovat pouze binární informace, které pomocí stisknutí posílá do řídicí jednotky.



Obrázek 12 Bezdrátový ovladač RC-100A [8]

Každé tlačítko má svoji hodnotu (viz obrázek 13), která je nastavená tak, aby při jakékoliv další kombinaci nedocházelo ke kolizi s jinou kombinací. Hodnoty tlačítek jsou v rozmezí 1 až 512, přičemž vždy jako mocniny čísla dvě.



Obrázek 13 Ukázka nastavení hodnot tlačítek [8]

V závislosti na zvoleném módu, ve kterém je ovladač používán, mohou mít některá tlačítka rozdílnou funkci. Standardně je ovladač vybaven IR vysílačem, což znamená, že přenos informací funguje na velmi podobném principu jako ovládání televize.

Pro zajištění funkčního přenosu je zapotřebí, aby měla řídicí jednotka připojený přijímač neboli IR-Receiver. Ten funguje jako přenašeč informace do řídicí jednotky, a to za pomoci stisknutí prostředního tlačítka, které slouží pro zapnutí či vypnutí vysílače a v momentě stisknutí se tato informace přenese přes IR-Receiver do řídicí jednotky.

Existují situace, kdy by mohlo dojít ke vzájemnému ovlivňování řídicích povelů, a to tehdy, kdy se v jednom prostoru snaží ovládat roboty více lidí. Každý vysílač je proto vybaven možností změny vysílacího kanálu.

### 3.5.1 Změna vysílacího kanálu RC-100A

Nastavením hodnoty 1 – 8 na tomto ovladači, je možné změnit vysílací kanál, z čehož vyplývá, že pomocí IR přenosu informací je možné řídit až osm různých robotů současně. Aby bylo možné zjistit aktuálně nastavený vysílací kanál, jsou na ovladači tlačítka s číslem 5 a 6, která právě z tohoto důvodu nelze používat k řízení.

K tomu, abychom nastavili vysílací kanál, slouží tři jednoduché kroky:

- Stisknout tlačítko POWER, které se nachází uprostřed ovladače, viz obrázek 14.



Obrázek 14 RC-100A, počátek změny vysílacího kanálu [8]

- Stisknout zároveň tlačítko POWER a jedno z tlačítek (viz obrázek 15), která reprezentují číslo kanálu, přičemž je zapotřebí tuto kombinaci stisknout hromadně přibližně po dobu jedné sekundy.



Obrázek 15 RC-100A, volba čísla pro vysílací kanál [8]

- Je-li kanál nastaven, podle zvoleného čísla kanálu zabliká LED (viz obrázek 16) a platí, že počet bliknutí reprezentuje zvolený vysílací kanál.



Obrázek 16 RC-100A, počet led bliknutí pro kontrolu zvoleného kanálu [8]

Potřebujeme-li zjistit číslo vysílacího kanálu, které má ovladač nastaveno, dá se tak učinit společným stisknutím tlačítek 5 a 6, přesně jak znázorňuje obrázek 17. V tom momentě opět zabliká LED a počet bliknutí signalizuje číslo vysílacího kanálu.

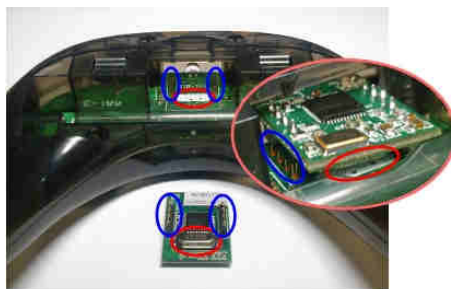


**Obrázek 17 RC-100A, zjištění vysílacího kanálu [8]**

K tomu, aby mohla řídicí jednotka provedenou změnu vysílacího kanálu akceptovat, je zapotřebí někde na začátku programu nastavit vnitřní proměnnou RC-100A Channel na požadované číslo kanálu (například tedy RC-100A Channel = 5), což znamená, že bude řídicí jednotka přijímat informace pouze z toho vysílače, který vysílá na kanále s číslem 5 [7].

### 3.6 Modul ZIG-110A

Pro bezdrátovou komunikaci je zde také modul ZIG-110A, který využívá standardu ZigBee (viz obrázek 18), ať už pro bezdrátovou komunikaci s počítačem nebo pro ovládání robota za pomoci ovladače RC-100A. Výše popsaný ovladač RC-100A lze s robotem propojit i pomocí přijímače infračerveného signálu, nicméně vzhledem k tomu, že je zapotřebí, aby byla zařízení v přímé radiové viditelnosti, není takové řešení příliš efektivní a využívá se modulu ZigBee.



**Obrázek 18 Umístění modulu ZIG-110A do dálkového ovladače RC-100A [8]**

Modul ZigBee neboli v případě Bioloid PREMIUM Kit ZIG-110A, pracuje v pásmu 2,4 GHz a jeho přenosová rychlost je maximálně 240 kb/s, přičemž jeho běžná přenosová rychlost je přibližně 50kb/s. Výhodou tohoto zařízení je ovšem skutečnost, že nemusí být v přímé radiové viditelnosti [8].

### 3.7 Color Sensor CS-10



Obrázek 19 Color Sensor CS-10 [9]

Tento senzor, který je zobrazen na obrázku 19, slouží pro detekci barev, rozpoznává až 6 různých typů barev, konkrétně červenou, modrou, zelenou, žlutou, černou a bílou. Senzor CS-10 se používá pro detekci barev objektu, i když ve skutečnosti třeba objekt žádnou barvu nemá. Jedná se pouze o reflexi vlnové délky, kterou oko vnímá jakožto barvu – např. červenou. Senzor v sobě má zabudované filtry, které propouští pouze určitou vlnovou délku daného odraženého světla od objektu. Na základě dané vlnové délky a jejích hodnot se vytváří v senzoru napětí, podle kterého je rozpoznána barva. Určité mínus tkví v poměrně malé rozpoznávací vzdálenosti, což znamená, že pokud je objekt blíže než 6mm nebo dále než 18mm, není schopen udávat korektní hodnoty, a proto je doporučeno se pohybovat ve výše zmíněném intervalu, který zaručí správnou detekci[9].

### 3.8 Led modul - LED modul LM-10



Obrázek 20 LED modul LM-10 [20]

Jedná se o modul (viz obrázek 20) emitující dva typy barev, a to oranžovou a modrou na základě instrukcí dodaných z řídicí jednotky. Je zde možné nadefinovat si rozsvícení buď jednotlivé barvy, nebo obou, podle dané instrukce. Modul je osazen dvěma LED diodami, konkrétně oranžovou a modrou, a ty se spouští na základě na ně přivedeného napětí[10].

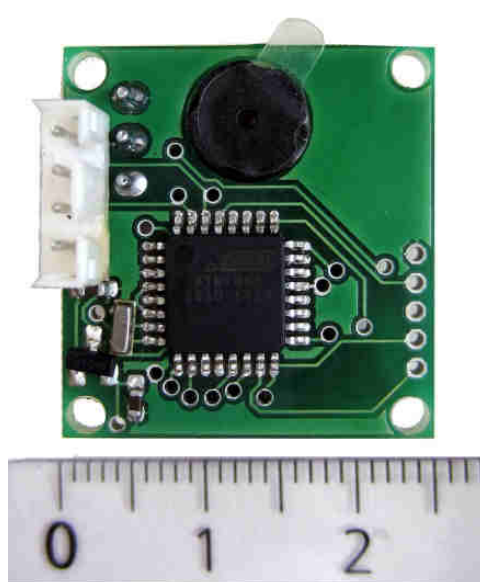
### 3.9 IR Receiver IR-10



Obrázek 21 IR-10 [11]

Tento IR senzor, zobrazený na obrázku 21, jež se součástí základního balení robota, slouží pro komunikaci s výše popsaným ovladačem RC-100A, pokud tedy ovladač není propojen jiným způsobem. Jedná se pouze o přijímač IR záření, jež emituje IR dioda, která je umístěna vpředu na ovladači. Po konfiguraci ovladače (za pomoci namíření paprsku na robota) je možné jej ovládat[11].

