

# Využití stavebnice Lego při výuce

Usage brick box LEGO in education

Michal Pikner

---

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal PIKNER**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Využití stavebnice Lego při výuce**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se podrobně s možnostmi stavebnice LEGO
2. Seznamte se s programovými přístupy stavebnice LEGO.
3. V souladu s požadavky vedoucího bakalářské práce navrhnete konstrukci robota tak, aby byl při pohybu schopen detekovat překážky a reagovat na ně.
4. Navrhnete program pro ovládání činnosti robota v prostředí ROBO LAB.
5. Ověřte činnost navrženého robota a možnosti jeho využití ve výuce.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. ROBOLAB Getting Started: Učitelská příručka k programu Robolab.
2. <http://www.robotika.sk/>
3. <http://www.micromouseinfo.com/>
4. <http://www.eduxe.cz/>
5. <http://www.sweb.cz/seifrob/>
6. <http://www.skolenie.szm.sk/>
7. pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Building Robots with Lego Mindstorms.
8. pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Masterpieces Building and Programming.
9. pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Robotics Invention System 2 Projects.
10. pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Ultimate Builder Projects.

Vedoucí bakalářské práce:

**Mgr. Milan Adámek, Ph.D.**

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

**20. února 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**5. května 2008**

Ve Zlině dne 20. února 2008

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Tato práce pojednává o využití robotů, jejich rozdělení podle základních kritérií, konstrukčních možnostech a řídicích systémech. Je zde popsána stavebnice Lego MINDSTORMS NXT, její konstrukční prvky a programovací prostředí. V praktické části jsou sestrojeny dva modely robotů, popsána jejich konstrukce a funkce jejich řídicího programu.

Klíčová slova: robot, senzorický systém, pohybový systém, řídicí systém, Lego MINDSTORMS NXT

## **ABSTRACT**

This work deals with the exploitation of robots, their division according to the basic criterions, the constructive possibilities and the control systems. There is described the modular system Lego MINDSTORMS NXT in this work, its constructive items and the programming surrounding. In the practical part are construed two models of robots, there is described their construction and function of their control programme too.

Keywords: a robot, a sensory system, an active system, a control system, Lego MINDSTORMS NXT

Tímto vyjadřuji poděkování panu doc. Mgr. Milanu Adámkovi, Ph.D. za odborné vedení, neocenitelnou pomoc a korekci výsledné formy bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 O ROBOTECH</b> .....	<b>10</b>
1.1 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ .....	10
<b>2 KONSTRUKČNÍ SOUČÁSTI MOBILNÍCH ROBOTŮ</b> .....	<b>12</b>
2.1 MOTORICKÝ SUBSYSTÉM.....	12
2.1.1 Stejnoseměrný motor .....	12
2.1.2 Krokový motor .....	14
2.1.3 Servomotor .....	16
2.1.4 Servo motor NXT .....	16
2.2 SENZORICKÝ SUBSYSTÉM .....	17
2.2.1 Inkrementální senzor .....	17
2.2.2 Hallova sonda.....	17
2.2.3 Absolutní senzor.....	18
2.2.4 Taktilní senzor.....	18
2.2.5 Tlakový senzor NXT .....	19
2.2.6 Infračervený senzor .....	19
2.2.7 Světelný senzor NXT .....	20
2.2.8 Sonar .....	21
2.2.9 Ultrazvukový senzor NXT .....	22
2.2.10 Zvukový senzor NXT .....	22
2.3 ŘÍDICÍ SYSTÉMY .....	22
2.3.1 Řídicí systémy s PC.....	23
2.3.2 Řídicí systémy s Mikroprocesorem.....	23
2.3.3 Inteligentní LEGO® NXT kostka .....	25
<b>3 POPIS SYSTÉMU MINDSTROMS</b> .....	<b>26</b>
3.1.1 Blok displej .....	26
3.1.2 Blok cyklu .....	27
3.1.3 Blok pohybu .....	28
3.1.4 Blok záznamu / přehrávání.....	28
3.1.5 Blok zvuku .....	29
3.1.6 Blok přepínání .....	30
3.1.7 Blok čekání.....	30
3.1.8 Blok lampa .....	31
3.1.9 Blok motor .....	31
3.1.10 Blok motor 2 .....	31
3.1.11 Blok odeslaných zpráv .....	32
3.1.12 Blok světelný senzor .....	32
3.1.13 Blok světelný senzor 2 .....	32
3.1.14 Blok NXT tlačítek .....	33
3.1.15 Blok obdržených zpráv.....	33
3.1.16 Blok senzoru otáček .....	33
3.1.17 Blok senzor zvuku .....	34

3.1.18	Blok senzor teploty.....	34
3.1.19	Blok časovač .....	34
3.1.20	Blok dotykový senzor.....	34
3.1.21	Blok dotykový senzor 2.....	35
3.1.22	Blok ultrazvukový senzor.....	35
3.1.23	Blok stop .....	35
3.1.24	Blok porovnání.....	36
3.1.25	Blok logický .....	36
3.1.26	Blok matematický.....	36
3.1.27	Blok random.....	36
3.1.28	Blok vektor.....	37
3.1.29	Blok variable .....	37
3.1.30	Blok kalibrace .....	37
3.1.31	Blok pro převod čísel na text.....	38
3.1.32	Blok textu .....	38
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>POPIS ÚKOLŮ V PRAKTICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>40</b>
4.1	ÚKOL Č. 1 – ROBOTICKÁ RUKA .....	40
4.1.1	Princip činnosti programu .....	41
4.1.2	Popis programu .....	43
4.2	ÚKOL Č.2 – MOBILNÍ ROBOT .....	45
4.2.1	Princip činnosti programu .....	45
4.2.1	Popis programu .....	49
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>55</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>57</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>61</b>

## ÚVOD

V současnosti asi každý ví, že slovo Robot znamená samostatně pracující stroj, který je schopný vykonávat zadané úkoly. Jejich studiem, návrhem a konstrukcí se zabývá robotika.

V současné době využití robotiky neustále roste. Ve světě je užíváno velké množství robotů především v průmyslovém odvětví. Jsou to hlavně manipulátory nejrůznějších typů od jednoduchých, které dokážou přemísťovat různě velké předměty až po konstrukčně složité mechanismy, které dokážou svou činností imitovat činnost lidskou.

Roboti jsou zde rozděleni podle dvou hlavních kategorií na mobilní a imobilní. Imobilní roboti jsou pevně spjati s podložkou na které pracují. Využívají se především v průmyslu. Mobilní roboti se dokážou samovolně pohybovat po okolí a reagovat na něj. Jejich využití je široké. Od vojenské po vesmírnou techniku.

Tato práce je složena ze dvou částí a to teoretické a praktické. V teoretické je popsáno rozdělení robotů podle základních kritérií. Senzorické, pohybové a řídicí systémy jsou popsány v kapitole o konstrukčních součástech robotů. Poslední kapitola v teoretické části se zabývá programovacím prostředím Lego MINDSTORMS NXT a popisuje možnosti programu s jeho komponenty.

Praktická část je rozdělena na dva úkoly. Prvním úkolem je navrhnout, sestavit a naprogramovat imobilního robota. Pro realizaci byla zvolena robotická ruka, která by měla přemístit dva míčky o různých barvách. Dalším návrhem pro druhý úkol je mobilní robot, jehož koncepce by měla umožnit samostatný pohyb po nakreslené křivce. Měnit rychlost v závislosti na vzdálenosti robota od překážky a pomocí předem nastavené intenzity zvuku uvést robota do stavu start / stop.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 O ROBOTECH

Většina robotů jsou elektromechanické stroje, které dokážou vnímat signály ze svého okolí a dokážou na tyto signály reagovat.

### 1.1 Rozdělení robotů

Základní rozdělení robotů je na imobilní a mobilní.