### 3.10 HaViMo2



Obrázek 22 HaViMo2 [13]

## Parametry kamery

### Integrovaná barevná CMOS Kamera

- Rozlišení: 160\*120 Pixels
- Barevná hloubka: 12 bits YCrCb
- Počet snímků: 19 Fps
- Plný přístup k CMOS Kamera registrům
- Ukládá hodnoty do EEPROM
  - Není potřeba rekonfigurace po odpojení napájení
- Automatická / Manuální expozice, vyvážení bílé barvy
- Nastavitelná saturace
- Zpracování obrazu na základě barvy

### Integrovaná tabulka pro barvy

- Uložena ve FLASH paměti
  - Není potřeba recalibrace pro zapnutí
- Detekce až 256 objektů
- 3D prohlížení a editační nástroje
- Překrytí obrazu z kamery v reálném LUT zobrazení

### Neočesaný (raw) výstup v kalibračním i implementačním režimu

- Prokládaný výstup při 19 FPS
- Plný výstup při 0.5 FPS

### On-line Region-growing

- Detekce až 15 přilehlých oblastí za snímek
- Snímá barvu, počet pixelů a obdélníky ohraničující oblasti

### On-line Gridding

- Snižuje rozlišení obrázku na 32\*24 pixelů
- Snižuje ztrátu informací užíváním objektů jako priorit
- Snímá barvu a počet pixelů na buňku o velikosti 5x5

### Podporovaný HW

- Half Duplex (ROBOTIS)
  - CM5
  - CM510/CM530\*
  - CM700
  - USB2Dynamixel
- Full Duplex
  - RBC
- Ostatní platformy
  - TTL level RS232
  - 115200 BAUD for Full Duplex Mode
  - 1 MBAUD for Half Duplex Mode

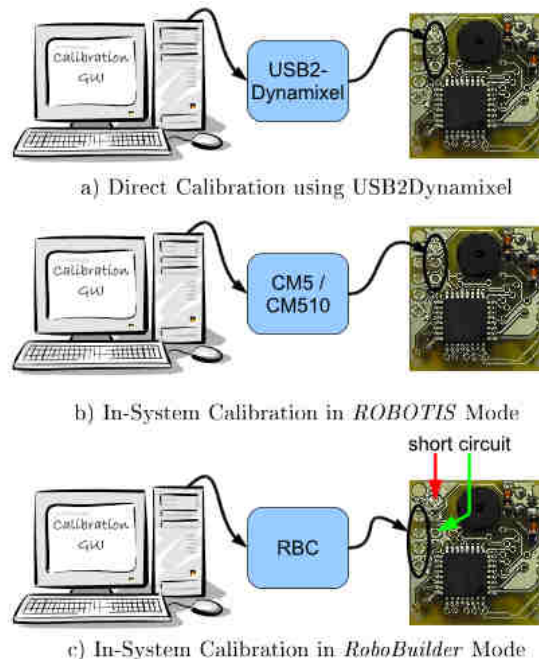
### Podporovaný SW

- Roboplus (ROBOTIS )
- Direct C programming (ROBOTIS )
- RBC firmware

HaViMo 2.0 (viz obrázek 22) je řešením pro implementaci vidění k nízkonapěťovým mikro procesorům. Je vybaven CMOS kamerou a mikro kontrolérem, který zajišťuje práci s obrazem. Výsledky jsou sdíleny skrze sériový port. Oproti předchůdcům je verze 2.0 vybavena vyšším FPS a novou funkcí Grinding, přičemž se jedná o algoritmus, který je ideální pro práci s objekty. Kamera má plnou podporu softwaru roboplus, dodávaného k robotické stavebnici bioloid. Komunikace probíhá za pomoci sériových protokolů, a to buď v režimu full nebo half duplex.



Modul může být užíván v různých konfiguracích (viz obrázek 23), přičemž závisí na tom, s jakou hardwarovou platformou je spojen. Na obrázku níže jsou znázorněny kalibrace a implementační módy.



**Obrázek 23** Možnosti hardwarových konfigurací [13]

V kalibračním režimu je modul připojen k počítači, kde grafické uživatelské rozhraní usnadňuje přístup k parametrům kamery, stejně tak jako k vyhledávací tabulce barev. V tomto režimu může být čip kamery konfigurován a barvy v souvislosti s objektem mohou být nastaveny uživatelem v závislosti na světelných podmínkách.

Jak již znázornil obrázek výše, v kalibračním režimu existují určité moduly:

- přímé nastavení za použití USB2Dynamixel
- modul připojený skrze USB2Dynamixel do počítače – zde je nutné připojení napájení zvnějšku přímo do zařízení
- vnitřní nastavení systému v ROBOTIS módu – modul je zde připojen skrze standardní CM5/CM510 k počítači, což umožňuje datovou komunikaci mezi kamerou a počítačem
- vnitřní nastavení systému v RoboBuilder módu – modul je připojen skrze standardní RBC k počítači, což taktéž umožňuje datovou komunikaci mezi kamerou a počítačem.

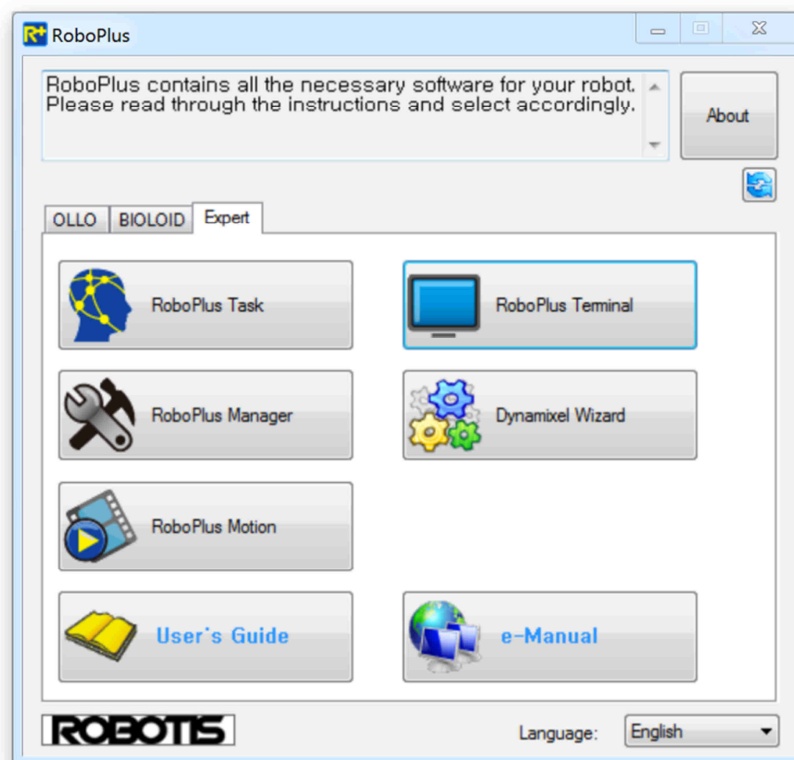
HaViMo2 je přístupna na sériové sběrnici. Komunikační protokol je určen pro přístup k zařízení, které pracuje na bázi příkaz/reakce. Balíček příkazů obsahuje instrukce, které vyvolají funkci zařízení, stejně tak jako také čtou či zapisují hodnoty, nebo jejich kombinace.





## 4 SOFTWARE - ROBOPLUS

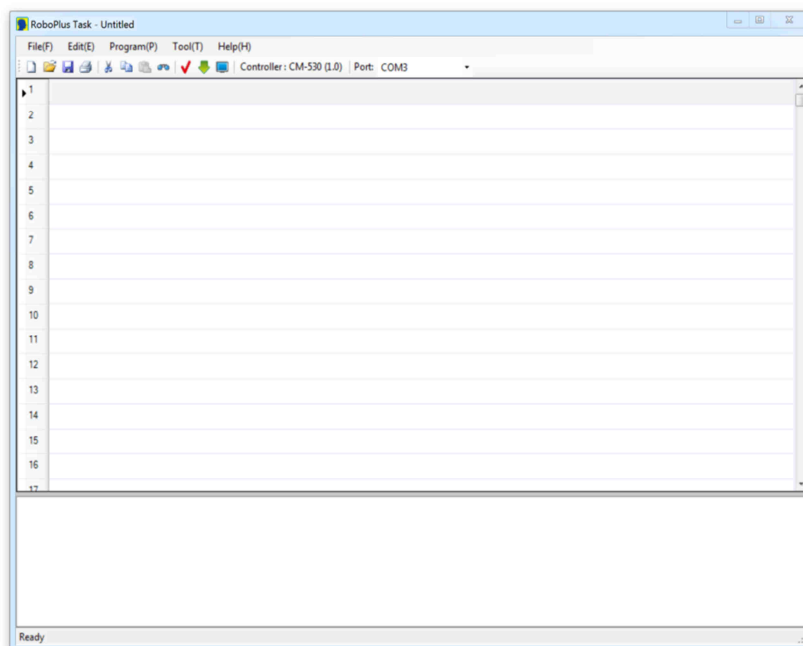
RoboPlus je program, který je dodáván od výrobce ke stavebnici na CD. Tento program po instalaci nabízí téměř ihned aktualizace na novější verze, jelikož je stále vylepšován a v závislosti na době koupi stavebnice nemusí být software obsažený na instalačním disku vždy aktuální. Program, který je znázorněn na obrázku 24, nám ihned po jeho spuštění nabízí volbu 3 záložek, a to mezi stavebnicemi OLLO, BIOLOID a EXPERT. Stavebnice OLLO je jednodušší variantou, která je cílena na mladší zájemce o robotiku, tudíž se jí zabývat nebudeme. Budeme pracovat se záložkou EXPERT, která obsahuje pole RoboPlus Task pracující výhradně s logikou, dále RoboPlus Manager, ve kterém se dá pracovat přímo se servomotory (a to v reálném čase) a mimo jiné obsahuje také informace o použitých portech a různá nastavení robota. Nezbytnou součástí pro práci s robotem je RoboPlus Motion, ve kterém se s robotem pracuje a vytváří se zde program. RoboPlus Terminál je program, jehož prostřednictvím se s robotem komunikuje po sériové lince. Je zde i online průvodce a manuál. Dynamixel Wizard pracuje za pomoci USB2Dynamixel, což je propojení servomotorů přímo přes USB s počítačem. Tento nástroj byl dodáván ke starším verzím robotické stavebnice bioloid, přičemž k novější verzi v základním balení obsažen není[12].