Imobilní roboti se používají převážně ve strojním průmyslu. Imobilní znamená, že jsou pevně nainstalováni na místě svého pracoviště. Tito roboti jsou využíváni například na automatických linkách pro osazování různých součástí, sváření, vrtání, nanášení barev atd.

Mobilní robot je takový robot, který se dokáže volně pohybovat po prostoru. Mezi základní rozdělení zaměřené na způsob řízení patří – autonomní a dálkově řízené. U autonomně řízených robotů se předpokládá schopnost samostatně vykonávat zadaný úkol. Např. Schopnost při přemísťování z bodu A do bodu B rozeznat překážku a vyhnout se jí, nebo pomocí optických senzorů určit barvu předmětu, se kterým má být manipulováno. Výpočet trasy pomocí Bug algoritmů, které nám slouží k určení cesty robota v neznámém prostředí pomocí souřadnic počáteční a cílové polohy ve 2D rovině. U dálkově řízených robotů je obsluha na operátorovi, který zná prostor, v němž se robot pohybuje. Např. u modelů letadel má operátor vizuální kontakt s letadlem, ale i u dálkově řízených robotů by mělo být řízení částečně autonomní, protože se může stát, že dojde ke ztrátě komunikace s operátorem. Takový robot se nazývá semiautonomní.

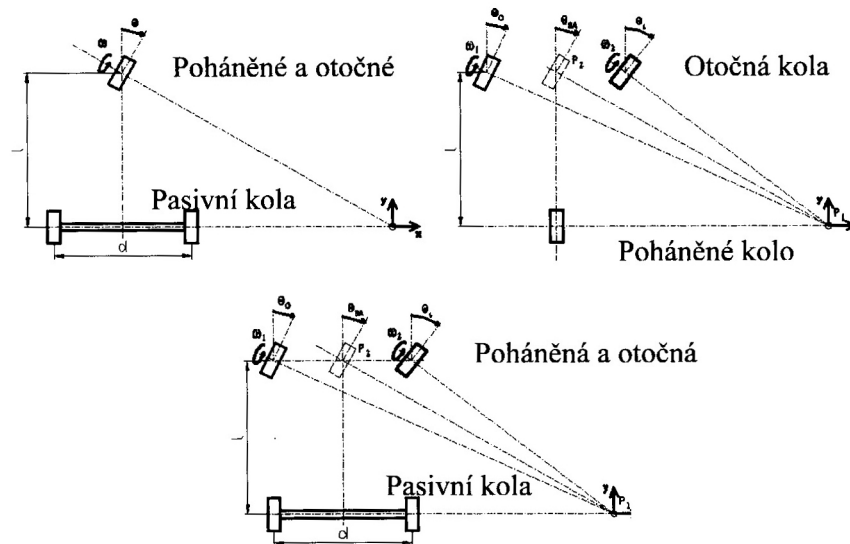
Dále dělíme roboty podle prostředí, ve kterém se pohybují na: Aquatic – prostředí voda, Space – vesmírné prostředí, Terrestrial – po souši, indoor a outdoor – vnitřní a vnější prostředí.

Dle účelu na: vojenské, lékařské, montážní, průzkumné, manipulační, pro zábavu.

Typy pohybového subsystému u Terrestrial robotů jsou: pásové, kráčející, šplhací, kolové, plazivé a hybridní.

Nejrozšířenější způsob pohybu robotů je kolový. Kola se dělí na pasivní a aktivní. Z konstrukčního hlediska na kola: standardní, všesměrová, článkové, Weinsteinovy a netradiční.

Další parametr kol je stupeň volnosti. Běžně používaná jsou kola s 1 nebo 2 stupni volnosti. U jednoho stupně volnosti je to otáčení (rotování) kola kolem své osy – hřídele a u 2 stupňů volnosti je otáčení jak kolem své osy, tak kolem osy např. k ní kolmé.



Obr. 1 Ukázka Ackermanového pohonu kol - 2. stupně volnosti.

Pásoví roboti mají uplatnění v celé řadě konstrukcí a slouží převážně pro speciální aplikace. Pásové pohony bývají využívány převážně v outdoor prostředí. U indoor prostředí se využívají pro pohyb do nebo ze schodů a tam, kde potřebujeme vyšší stabilitu robota. Řízení pohybu je smykové. Využívají se ve stavebnictví, vojenství, u policie, při práci s nebezpečným materiálem, při průzkumu neznámých terénů.

Kráčející roboti jsou rozděleni do skupin podle počtu nohou, podle provedení nohou-savec, hmyz. Nejčastěji se vyskytují roboti na dvou a šesti nohou. Dvounozí roboti se snaží napodobit člověka a dokáží překonávat schodiště a značně nerovný terén. U nejmodernějších robotů najdeme perfektní stabilizační vlastnosti a manévrovatelnost. Šestinohé verze jsou kompromisem mezi 4 a 8 nohými verzemi (levnější a snadnější software). Jsou používány v prostředích s vysoce členitým terénem.

Šplhaví a plaziví roboti se vyznačují štíhlým tělem. Jejich pohyb vychází z živočichů. Počet článků robota se odvíjí od aplikací, k nimž má být použitý, a pohybuje se od několika jednotek až desítek kusů. Uplatnění pro průzkum potrubí a úzkých prostorů.

U hybridních robotů se podvozek skládá z různých kombinací předchozích pohybových subsystémů. [1]

## 2 KONSTRUKČNÍ SOUČÁSTI MOBILNÍCH ROBOTŮ

Získání vstupních veličin nám zprostředkovávají senzory. Senzor je zařízení, které umožňuje měřit určitou vlastnost prostředí. Tímto senzorem může být například spínač, který lze použít jako senzor pro nalezení překážky.

Výstupní veličiny se nazývají efektory a umožňují robotovi vykonávat zadaný úkol. Patří sem převážně motory a serva, ale i LED dioda může být efektor.

Hlavní součástí robota je „mozek“, nebo-li mikrokontroler. Je to malý integrovaný obvod se spoustou pinů. Programem běžícím na mikrokontroleru můžeme zjišťovat informace na vstupních pinech a reagovat na ně na pinech výstupních.

### 2.1 Motorický subsystém

Součástí pohybového subsystému tvoří motory robotů. Nejčastěji se u mobilních robotů používají rotační elektromotory a pro vyšší výkony elektrohydraulické motory. U malých školních robotů se využívá krokových motorů a modelářského serva.

#### 2.1.1 Stejnoseměrný motor

Často používaným typem je stejnosměrný motor s permanentním magnetem, kvůli poměru výkon/hmotnost, nízké ceně a snadnému řízení otáček. U většiny stejnosměrných motorů jsou dvě vývody pro připojení elektrického napětí. Po přiložení jmenovitého napětí se nezatížený motor roztočí do jmenovitých otáček, rychlost otáček lze měnit změnou velikosti napětí na vývodech motoru. Změnu směru otáčení docílíme změnou polarity napájecího napětí.

Stejnoseměrné motory se skládají ze statoru a rotoru. Stator se skládá s drážek s kartáči, pomocí kterých je předáváno elektrické napětí na komutátor, a z feromagnetického pláště. Na hřídeli rotoru se nachází komutátor, ke kterému je připojeno vinutí rotoru, které je namotáno na žlábcích permanentních plechů.

Princip činnosti stejnosměrného motoru je takový, že otáčení rotoru je způsobeno silou  $F=ILB$ , která vytváří silový moment  $M$  na závitech  $W$ . Tyto síly jsou dvě navzájem opačné. Jelikož každý závit působí momentem  $M$ , pak celkový moment  $M$  je :

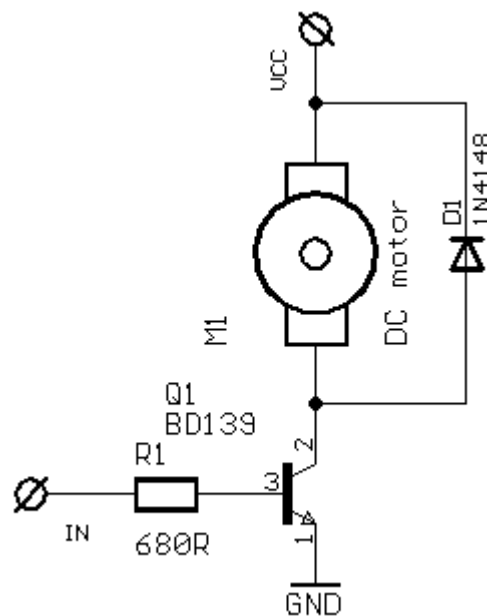
$$M = NIBA \sin \theta \quad (1)$$

Účinnost stejnosměrných motorů je pro velké motory kolem 0,9 a pro malé kolem 0,5-0,75. Lze ji určit poměrem výstupního výkonu ku vstupním příkonu.

$$\eta = \frac{P_{\text{výstupní}}}{P_{\text{vstupní}}} \quad (2)$$

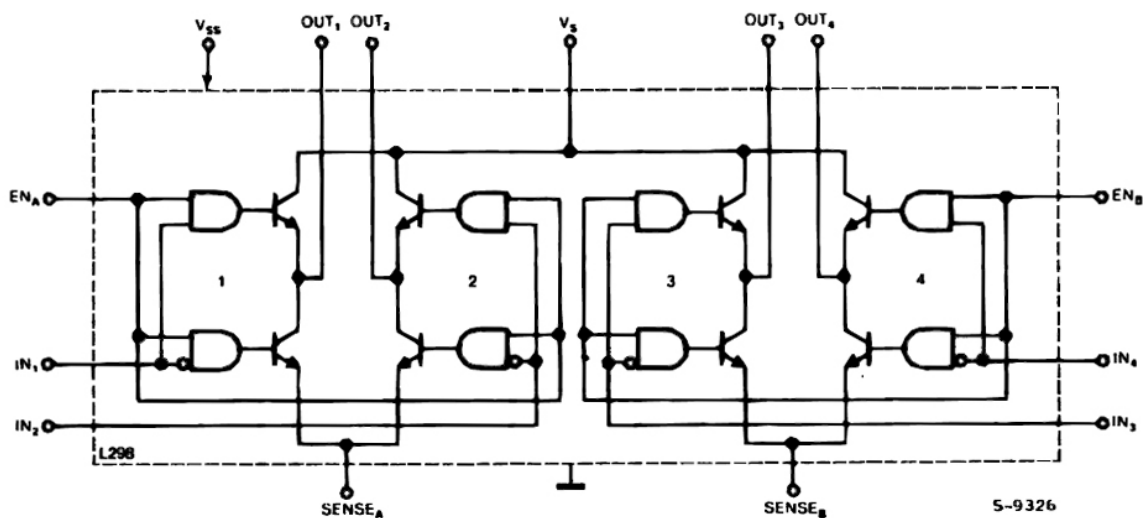
Řízení otáček lze ovlivnit změnou napájecího napětí na motoru. Tím sice změníme rychlost otáček, ale taky hodnotu momentu  $M$ . Avšak v případě robotiky je většinou potřeba snížení otáček a zvýšení momentu  $M$ . To se provádí pomocí mechanických převodovek. Účinnost převodovky bývá podle typu převodového poměru mezi 60 až 95%.

K základním budícím obvodům stejnosměrných motorů patří jednokvadrantový proudový regulátor - *Obr. 2*. Otáčky lze řídit pouze v jednom směru. Výhodou je slabé rušení a nízká cena.



*Obr. 2 Jednokvadrantový proudový regulátor otáček*

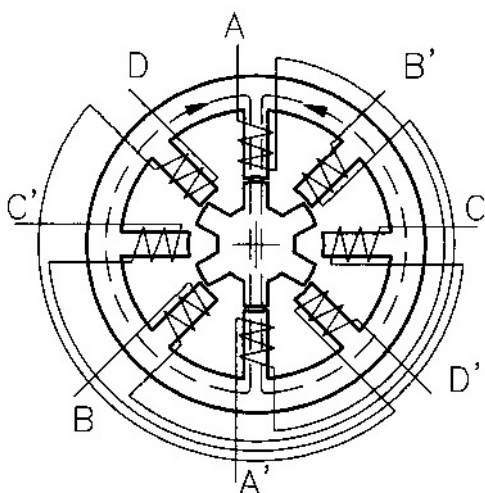
Další možností řízení otáček motoru je pomocí integrovaného obvodu L298N s vnitřním zapojením na *Obr. 3*, který pracuje s PWM. Výhody tohoto řízení jsou vysoká účinnost a nízké výkonové ztráty. Nevýhodou je vznik elektromagnetického rušení.



Obr. 3 Vnitřní zapojení obvodu L298N

### 2.1.2 Krokový motor

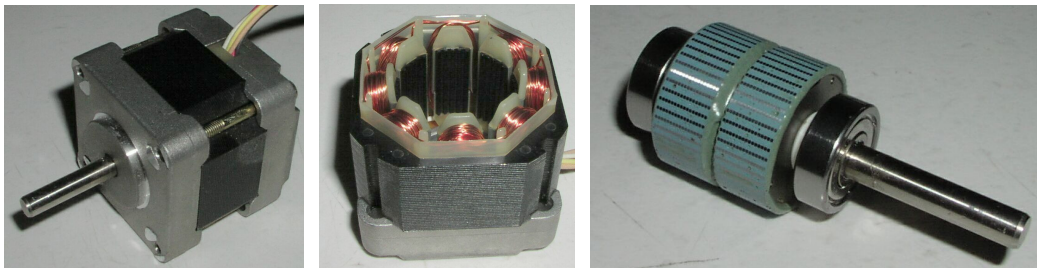
Krokové motory mají hlavní užitek tam, kde chceme přesně nastavit úhel pootočení. Například u tiskáren, kovo obrábění, v leteckém průmyslu atd. Princip krokového motoru je založený na přepínání proudu v cívkách statoru, který vytváří magnetické pole, a tím přitahuje rotor.



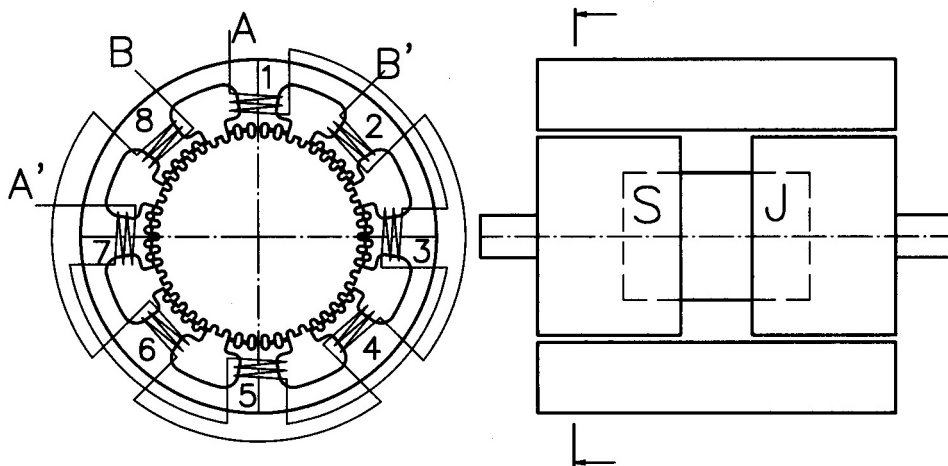
Obr. 4 Schéma zapojení cívek pro krokový motor s pasivním rotorem

Na *Obr. 4* je schéma zapojení cívek pro krokový motor s pasivním rotorem. U tohoto motoru je úhel kroku  $15^\circ$ . Stator obsahuje 4 páry protilehlých cívek, z nichž každá protilehlá dvojice je zapojena do série, a tím vytváří jižní a severní pól.