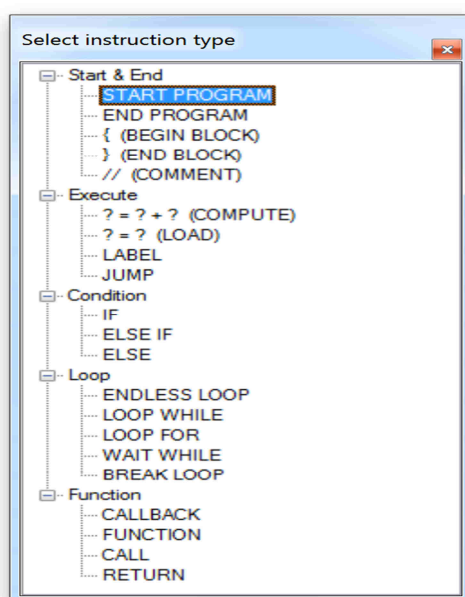
Obrázek 24 Ukázka programu RoboPlus pro jeho spuštění

## 4.1 RoboPlus Task

V tomto programu (viz obrázek 25) je možné programovat robota, a to za pomoci jednoduchého programování podmínek, cyklů a dalších příkazů (viz obrázek 26). Tento program ze všech, které RoboPlus nabízí, umožňuje nejširší využití. Jak již název vypovídá, část Task je souhrn pohybů a úkonů, které přecházejí v akci. Program je ukázkou procedurálního programování a probíhá v textovém režimu. Pro spuštění programu je potřeba jej nejdříve nahrát do řídicí jednotky a pro jeho test je nejlepší využití pozorovací zkoušky přímo u daného robota.



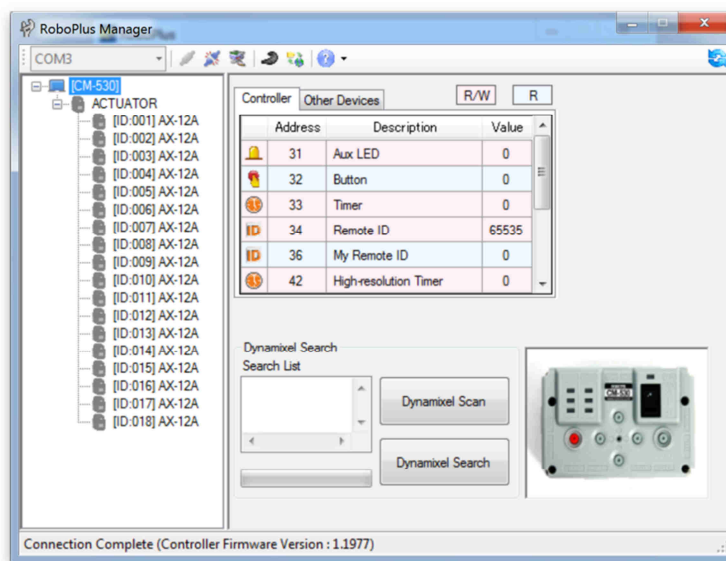
Obrázek 25 Ukázka programu RoboPlus Task



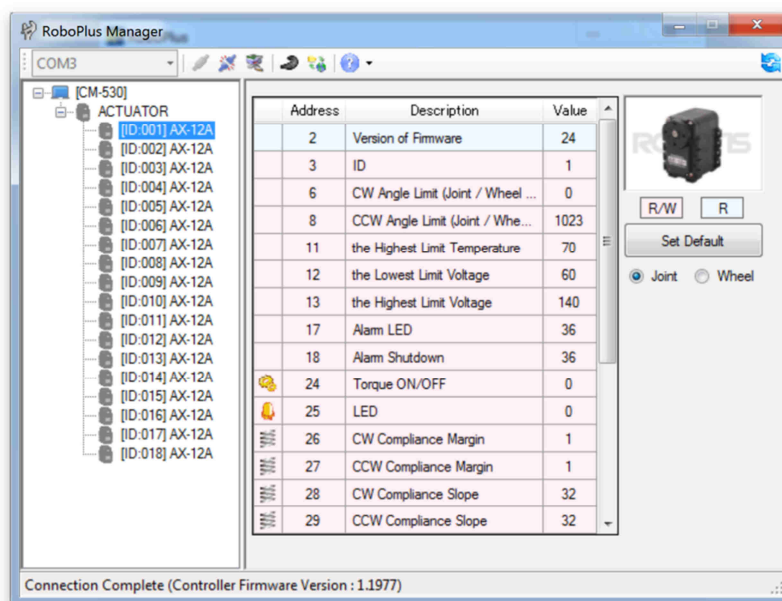
Obrázek 26 Ukázka možnosti použití příkazů

## 4.2 RoboPlus Manager

Tento program, který je zobrazen na obrázku 27, funguje pouze v případě, že je robot připojen přes sériovou linku. Program pracuje v reálném čase a je možno sledovat různé parametry servomotorů či senzorů, a stejně tak je možné nahrát novou verzi firmware do řídicí jednotky nebo servomotoru. V programu lze nastavit buď režim read only, který slouží pro odečítání hodnot, jako je například teplota motoru nebo chybové hlášení. Dále má režim read/write, ve kterém lze nastavovat nespočet parametrů motoru (viz obrázek 28), ať už řízení napětí, ovládaní rychlosti pohybu serva nebo jej přepnout do režimu kola či kloubu. Lze z něj vyčíst spousta chybových hlášení při řešení problémů a nastavit spousta parametrů k předcházení poškození motoru, což např. zahrnuje teplotu, při níž se mají vypnout[13].



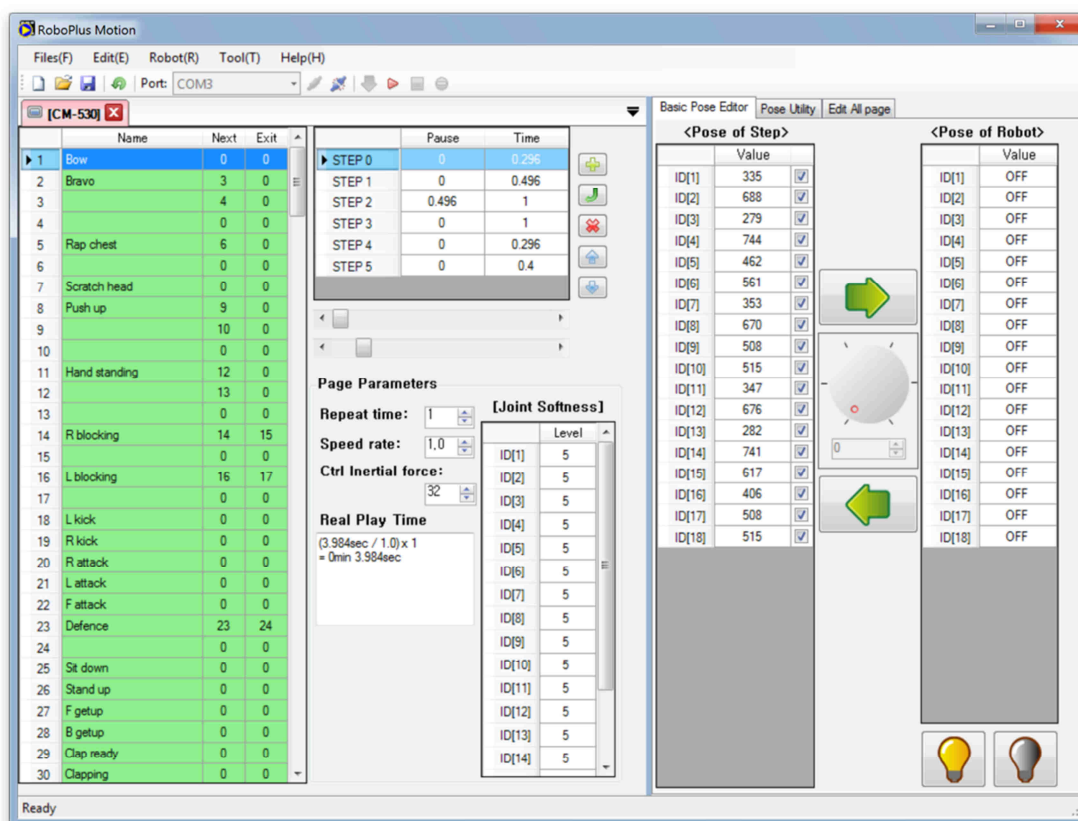
Obrázek 27 Ukázka programu RoboPlus Manager při připojení robotovi