Dalším druhem krokových motorů je hybridní krokový motor -*Obr. 5*. Je to jeden z nejpoužívanějších krokových motorů. Od předchozího se liší zapojením statorových vinutí a rotorem, do kterého je zalisován permanentní magnet, jak je vidět na *Obr. 6*. Princip motoru je založený na napájení fáze A, která vytváří na 1. a 5. cívce statoru jižní pól a na 3. a 7 pól severní, rotor je přitahován polarizovanými cívkami. Pro pootočení motoru je potřeba přepnutí na fázi B a podle polarity napájecího proudu ovlivňujeme směr pootočení rotoru.



*Obr. 5 Hybridní dvoufázový krokový motor*



*Obr. 6 Schéma zapojení cívek pro krokový hybridní motor*

K buzení krokových motorů existuje několik variant: Buzení u napěťového zdroje, buzení vnuceným proudem, pulzní proudový zdroj-chopper a velké zastoupení mají integrované obvody, z nichž lze uvést například L297, L6506, mikrokontrolér AMIS- 30622.

### 2.1.3 Servomotor

Servomotor se skládá z motoru, elektroniky, převodovky a potenciometru umístěného na výstupní hřídeli, který nám slouží jako zpětná vazba. Většina servomotorů má úhel natočení  $\pm 90^\circ$ . Princip servomotoru je takový, že je na vstup přiveden řídicí impuls. Ten je porovnán s impulzem, který byl vygenerován z polohy potenciometru. Pomocí rozdílu obou impulsů je uveden motor do chodu. Motor je v chodu, dokud se délka vstupního a zpětnovazebního impulsu nerovná.



*Obr. 7 Ukázka modelářského servomotoru*

### 2.1.4 Servo motor NXT

Servo motor s vestavěným rotačním senzorem pro měření rychlosti, vzdálenosti a zpětnou vazbu k NXT. Řízení motoru lze provádět s přesností na jeden stupeň. Na stejnou rychlost otáčení je možné naprogramovat i více motorů. [7]



*Obr. 8 Servo motor NXT*

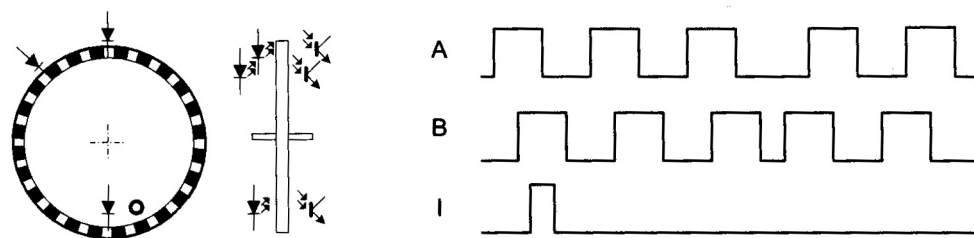


## 2.2 Senzorický subsystém

Senzor je zařízení, které poskytuje řídicímu subsystému vstupní údaje. Sensory lze dělit na interní a externí. Interní senzory měří parametry v robotu, externí měří parametry v okolí robota.

### 2.2.1 Inkrementální senzor

Patří do skupiny interních senzorů, hlavní použití mají pro zjišťování rychlosti a polohy. Mají dobrou rozlišovací schopnost a nízkou hmotnost. Funkce je založena na LED diodě a fototranzistoru. Mezi nimi jsou dvě mezikruží, z nichž jedno je pevné a druhé otáčivé. LED dioda emituje světlo přes obě mezikruží, tohle světlo je přijímáno fototranzistorem jako kvazi-sinusový signál, který je poté převeden pomocí komparátoru na obdélníkový. Pro zjištění směru otáčení je potřeba opatřit kotouče ještě jedním segmentem s ryskami posunutými vůči ryskům prvního segmentu, k němuž patří další fotosenzor.

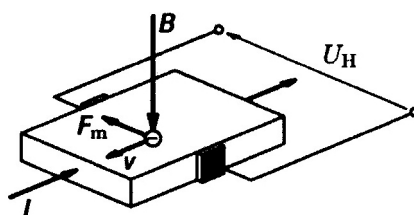


Obr. 9 Princip inkrementálního senzoru

### 2.2.2 Hallova sonda

Dalším často používaným interním senzorem je Hallova sonda. Využívá Hallova jevu – vznik elektrického napětí  $U_H$  na bocích vodivého materiálu, kterým protéká proud  $I$  a působí na něho magnetická indukce  $B$ . Toto napětí  $U$  je přímo úměrné proudu  $I$ , magnetické indukci  $B$  a nepřímo úměrné tloušťce pásky  $d$ . [2]

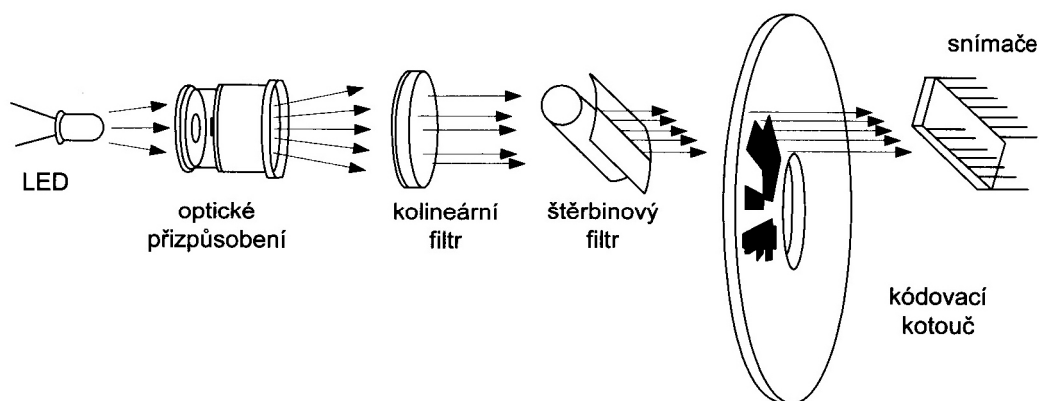
$$U_H = \tilde{R} \frac{IB}{d}$$



Obr. 10 Hallův jev

### 2.2.3 Absolutní senzor

Výhodou tohoto senzoru je, že výstupní hodnota nám udává přímo natočení kotouče. Rozsah natočení je 0 - 360°. Princip kódování je takový, že svazek optických paprsků procházející přes kódovací kotouč nám na snímači udává digitální informaci o poloze v binární hodnotě.



Obr. 11 Části absolutního senzoru

### 2.2.4 Taktilní senzor

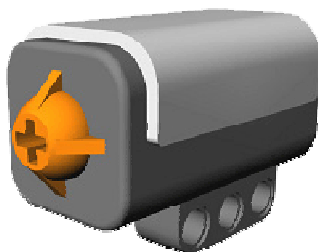
Patří sem tlačítka, tenzometry a piezoelektrické senzory. Tlačítka patří k nejjednodušším typům senzorů. Při aktivaci dojde k zapnutí nebo rozepnutí elektrického obvodu, a tím i ke změně logické úrovně. Pokud je tlačítko v neaktivním stavu, tak na výstupu je logická 1, pokud se tlačítko sepne, výstup se invertuje. Takhle zvolené logické úrovně jsou proto, že vstupy mikrokontrolerů jsou většinou aktivní na logické úrovni 0. Díky tomu můžeme připojit tlačítka přímo na vstupy mikrokontroleru. Pokud potřebujeme připojit více tlačítek, než má mikrokontroler vstupů, můžeme použít multiplexer nebo dekodér.