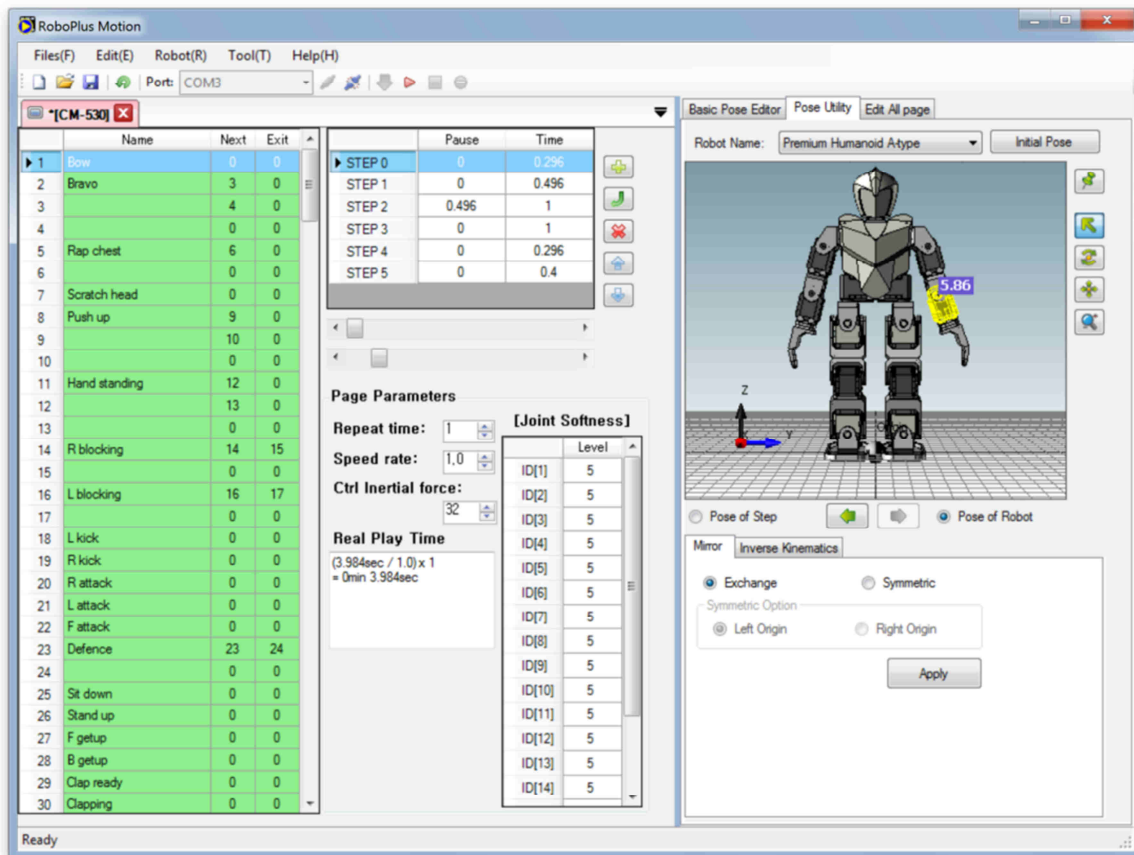
Obrázek 28 Ukázka správy servomotorů AX-12A v programu RoboPlus Manager

## 4.3 RoboPlus Motion

Program slouží pro naprogramování jednotlivých kroků (viz obrázek 29), které robot následně vykoná a jde o takzvaný editor pohybů. RoboPlus Motion je založen na grafickém rozhraní a lze v něm předchystat až 256 pohybů, přičemž každý pohyb může mít až 6 kroků. V programu je dostupný i 3D model robota (viz obrázek 30), který lze v reálném čase ovládat, avšak tato funkce nelze využít, pokud ze servomotorů poskládáme vlastní model. Při využití tohoto programu nemusíme znát žádný programovací jazyk, což je výhoda, a je založen na principu inverzní kinematiky.



Obrázek 29 Ukázka programu při připojení robotu



Obrázek 30 Ukázka programu při připojení robotovi

#### 4.4 RoboPlus e-Manual (User's Guide)

Jedná se o internetový manuál (viz obrázek 31), který shromažďuje veškeré návody a poznatky, včetně ukázkových programů pro výše zmíněný software. Postupně je zde možné najít návody pro složení robotů, které již papírová forma dodávaná v originálním balení neobsahuje[12].

##### Premium

---

- Getting Started
- Download
- Tutorial
- Useful Information



- ① Excellent walking humanoid (Self-Adjusts posture while walking)
- ② Various sensors including Gyro, Distance, and IR
- ③ Remote control capability (IR-default, Zigbee-optional)
- ④ C-style programming & motion teaching with RoboPlus S/W (USB interface included)

**Obrázek 31 Ukázka e-manuálu**

## 5 KONSTRUKCE ROBOTY TYPU HUMANOID

Dle zadání práce měl být ze stavebnice BIOLOID Premium kit postaven robot typu humanoid. Tato stavebnice má možnost stavby 3 typů robota typu humanoid, kterými jsou možnosti A, B a C. Jako nejuvěrnější předlohu jsem si vybral robota typu A, jelikož skladbou kloubů a celkovými proporcemi v menším měřítku je nejbližší věrnou kopií samotného člověka. Konstrukce robota je prováděna dle návodu, který se snaží být co nejvíce srozumitelný, avšak ne všechny senzory na stavebnici je možno přichytit, a to především kvůli rozměru děr a prostorovému řešení. Problém je taky uchycení servomotorů za pomoci šroubů M2, kdy při jednom cyklu baterie, je nutno opět uchycení dotahovat, což by ale šlo vyřešit pérovými podložkami. Dále bylo zapotřebí vytvořit upravenou hlavu pro přichycení a ochranu kamery pro práci s obrazem.

### 5.1 Humanoid Typ A

Tento robot, který je znázorněn na obrázku 32, je ze série pro pokročilé a tudíž jeho stavba zabere větší množství času. Konstrukce robota je tvořena všemi 18 servomotory AX-12A, přičemž vždy pětice motorů tvoří každou nohu, torzo s rameny je tvořeno čtyřmi servomotory a ruce po dvou motorech. Na zádech má robot umístěnou řídicí jednotku CM-530, pod kterou je umístěna 1000mAh li-polová baterie. Místo originální hlavy bude použita jiná.

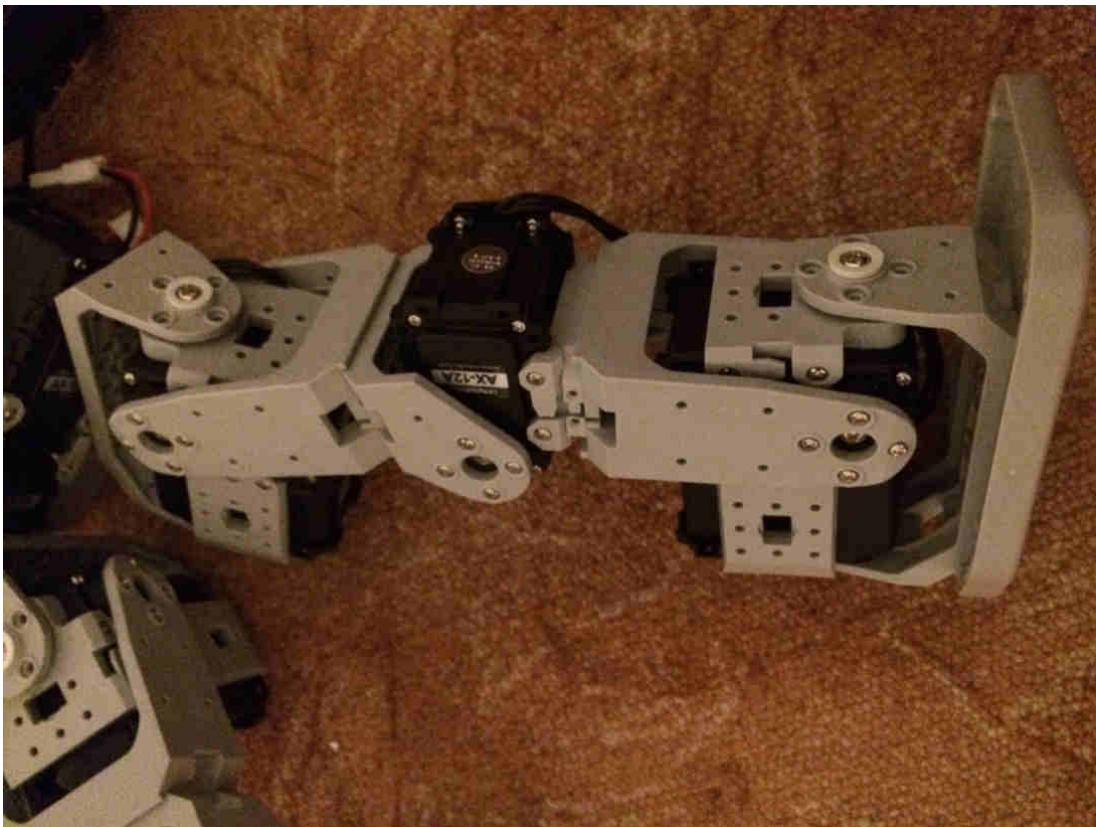


Obrázek 32 Robot Humanoid typ A



### 5.1.1 Konstrukce nohou

Pro příklad uvedu konstrukci pravé nohy (viz obrázek 33), která je tvořena, stejně jako levá, pěticí servomotorů. Rozdíl mezi pravou a levou nohou je pouze v hodnotě ID použitého servomotoru. Konstrukce reprezentující šlapku nohy je tvořena dvěma servomotory s ID18, které simulují natočení šlapky doleva a doprava, a servomotoru s hodnotou ID16, které simulují pohyb šlapky nahoru a dolů. Další v pořadí je servomotor ID14, který simuluje kolenní kloub. Servomotor ID12 a servomotor ID8 simulují kloub kyčelní, a to ve vlastnostech k motoru ID12, jakožto možnost rozkročování nohou a ID8 slouží pouze pro jejich natočení.



Obrázek 33 Ukázka konstrukce nohy

### 5.1.2 Konstrukce rukou

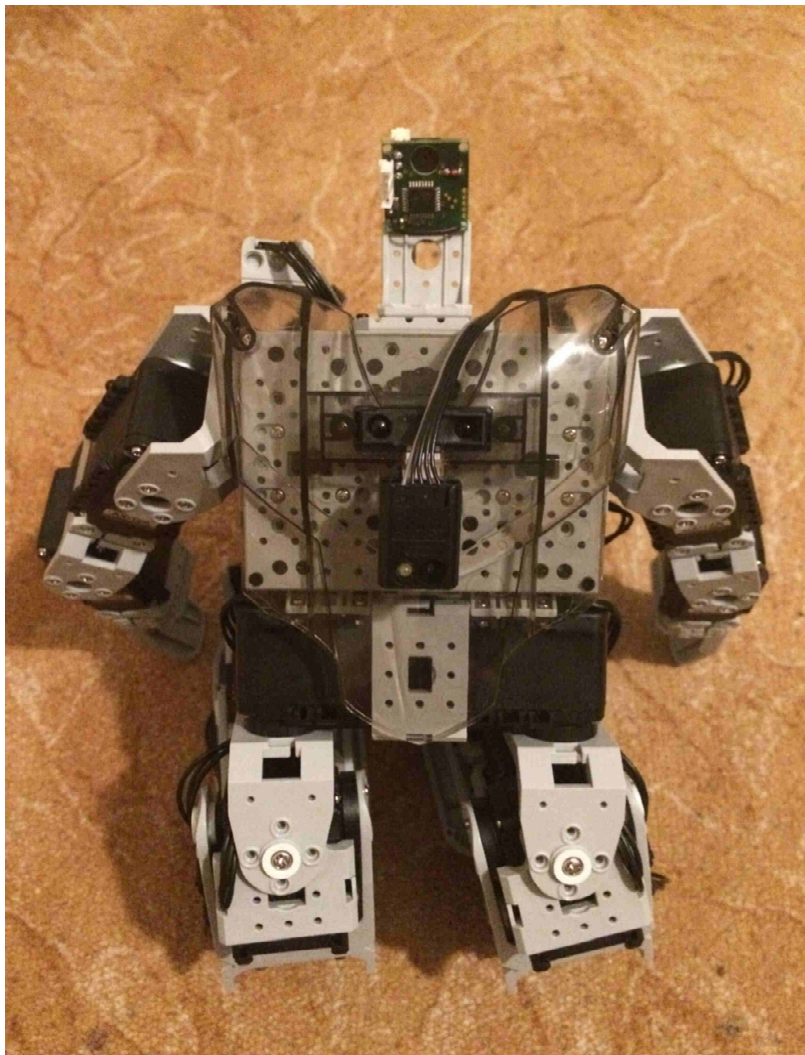
Samotná konstrukce rukou se sestává ze dvou servomotorů, přičemž pro lepší názornost použitých motorů vyberu konstrukci pravé ruky (viz obrázek 34). Servomotor ID6 tvoří předloktí a zároveň jeho kloub, na který je napojen servomotor ID4, jenž reprezentuje část ramenního kloubu pro pohyb ruky, jakožto předpažení nebo zpětně. Otáčení ramenního kloubu reprezentuje servomotor ID2. Bohužel tato varianta složení nemůže vyvolat úchop, což by se dalo řešit připevněním dalšího servomotoru na motor s ID6, čímž by se dala pro úchop vytvořit klepeta.



Obrázek 34 Ukázka ruky

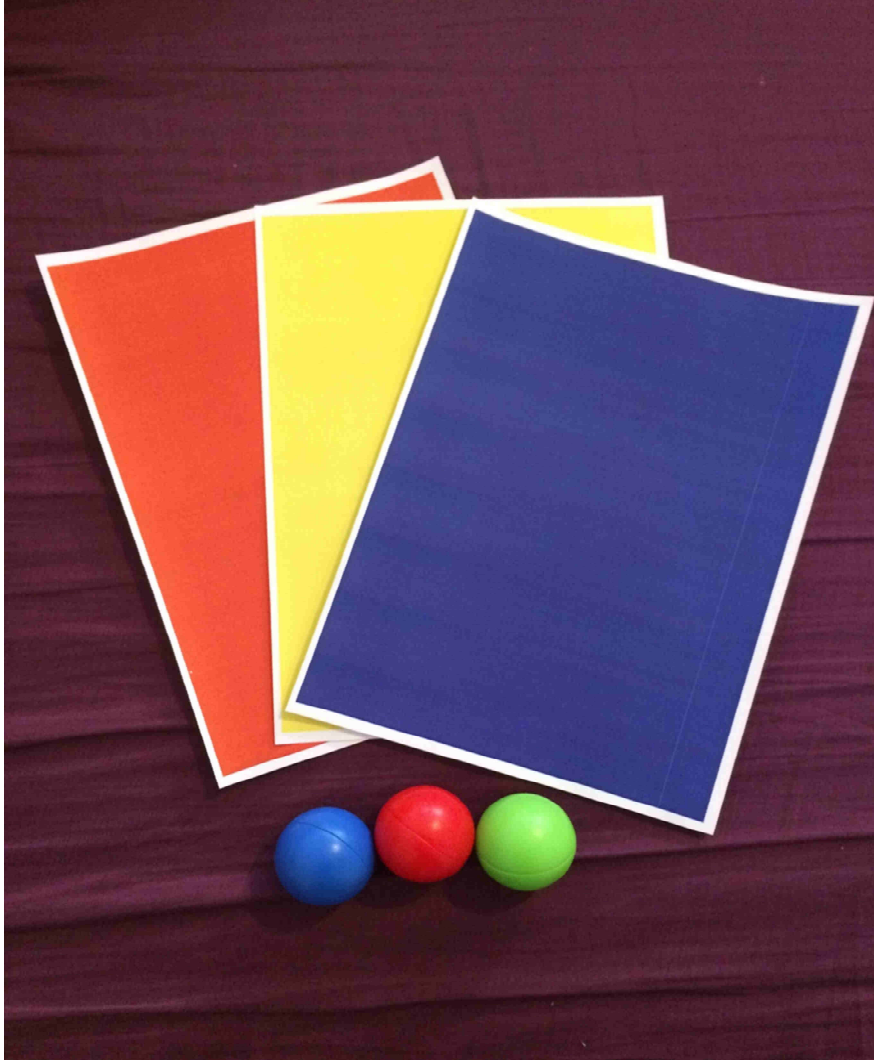
### 5.1.3 Umístění periferních zařízení

Robot je osazen jedním čidlem DMS (viz obrázek 35) pro detekci vzdálenosti, které bylo umístěno dle návodu do předpřipraveného hrudního pláště. Z vlastní iniciativy byl narameno umístěn diodový modul LM-10, který má funkci rozsvícení diod v rámci instrukce programu, jenž bude blíže rozebrán ve zdrojové části. Problém byl s umístěním kamery do původní hlavy, která je tvořena průhledným plastem, a proto bylo uchycení kamery nemožné. Kamera byla provizorně přichycena místo hlavy, aby měla co nejlepší pozici pro práci s obrazem. Dále byl na hrudní plášť pod senzor DMS umístěn senzor pro detekci barev CS-10, přičemž volba umístění senzoru plyne z jeho rozlišovací vzdálenosti, která je 6-18 mm. Senzor přiblížení DMS a senzor barev CS-10 jsou využity v programu č. 2, zatímco v programu č. 1 je využita pouze práce s kamerou.



Obrázek 35 Umístění sensoriky

Pro tvorbu videí, která znázorňují ukázkou funkčnosti obou programů, byly využity barevně odlišené předměty, které jsou vidět na obrázku 36. Pro program č. 1 byly použity tři různě barevné balónky a pro program č. 2 poté různě barevné papíry.



**Obrázek 36** Využité předměty





## 6 MOŽNOSTI PROGRAMOVÁNÍ ROBOTU

Pro programování robota je možné využít vícero programovacích jazyků. Pro níže zmíněné jazyky je ovšem jednodušší volbou využít již napsané knihovny. Kdyby byl využit jazyk jiný, musela by být vytvořena např. knihovna pro ovládaní servomotorů s následujícími metodami. Proto byly vybrány jazyky Matlab a C# pro popis možnosti programování v nich, jelikož mají oficiální podporu od výrobce robota a kamery Havimo 2.0. Pro samotné programování byl nicméně využit jazyk RoboPlus Task, který je oficiálním programovacím jazykem dodávaným k robotu.

### 6.1 MathWorks – Matlab

Matlab je scriptovací a programovací jazyk vyvíjený společností MathWorks. Původně byl využíván hlavně pro matematické operace, avšak postupem času byl doplněn o mnoho dalších funkcí. Pro spuštění programu kompilovaném v jazyce Matlab je nutné mít v počítači instalovaný Matlab Runtime, což je balík knihoven, které mohou být samotným programem využívány. Jednou z rozšířených funkcionalit je možnost importu vlastních knihoven.

Import knihovny pro připojení k řídicí jednotce robota by mohl vypadat například takto:

```
loadlibrary('dynamixel', 'dynamixel.h')
```

K importu je použita funkce **loadlibrary**, u které jako první parametr specifikujeme název knihovny bez přípony (v našem případě dynamixel.dll) a jako parametr druhý hlavičku jazyka C, která obsahuje definice použitých funkcí.

V našem případě jsou to soubory distribuované firmou RoboPlus, které obsahují knihovny pro ovládaní robota.