Obr. 12 Ukázka mikrotlačítek

### 2.2.5 Tlakový senzor NXT

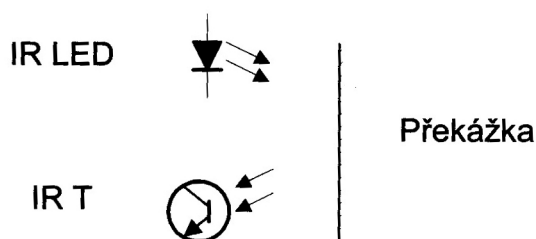
Použitím s NXT kostkou indikuje tlakový senzor stlačení, eventuálně stlačení a uvolnění. Senzor může být použit jako čítač stlačení či uvolnění sensorového tlačítka. [7]



Obr. 13 Tlakový senzor NXT

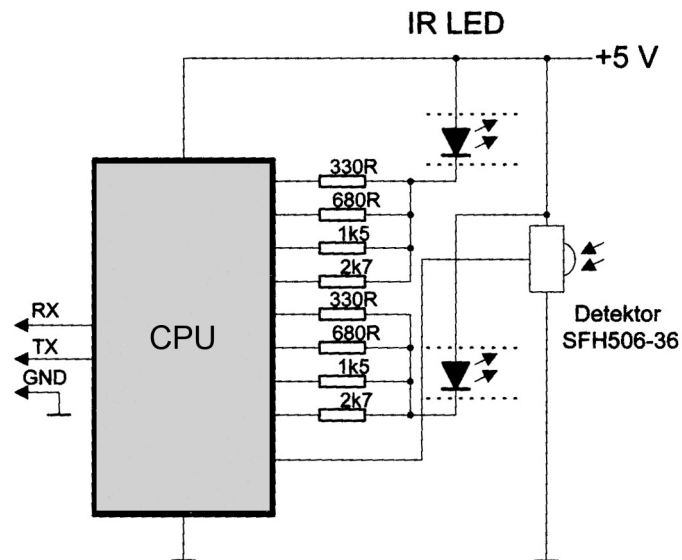
### 2.2.6 Infračervený senzor

Je určený k detekování překážek v nízké vzdálenosti. Infračervenou LED diodou je emitováno světlo, které se při detekci překážky odrazí zpět do infra fototranzistoru nebo fotocitlivé infra diody. Tímto principem detekujeme logický signál. Velikost odražených paprsků se liší v závislosti na tvaru a barvě povrchu, od něhož se odráží. Kvůli zabránění rušivých vlivů je vysílaný signál modulován, a poté zpětně přijímacím zařízením demodulován.



Obr. 14 Princip detekce překážky

Zjistit vzdálenost objektu od senzoru můžeme například řízením výkonu emitovaného IR světla tak, že budíme IR LED diodu od nejnižšího jmenovitého proudu až do maximálního. Tímto způsobem zjistíme vzdálenost s přesností na danou úroveň emitovaného IR světla. Abychom rozdělili úrovně výkonu IR světla, můžeme použít D/A převodník na *Obr. 15*



*Obr. 15 Levý a pravý IR detektor s 16 úrovní rozlišení včetně směru*

### 2.2.7 Světelný senzor NXT

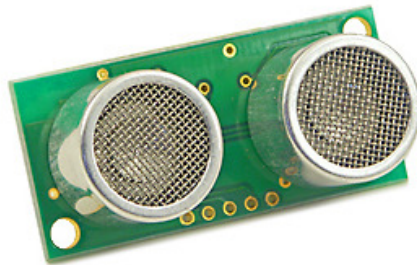
Použitím s NXT kostkou světelný senzor zaznamenává světlo, tmu i úroveň světla v prostředí. Díky zabudovanému zdroji světla může zaznamenávat i odrazivost. [7]



*Obr. 16 Světelný senzor NXT*

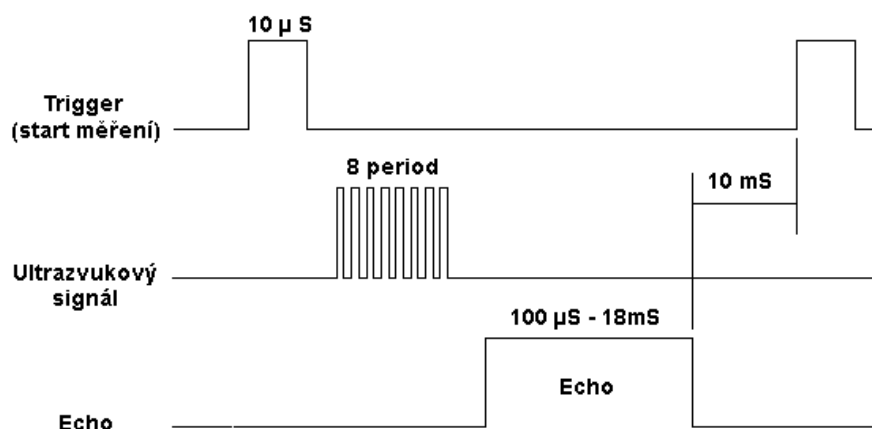
### 2.2.8 Sonar

Sonar pracuje na principu měření doby mezi zasláným akustickým signálem a příjmem jeho odrazu (echa). Nejpoužívanější frekvencí je 40 kHz. Nevýhodou je vysoké rušení, které omezuje dosah na desítky metrů, v běžných modelech je to okolo 10m. Problémem u sonaru je, že když signál dopadne na předmět ostrým úhlem, odrazí se směrem od senzoru a může se vrátit odrazem od jiné překážky. Tím nám předá mylnou informaci o poloze předmětu. Tento jev se nazývá zrcadlový odraz. Druhým problémem může být zachycení signálu z jiného senzoru. Problém se řeší sériovým měřením těchto signálů v časových prodlevách.



Obr. 17 Sonar - SRF04

Princip sonaru SRF04 – Na vstup sonaru přivedeme impuls o minimální délce trvání 10  $\mu$ S. Ten vyšle ultrazvukový signál a čeká na „Echo“. Vzdálenost sonaru od překážky je dána polovině délky echa vynásobeného rychlostí zvuku.



Obr. 18 Časový diagram sonaru SRF04

### 2.2.9 Ultrazvukový senzor NXT

Použitím s NXT kostkou detekuje ultrazvukový senzor objekty a měří v cm anebo palcích jejich vzdálenost. [7]



*Obr. 19 Ultrazvukový senzor NXT*

### 2.2.10 Zvukový senzor NXT

Použitím s NXT kostkou měří zvukový senzor úroveň hladiny zvuku v dB a dBA. Dokáže rozlišit druh zvuku a tón. [7]



*Obr. 20 Zvukový senzor NXT*

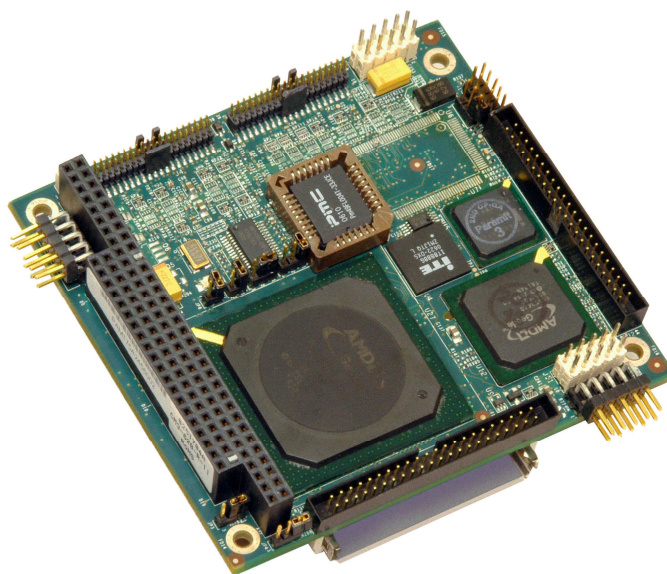
## 2.3 Řídicí systémy

Je to systém, který umožňuje zpracovávat výstupní signály ze senzorů a reagovat na ně například pomocí námi vytvořeného programu. Na trhu je mnoho možností pro výběr

řídícího systému. Při jeho výběru je důležité brát ohled na mnoho faktorů robota, jedním z nich je prostředí, v němž se robot pohybuje. Z toho plynou požadavky řídicího systému (pracovní teplota, vibrace, vlhkost). Dalším parametrem je, aby řídicí systém dokázal obsluhovat námi zvolené senzory a pohybový subsystém.