Abychom mohli knihovnu načíst, musí být umístění knihovny zahrnuto v „Path“ programu matlab, což provedeme za pomoci příkazu **pathtool**.

Dostupné funkce si poté můžeme vypsát funkcí:

```
libfunctions('dynamixel')
```

Jako vstupní parametr použijeme název knihovny, jejíž funkce chceme vypsát.

Pro základní inicializaci robota (navázání komunikace na příslušném COM portu a její následné ověření) slouží funkce:

```
calllib('dynamixel','dxl_initialize', PORT,BAUDRATE);
```

V tomto případě funkce přijímá parametr PORT a BAUDRATE. PORT je číslo portu COM, na kterém chceme inicializovat spojení s robotem a BAUDRATE je přenosová rychlost použitá pro komunikaci.

Pro nastavení pozice jednotlivých servomotorů slouží funkce:

```
calllib('dynamixel','dxl_write_word',SERVOID,GOALPOSITION,GoalPos(index))
```

Jako parametr SERVOID nastavíme id servomotoru, ke kterému se má cílová pozice vztahovat. Další dva parametry jsou cílovými pozicemi daného servomotoru.

## 6.2 Microsoft C#

Microsoft C# je objektově orientovaný programovací jazyk, který pracuje nad rozhraním .NET, navržený společností Microsoft.

.NET Framework se skládá ze dvou základních částí, a to CLR (Common Language runtime) a CIL (Common intermediate language).

**CIL** – je definován jako nejnížší člověku srozumitelný programovací jazyk, který vychází ze specifikace CLI (Common language infrastructure). V tomto jazyce je uložený výsledný kód aplikace, který je za běhu překládán prostředím CLR.

**CLR** – jedná se o virtuální prostředí, které má na starost zpracování kódu aplikace, uložené v jazyce CIL a jeho přeložení do kódu strojového.

Abychom mohli využít objektů Frameworku .NET, je za potřebí mít na cílovém počítači nainstalovaný příslušný balíček, který svou verzí odpovídá verzi definované v samotné aplikaci. Balíčky .NET Framework nejsou kumulativní, což znamená, že instalovaný balíček dané verze neobsahuje knihovny verze předchozí, a proto je tedy třeba dbát na instalaci správné verze frameworku.

Stejně jako v případě jazyku Matlab, musíme nejdříve importovat knihovnu, jejíž objekty chceme využívat. To provedeme za pomoci klíčového slova „using“ v hlavičce programu:

```
using ROBOTIS;
```

ROBOTIS označuje namespace, ve kterém je obalena třída dynamixel.

Celý kód programu bude obalen ve statické metodě main. Tato metoda je typu void, z čehož vyplývá, že od ní neočekáváme žádnou návratovou hodnotu a je povinná. Je to počáteční metoda, která je volaná při spuštění samotného programu.

Inicializace komunikace s robotem bude probíhat velmi podobně, jako v případě Matlabu a to za pomoci metody dostupné z výše uvedené knihovny:

```
if (dynamixel.dxl_initialize(PORT, BAUDRATE) == 0) {
    Console.WriteLine("Nepodařilo se navázat komunikaci s robotem, program ukončíte libovolnou klávesou.");
    Console.ReadKey(true);
    return;
}
else
    Console.WriteLine("Připojení proběhlo úspěšně.");
```

Ve výše uvedené podmínce ověříme, zda navázání komunikace proběhlo úspěšně. Pokud ne, metoda **dxl\_initialize()** vrátí „0“, podmínka bude platná a dojde k ukončení programu. V opačném případě pokračujeme dále v běhu programu.

Pro nastavení hodnoty na jednotlivá serva použijeme definovanou metodu **dynamixel.dxl2\_write\_byte()**, která přijímá stejné vstupní parametry jako v případě jazyka MatLab.

### 6.3 RoboPlus Task

Je velice jednoduchým procedurálním programovacím jazykem, navrženým firmou RoboPlus pro efektivní a intuitivní programování chování robota Bioloid. Samotný kód aplikace nemůže být libovolně editován, proto je uživatel striktně veden grafickým rozhraním aplikace, což minimalizuje množství syntaktických chyb při samotném programování. Lze v něm využít předem definovaných direktiv, jako jsou například podmínky či cykly, stejně tak jako definice vlastních funkcí. Pro definici funkce je použito klíčové slovo FUNCTION. Jako funkce nicméně být využita nemůže, jelikož ji nelze definovat žádné vstupní parametry nebo návratové hodnoty. Kód napsaný v tomto jazyce je poté přeložen do strojového kódu a nahrán do řídicí jednotky robota. Kód pro nastavení pozice servomotoru by mohl vypadat například takhle (viz obrázek 37):

```

START PROGRAM
{
    CALL MoveFirstServo
}
FUNCTION MoveFirstServo
{
    ID[1]: Goal Position = 500
    ID[1]: Torque Enable = TRUE
}
END PROGRAM
    
```

Obrázek 37 Kód pro nastavení pozice servomotorů





## 7 PROGRAM Č. 1 - POHYB V ZÁVISLOSTI NA BARVĚ PŘEDMĚTU

Za pomoci tohoto programu s připojenou kamerou HaViMO můžeme robota řídit v závislosti na rozpoznávání barev okolních předmětů. V programu jsou definovány následující funkce:

**SetDefaultParameters** – nastaví základní parametry potřebné pro správnou funkci robota a běh programu.

**WalkExecute** – pracuje se dvěma parametry. Prvním je aktuální status robota, druhým pak požadovaný příkaz. Abychom zajistili co nejplynulejší pohyb robota a plynulou návaznost jeho kroků, obsahuje tato funkce rozhodovací strom různých kombinací těchto parametrů.

**MoveDependingOnColor** – Nejdůležitější funkce našeho programu. Má na starost určení požadovaného pohybu v závislosti na barvě rozpoznané v obraze, což probíhá následujícím způsobem:

Funkce prochází registr kamery a porovnává hodnotu adresy, ve které jsou uloženy informace o barvě. Pokud hodnota odpovídá některé z barev definované v LUT (Look Up Table), uloží program maximální a minimální souřadnice příslušné barvy v ose X do proměnných. Z těchto dvou hodnot je poté počítán střed nalezeného předmětu. Pokud je střed předmětu ve středu zorného pole robota (s tolerancí 20 obrazových bodů na každou stranu), provede robot pohyb vpřed. Pokud se předmět nachází více než 20 obrazových bodů od středu, provede robot pohyb vpravo nebo vlevo, což záleží na směru odchyly předmětu.

**WaitTimer** – využijeme v případě, že v programu použijeme časovač. Funkce čeká, dokud časovač neodpočítá do hodnoty 0.0s.

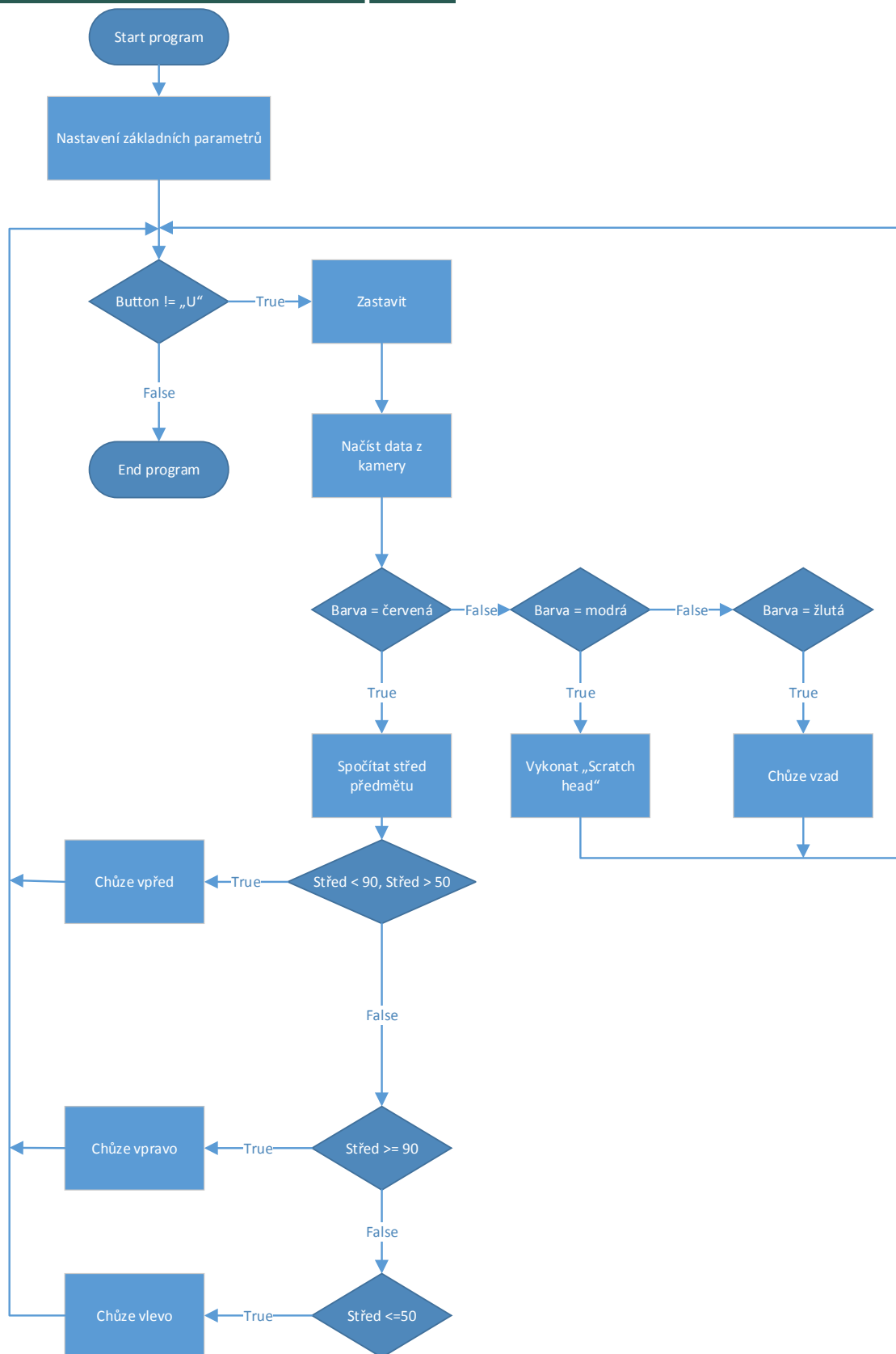
**SetDefaultPositions** – nastaví cílové hodnoty pro všechny servomotory. Výsledkem je postavení robota do jeho základní pozice.