### 2.3.1 Řídicí systémy s PC

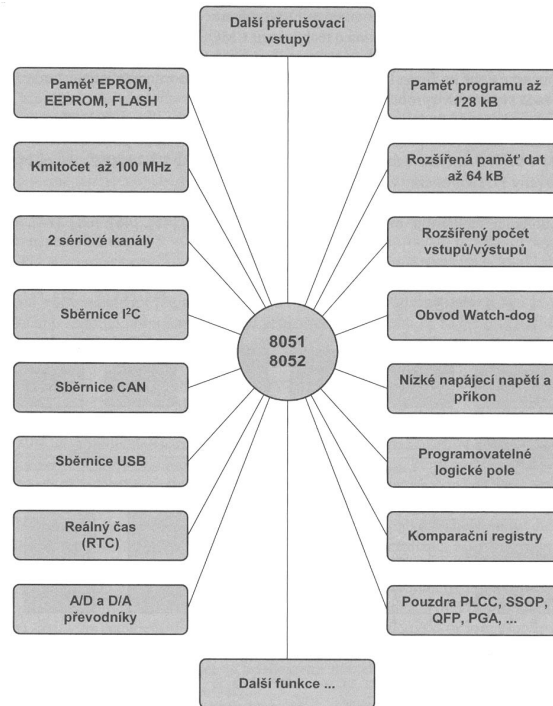
Tyhle moduly se používají zejména pro měření a sběr dat v průmyslu. S mezinárodní normou IEEE966.1 je zde modul PC104 s rozměry 91 x 91 x 15 mm. Například řada PCA-1282 je vybavena 8 analogovými vstupy, 12 bitovým A/D převodníkem, vstupním rozsahem 0-2.5V, výstupním rozsahem 0-2.5V, 8 digitálními vstupy a výstupy, čtyřmi 32 bitovými čítači a procesorem s taktem 500 MHz. Komunikace je zde možná po RS232.



*Obr. 21 PC 104 modul*

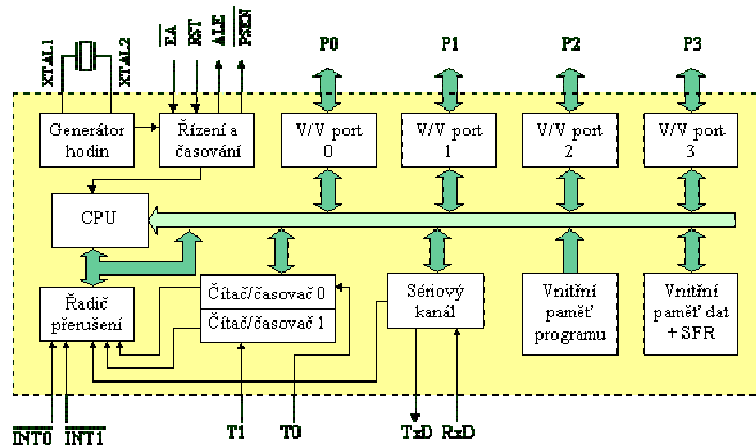
### 2.3.2 Řídicí systémy s Mikroprocesorem

Celosvětově rozšířenými a oblíbenými mikroprocesory jsou obvody odvozené z typu Intel 8051/52. I když je architektura 8051/52 poněkud stará, stále patří k oblíbeným typům mikroprocesorů díky jeho spolehlivosti a podpoře. Od jeho vzniku prošel mnohými vylepšeními, novými periferiemi a vzniklo mnoho variant. Kmitočet se mění podle variant a výrobců od 12 MHz po 100 MHz. Na *Obr. 22* je ukázka rozšíření jádra 8051/52 o další periferie.



Obr. 22 Další subsystemy rozšiřující jádro 8051/52

Obr. 23 zobrazuje vnitřní blokové schéma mikroprocesoru 8051. Po připojení piezokeramického krystalu na svorky XTAL1 a XTAL2, resetovacího signálu na svorku RST a napájecího napětí 5V, je procesor schopen samostatné činnosti. Pokud bychom chtěli používat vnější paměť programu, musíme nastavit na vstup EA logickou 0. Velmi oblíbenými mikroprocesory v České Republice se staly mikroprocesory značky Atmel. Vyznačují se především integrovanou elektricky přepisovatelnou pamětí FLASH a pamětí RAM o rozumné velikosti. [1]



Obr. 23 Blokové schéma jádra mikroprocesoru 8051



### 2.3.3 Inteligentní LEGO® NXT kostka

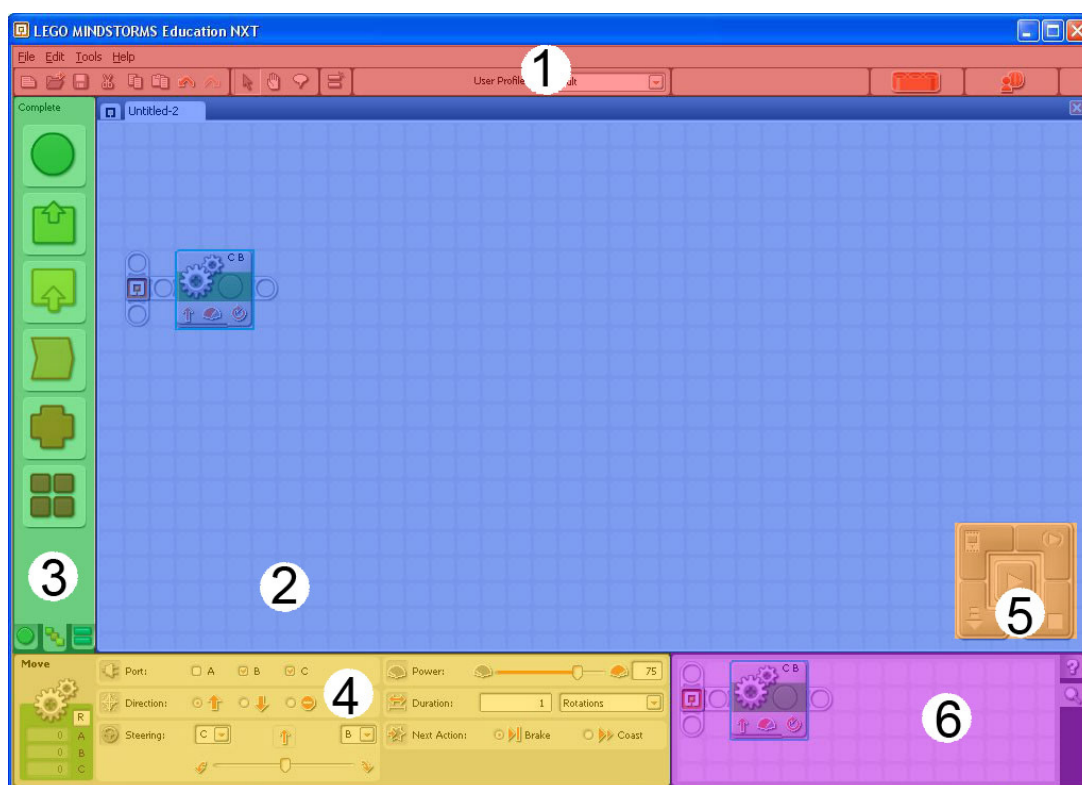
Programovatelná 32-bit kostka s Bluetooth bezdrátovou komunikací anebo možností připojení k 2.0 USB portu. Výbavou je maticový display (60x100 px), 4 vstupní a 3 výstupní porty na 6 vodičové digitální platformě a 8 KHz reproduktor. Pomocí čtyř tlačítek lze kostku a připojená zařízení testovat a omezeně řídit.[7]



*Obr. 24 Inteligentní LEGO® NXT kostka*

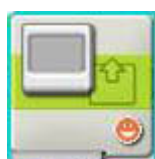
### 3 POPIS SYSTÉMU MINDSTROMS

Vývojové prostředí se skládá z hlavního menu 1. na němž najdeme běžně užívané funkce jako je Ulož soubor, Otevři soubor, Vyjmout, krok zpět i v před, Help, ale i možnost kalibrace senzorů a update NXT firmware. Další částí pracovního prostředí je 2. pracovní plocha na níž se vkládají funkční bloky, 3. panel funkčních bloků, 4. panel vlastností funkčního bloku, 5. panel řízení a 6. panel help. Vlastní program se tvoří vkládáním funkčních bloků propojených pomocí výchozího bodu, každý blok má své vlastnosti, pomocí kterých můžeme měnit program tím i chování robota. Panel řízení slouží ke komunikaci mezi NXT modulem a počítačem.



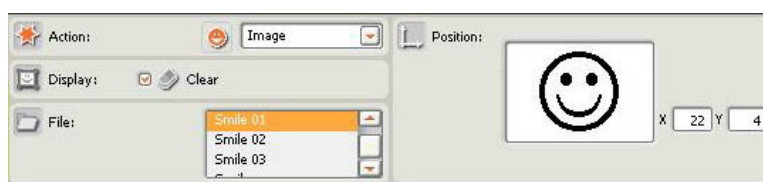
Obr. 25 vývojové prostředí programu MIDSTORMS NXT

#### 3.1.1 Blok displej



Obr. 26 Blok displej

Slouží nám k zobrazování obrázků a k výpisu textu na displej NXT modulu. Panel vlastností se skládá z několika palet. Paleta Action nabízí zobrazení obrázků, textu, kreslení a resetování displeje. Paleta Display s položkou Clear slouží k vymazání předchozího displeje. Paleta Position má dvě vstupní proměnné X a Y pro zadání pozice v pixelech. Poslední paleta se mění v závislosti na zvoleném prvku z palety Action a může zde být paleta File pro výběr obrázků ze souboru, paleta Text s textovým polem pro zadání textu nebo paleta Type pro výběr kresby čáry, kruhu nebo bodu. [13]



Obr. 27 Panel vlastností

### 3.1.2 Blok cyklu



Obr. 28 Blok cyklu

Tímto cyklem se může určitý kód uvnitř smyčky opakovat. Pro ukončení opakování je na výběr z těchto možností : Nekonečná smyčka Forever, konec opakování pomocí senzoru, zde si můžeme zvolit typ senzoru a nastavit jeho vlastnost, při které se smyčka ukončí. Další možností je čas běhu smyčky – Time. Nastavuje se v sekundách. Poslední dvě možnosti jsou počet cyklů – Count a logická úroveň. [13]



Obr. 29 Panel vlastností

### 3.1.3 Blok pohybu



Obr. 30 Blok pohybu

Tímto blokem je možné ovládat funkci motorů. V panelu vlastností jsou palety Port pro výběr portu s motorem, Direction pro určení směru otáčení, Steering pro vyvážení motorů, například při změně směru, Power nastavuje rychlost otáčení, v Duration si můžeme zvolit dobu otáčení, a to buď bez limitu, v sekundách, stupních a otáčkách. Poslední paleta Next Action umožňuje nastavit ukončení akce otáčení buď zastavením, nebo pozvolným zastavením. [13]



Obr. 31 Panel vlastností

### 3.1.4 Blok záznamu / přehrávání



Obr. 32 Blok záznamu / přehrávání

Pomočí tohoto bloku jsem schopni zaznamenat pohyb motoru v určitém zvoleném čase a poté ho v kódu kdykoli zopakovat. Paleta Action nám nabízí na výběr buď záznam nebo přehrávání záznamu. Name je pro zadání názvu záznamu, Recording pro výběr motorů, u kterých se bude zaznamenávat pohyb, a Time pro zadání délky záznamu. [13]



Obr. 33 Panel vlastností

### 3.1.5 Blok zvuku



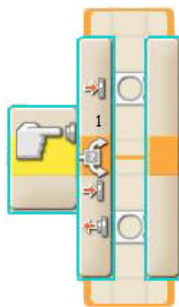
Obr. 34 Blok zvuku

Slouží k přehrávání zvuků z nabídky. V Akcion jsou na výběr zvuky ze souboru, které se zobrazí v paletě File, nebo tóny v paletě Note spolu s klávesami. Control je pro zahájení nebo ukončení přehrávání. Volume pro nastavení hlasitosti, Function pro opakování. Wait pro určení, jestli má dál přehrávat záznam, i když program pokračuje. [13]



Obr. 35 Panel vlastností

### 3.1.6 Blok přepínání



Obr. 36 Blok přepínání

Slouží k rozvětvení programu za určité podmínky, kterou nám může definovat hodnota nebo senzor. U senzorů se nastaví vlastnosti dle požadavku na podmínku. U hodnoty si vybereme logickou hodnotu, číslo nebo text. [13]



Obr. 37 Panel vlastností

### 3.1.7 Blok čekání



Obr. 38 Blok čekání

Tento blok umožňuje spustit čekání, a to buď dokud neuplyne čas zadaný uživatelem v panelu vlastností nebo dokud definovaný senzor na určitém portu nezaznamená nastavenou vlastnost. [13]



Obr. 39 Panel vlastností

### 3.1.8 Blok lampa



Obr. 40 Blok lampa

Je určený pro vytvoření světla o určité intenzitě. Lze zvolit port připojení lampy, intenzitu a zapnutí nebo vypnutí. [13]

### 3.1.9 Blok motor



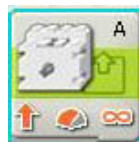
Obr. 41 Blok motor

Má stejné vlastnosti jako blok pohybu, ale nedá se zde volit Steering pro vyvážení motorů. [13]



Obr. 42 Panel vlastností

### 3.1.10 Blok motor 2



Obr. 43 Blok motor 2

Zde se dá nastavit pouze port, směr otáčení a rychlost. [13]

### 3.1.11 Blok odeslaných zpráv



Obr. 44 Blok odeslaných zpráv

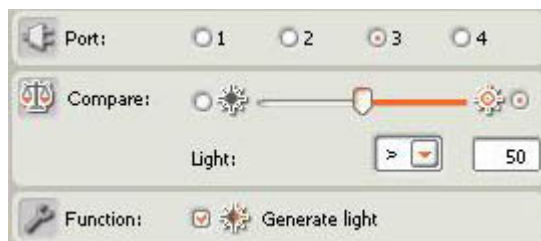
Tento blok slouží pro zasílání zpráv na další NXT. Jde zde zvolit číslo spojení, message a mailbox. [13]

### 3.1.12 Blok světelný senzor



Obr. 45 Blok světelný senzor

Slouží k rozpoznání barev ve stupních šedi. Je zde výběr portu, paleta Compare pro nastavení vektoru stupňů šedi, který nám vrátí hodnotu True a Function pro zapnutí generování světla. [13]



Obr. 46 Panel vlastností

### 3.1.13 Blok světelný senzor 2



Obr. 47 Blok světelný senzor 2

Má podobné vlastnosti jako předchozí, jen se u něj nedá nastavit generování světla. [13]



### 3.1.14 Blok NXT tlačítek



*Obr. 48 Blok NXT tlačítek*

Slouží pro snímání tlačítek na NXT modulu. Na výběr je zde pravé, levé tlačítko a enter. [13]

### 3.1.15 Blok obdržených zpráv



*Obr. 49 Blok obdržených zpráv*

Slouží pro obdržení zaslanych zpráv blokem odeslaných zpráv. Výstupem může být porovnání textu nebo samotný text. [13]

### 3.1.16 Blok senzoru otáček



*Obr. 50 Blok senzoru otáček*

Slouží pro snímání počtu otáček motoru. Dle zvoleného portu může buď číst počet otáček nebo jej resetovat. Může také porovnávat směr otáček ve stupních nebo otáčkách. [13]