**CurrentPageWaitMotion** – funkce počká na dokončení aktuálního pohybu a poté zastaví servomotory. Slouží k okamžitému zastavení pohybu robota.

**EXITPageWaitMotion** - funkce čeká na dokončení sekvence pohybů, poté pohyb zastaví.

**WaitMotion** – využijeme v případě, že vykonáváme samostatný pohyb definovaný přes RoboPlus Motion

Jak můžeme vidět na vývojovém diagramu (viz obrázek 38), v hlavní metodě programu je krom funkce nastavující základní parametry, také smyčka, kterou lze ukončit stisknutím tlačítka „U“. V této smyčce je při každém jejím vykonání robot zastaven, za pomoci výše uvedených funkcí jsou poté načtena data z kamery a následně je vykonán příslušný pohyb v závislosti na barvě rozpoznaného předmětu.



Obrázek 38 Vývojový diagram programu č. 1

## 8 PROGRAM Č. 2 - ROZPOZNÁNÍ BARVY ZA POMOCÍ SENZORU BAREV

Tento program dokáže rozpoznat přesnou barvu předmětu vzdáleného 6 – 18mm od těla robota. Podmínkou správného fungování programu je připojený senzor pro rozpoznávání barev CS-10.

Mimo funkce použité v programu č. 1 (**SetDefaultParameters, WalkExecute, WaitTimer, SetDefaultPositions, CurrentPageWaitMotion, EXITPageWaitMotion, WaitMotion**), které mají stejnou funkcionalitu, jsou navíc použity funkce následující:

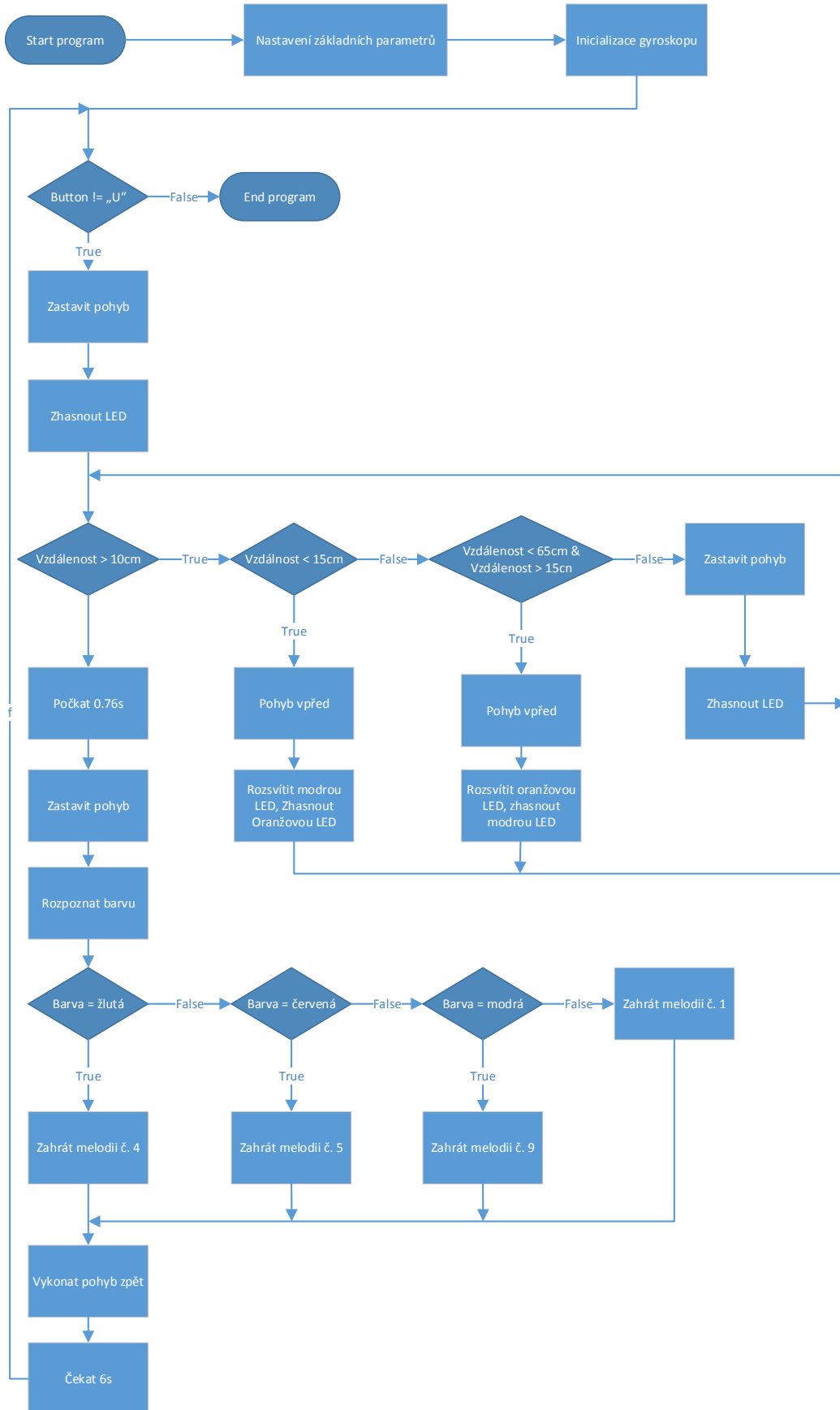
**MoveBack** - po zavolání této funkce bude robot vykonávat pohyb vzad po dobu 1.536s. Ve funkci je nastaven parametr **WalkCommand**, konkrétně na hodnotu 2 a poté je zavolána funkce **WalkExecute**, která v závislosti na daném parametru vykoná pohyb vzad. Po odpočítání výše uvedeného času je pohyb robota zastaven.

**GetColorValue** – funkce získá aktuální hodnotu z barevného senzoru. Tuto hodnotu porovná s předem definovanými hodnotami barev (žlutá, červená, modrá) a na základě shody zahraje melodii příslušící dané barvě. Pokud hodnota načtená z barevného senzoru nebude spadat do žádného z definovaných intervalů, funkce zahraje melodii čtvrtou.

**InitializationGyro** – po nastavení základních parametrů a pozice robota je zavolána tato funkce. Funkce má na starosti vyvažování robota v závislosti na aktuální pozici gyroskopu, vztažené k pozici základní. Základní pozice je počítána průměrem deseti hodnot pro každou osu robota po jeho postavení. Pro vyvažování robota při chůzi v reálném čase slouží funkce **CALLBACK**, jejíž definice následuje za definicí funkce aktuální.

Stejně jako v případě prvního programu je v hlavní funkci programu smyčka, kterou lze po každém jejím vykonání ukončit tlačítkem “U” na zadní straně robota. Při každém vykonání cyklu je robot nejdříve zastaven a jsou zhasnuty obě LED diody. Poté následuje smyčka, ve které je vykonáván pohyb vpřed, dokud robot nedosáhne vzdálenosti menší než 10 cm od nejbližšího předmětu. V závislosti na jeho vzdálenosti jsou rozsvěcovány LED diody – modrá pro vzdálenost menší než 15cm a oranžová pro vzdálenost v intervalu 15cm až 70cm. Ve chvíli, kdy robot dosáhne vzdálenosti od předmětu 15cm a menší, je vykonána chůze vpřed po dobu 0.768s, což odpovídá vzdálenosti robota od cílového předmětu 1.5 cm. Tato vzdálenost je potřeba pro správnou funkci barevného senzoru, který dokáže spolehlivě rozpoznat barvu v rozmezí 6-18mm.

Tak jako u programu č. 1, take v tomto případě byl použit vývojový diagram, který je znázorněn na obrázku 39.



Obrázek 39 Vývojový diagram programu č. 2

## 9 ZÁVĚR

Tato práce byla pojata jak z teoretického tak i z praktického hlediska. V části teoretické jsem čtenáře seznámil se stavebnicí Bioloid Premium kit od firmy Robotis, a to tak, abych jí sám porozuměl. Postupně jsem prošel všechny součástky a podrobně jsem se jim věnoval. Poté jsem se blíže věnoval použitelnému software pro samotné programování robota, kde jsem chtěl vyzkoušet implementovaný programovací jazyk od výrobce RoboPlus. V praktické části jsem následně složil robota Humanoid typ A dle návodu a osadil jej navíc diodovým modulem LM-10, senzorem barev CM-10 a kamerou HaViMo 2.0.

V rámci testování složeného robota jsem zjistil, že skrývá spoustu nedostatků. Testujeme-li robota v nějakém programu, po určitých intervalech se začnou uvolňovat servomotory od spojovacích částí. Tuto anomálii nejčastěji postihují klouby nohou, které jsou samozřejmě také nejvíce namáhané. Dále bylo pro spolupráci řídicí jednotky CM-530 a kamery HaViMo 2.0. zapotřebí RoboPlus Terminálu a nahrání nejnovější verze firmware, což proběhlo v pořádku, nicméně se následně robot dostal do stavu testing, ze kterého se ani po 12 hodinách nebyl schopen dostat. Naštěstí v tomto stavu nebyl robot funkční, ale připojení ke kameře přesto fungovalo v pořádku a bylo možné vytvořit LUT profily pro následnou práci s barvami.

Daný problém byl řešen na odborných fórech výrobce, a přesto vyřešen nebyl, zkrátka a dobře, někomu to šlo a někomu ne. Robot byl naprogramován ve dvou demo variantách, a to v programovacím jazyce RoboPlus Task, který využívá pohyby z Motion Editoru. Prvotní problém byl v práci s kamerou, jelikož za pomoci RoboPlus Task nebyla kamera HaViMo schopná spolupracovat s Gyroskopem. Tento problém bych v budoucnu řešil použitím jiného programovacího jazyka, který by byl sofistikovanější a nabízel širší využití dostupných periférií.



## 10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *RobotisPremium: User's Guide*. First edition. Korea: Robotis Co., Ltd., 2013.
- [2] Bioloid PREMIUM. In: *Www.megarobot.net* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.megarobot.net/www-megarobot-net/eshop/1-1-RYCHLANAVIGACE/1-2-Bioloid/5/1-Bioloid-PREMIUM>
- [3] ŘEPKA, Michal. Roboti ve škole pro praktickou výuku, motivaci i zábavu: Manipulátory a vozíky. In: *Www.sse-najizdarne.cz* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: [http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/u\\_text\\_mav.pdf](http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/u_text_mav.pdf)
- [4] BEDNÁŘ, Vladislav. Základy programování. In: *Www.sse-najizdarne.cz* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: [http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/v\\_prez\\_zp\\_2.pdf](http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/v_prez_zp_2.pdf)
- [5] Dynamixel AX-12A Robot Actuator. In: *Www.trossenrobotics.com* [online]. Downers Grove, 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.trossenrobotics.com/dynamixel-ax-12-robot-actuator.aspx>
- [6] ROBOTIS PREMIUM. In: *Www.megarobot.cz* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: [http://www.megarobot.cz/index.php?route=product/product&product\\_id=55](http://www.megarobot.cz/index.php?route=product/product&product_id=55)
- [7] ŘEPKA, Michal. Roboti ve škole pro praktickou výuku, motivaci i zábavu: Roboti. In: *Www.sse-najizdarne.cz* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: [http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/u\\_text\\_r.pdf](http://www.sse-najizdarne.cz/projekty/roboti/dokumenty/u_text_r.pdf)
- [8] RC-100A. In: *Support.robotis.com* [online]. 2010 [cit. 2016-03-27]. Dostupné z: [http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/communication/rc100\\_manual.htm](http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/communication/rc100_manual.htm)
- [9] Color Sensor CS-10. In: *Support.robotis.com* [online]. 2010 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/sensor/color\\_sensor.htm](http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/sensor/color_sensor.htm)
- [10] LED modul LM-10. In: *Www.megarobot.net* [online]. Praha [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.megarobot.net/www-megarobot-net/eshop/4-1-Senzory/0/5/48-LED-modul-LM-10>
- [11] IR Reciever IR-10. In: *Www.megarobot.net* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.megarobot.net/www-megarobot-net/eshop/4-1-Senzory/0/5/43-IR-Receiver-IR-10>
- [12] RoboPlus. In: *Support.robotis.com* [online]. 2010 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://support.robotis.com/en/software/roboplus\\_main.htm](http://support.robotis.com/en/software/roboplus_main.htm)
- [13] HaViMo2: Image Processing Module. In: *Www.pishrobot.com* [online]. Iran, 2010 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.pishrobot.com/files/products/datasheets/havimo2.pdf>
- [14] Produtos ROBOTIS Bioloid. In: *Comphaus.com* [online]. 2014 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://comphaus.com.br/home/?page\\_id=412](http://comphaus.com.br/home/?page_id=412)
- [15] Robotis Bioloid PREMIUM Kit. In: *Robosavvy.com* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <https://robosavvy.com/store/robotis-bioloid-premium-kit-4966.html>
- [16] In System Programming (ISP) ATmega128. In: *Eko-rudiawan.com* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://eko-rudiawan.com/in-system-programming-isp-atmega128/>



- [17] AX-12/ AX-12+/ AX-12A. In: *Support.robotis.com* [online]. 2010 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax\\_series/dxl\\_ax\\_actuator.htm](http://support.robotis.com/en/product/dynamixel/ax_series/dxl_ax_actuator.htm)
- [18] IR Sensor. In: *Support.robotis.com* [online]. 2010 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: [http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/sensor/irsensor\\_manual.htm](http://support.robotis.com/en/product/auxdevice/sensor/irsensor_manual.htm)
- [19] GS-12 gyro sensor. In: *Www.generationrobots.com* [online]. 2016 [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.generationrobots.com/en/400816-gs-12-gyro-sensor-robotis.html>
- [20] [www.amazon.com](http://www.amazon.com)

## 11 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 ROBOTIS PREMIUM - příklady robotů [13] .....	13
Obrázek 2 Nabídka součástí v základním balení [15] .....	14
Obrázek 3 Řídicí jednotka CM-530 [3] .....	15
Obrázek 4 Mikrokontrolér [16] .....	18
Obrázek 5 Servomotory AX-12A, jejich propojení přes ID k řídicí jednotce [5] .....	19
Obrázek 6 Servomotor Dynamixel AX-12A [5] .....	19
Obrázek 7 Servomotor AX-12A, ukázka hodnot stupňů [17] .....	20
Obrázek 8 DMS senzor [15] .....	20
Obrázek 9 IR senzor pro detekci překážek [18] .....	21
Obrázek 10 Závislost vysílané hodnoty senzoru na vzdálenosti [18] .....	21
Obrázek 11 Gyro senzor pro rovnováhu a stabilitu [19] .....	22
Obrázek 12 Bezdrátový ovladač RC-100A [8] .....	22
Obrázek 13 Ukázka nastavení hodnot tlačítek [8] .....	23
Obrázek 14 RC-100A, počátek změny vysílacího kanálu [8] .....	24
Obrázek 15 RC-100A, volba čísla pro vysílací kanál [8] .....	24
Obrázek 16 RC-100A, počet led bliknutí pro kontrolu zvoleného kanálu [8] .....	24
Obrázek 17 RC-100A, zjištění vysílacího kanálu [8] .....	25
Obrázek 18 Umístění modulu ZIG-110A do dálkového ovladače RC-100A [8] .....	25
Obrázek 19 Color Sensor CS-10 [9] .....	26
Obrázek 20 LED modul LM-10 [20] .....	26
Obrázek 21 IR-10 [11] .....	27
Obrázek 22 HaViMo2 [13] .....	27
Obrázek 23 Možnosti hardwarových konfigurací [13] .....	29
Obrázek 24 Ukázka programu RoboPlus pro jeho spuštění .....	31
Obrázek 25 Ukázka programu RoboPlus Task .....	32
Obrázek 26 Ukázka možnosti použití příkazů .....	32
Obrázek 27 Ukázka programu RoboPlus Manager při připojeném robotovi .....	33
Obrázek 28 Ukázka správy servomotorů AX-12A v programu RoboPlus Manager ...	33
Obrázek 29 Ukázka programu při připojeném robotovi .....	34
Obrázek 30 Ukázka programu při připojeném robotovi .....	35
Obrázek 31 Ukázka e-manuálu .....	36
Obrázek 32 Robot Humanoid typ A .....	37
Obrázek 33 Ukázka konstrukce nohy .....	38
Obrázek 34 Ukázka ruky .....	39
Obrázek 35 Umístění sensoriky .....	40
Obrázek 36 Využití předměty .....	41
Obrázek 37 Kód pro nastavení pozice servomotorů .....	45
Obrázek 38 Vývojový diagram programu č. 1 .....	48
Obrázek 39 Vývojový diagram programu č. 2 .....	50



## 12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Srovnání řídicích jednotek [3] .....	17
--	----



## 13 SEZNAM PŘÍLOH

Program 1 video – Pohyb v závislosti na barvě předmětu.mp4 komprimováno na zip

Program 1 zdrojový kód – Pohyb v závislosti na barvě předmětu.tsk komprimováno na zip

Program 1 LUT Tabulka pro CM-530 komprimováno na zip

Program 2 video – Rozpoznání barvy za pomoci senzoru barev.mp4 komprimováno na zip

Program 2 zdrojový kód – Rozpoznání barvy za pomoci senzoru barev.tsk komprimováno na zip