*Obr. 51 Panel vlastností*

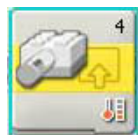
### 3.1.17 Blok senzor zvuku



*Obr. 52 Blok senzor zvuku*

Tento senzor pracuje na porovnávání námi nastavené hodnoty intenzity zvuku a intenzity ze senzoru. [13]

### 3.1.18 Blok senzor teploty



*Obr. 53 Blok senzor teploty*

Senzor slouží pro porovnání teploty. Lze nastavit buď °C nebo Fahrenheit. [13]

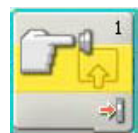
### 3.1.19 Blok časovač



*Obr. 54 Blok časovač*

Je zde možný výběr ze tří časovačů, u nichž se může nastavit pro porovnávání aktuální hodnota nebo pomocí Reset počítat od nuly. [13]

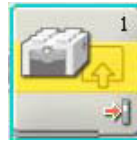
### 3.1.20 Blok dotykový senzor



*Obr. 55 Blok dotykový senzor*

Dotykový, nebo-li taktilní senzor, lze nastavit tak, aby reagoval na zmačknutí, uvolnění nebo zmačknutí a uvolnění tlačítka. [13]

### 3.1.21 Blok dotykový senzor 2



*Obr. 56 Blok dotykový senzor 2*

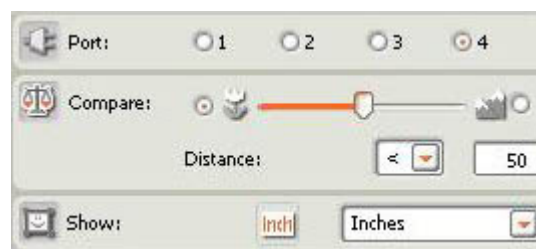
Má stejné vlastnosti jako předchozí. [13]

### 3.1.22 Blok ultrazvukový senzor



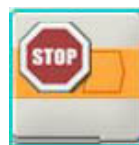
*Obr. 57 Blok ultrazvukový senzor*

Senzor pomocí sonaru určí vzdálenost mezi objektem a senzorem. Pokud splňuje námi zadanou podmínku, je vyhodnocen jako True. [13]



*Obr. 58 Panel vlastností*

### 3.1.23 Blok stop



*Obr. 59 Blok stop*

Zastaví činnost našeho programu.[13]



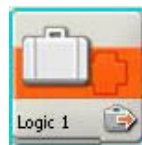
### 3.1.28 Blok vektor



*Obr. 64 Blok vektor*

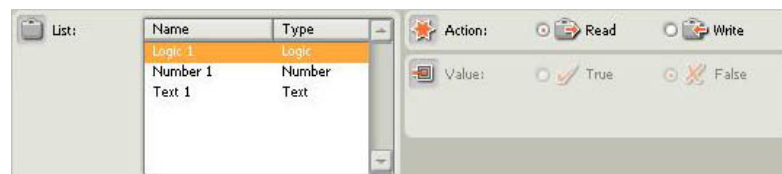
Porovnává, zda testovaná hodnota patří do vektoru. [13]

### 3.1.29 Blok variable



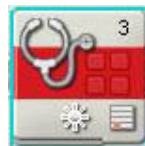
*Obr. 65 Blok variable*

Blok pro definici promenné. [13]



*Obr. 66 Panel vlastností*

### 3.1.30 Blok kalibrace



*Obr. 67 Blok kalibrace*

Je určený pro kalibraci světelných a zvukových senzorů. [13]

### 3.1.31 Blok pro převod čísel na text



*Obr. 68 Blok pro převod čísel na text*

Slouží pro převod čísla například z předchozího měření na text, který je možné zobrazit na obrazovce modulu NXT. [13]

### 3.1.32 Blok textu



*Obr. 69 Blok textu*

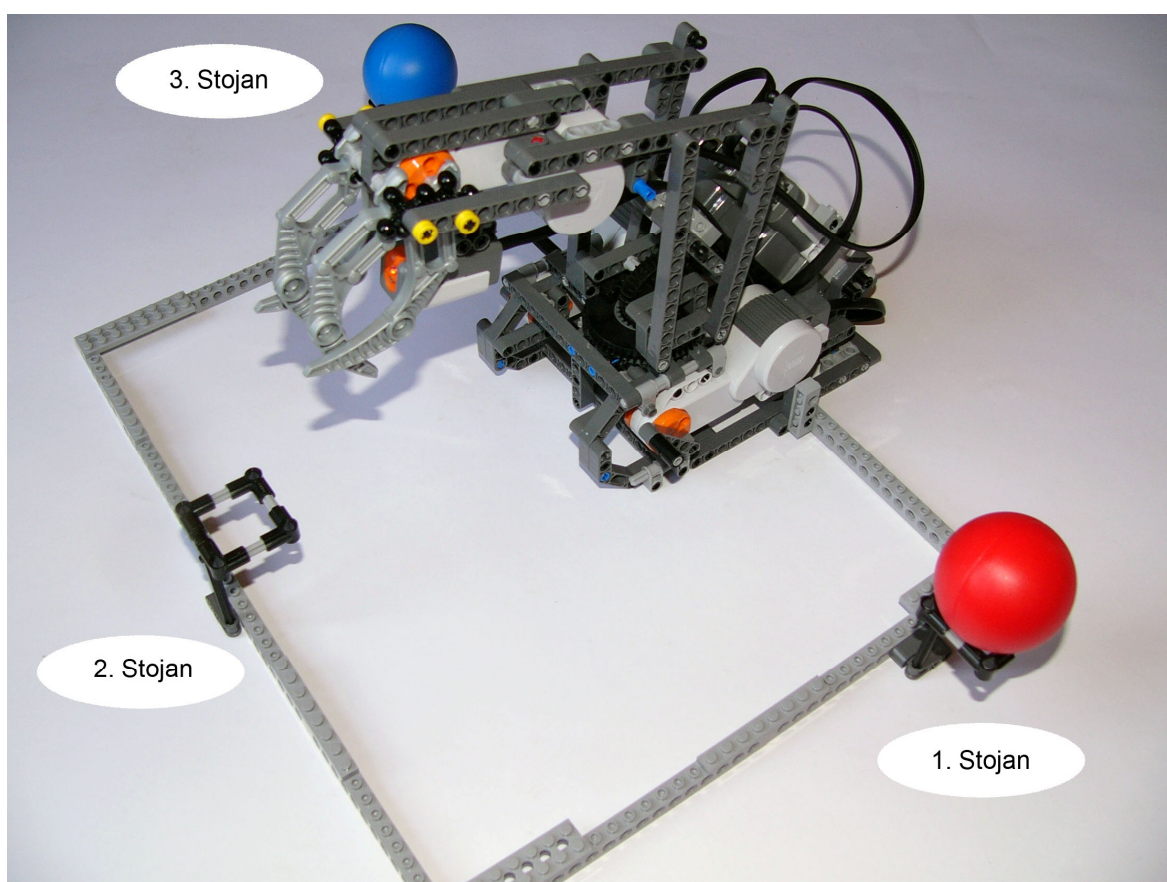
Slouží pro zobrazování textu na NXT obrazovce. [13]

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 POPIS ÚKOLŮ V PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem bylo sestavit a naprogramovat dva roboty pomocí programu Lego MINDSTORMS NXT. První byla robotická ruka, na které bylo demonstrováno přemísťování dvou míčků o různých barvách. Druhý z robotů patřil mezi mobilní roboty, jeho úkolem bylo sledování černé křivky na bílém podkladě se změnou rychlosti pohybu závislou na vzdálenosti předmětů o od ultrazvukového senzoru a aktivaci a deaktivaci pohybu reagující na zvuk.

### 4.1 Úkol č. 1 – robotická ruka



Obr. 70 model robotické ruky

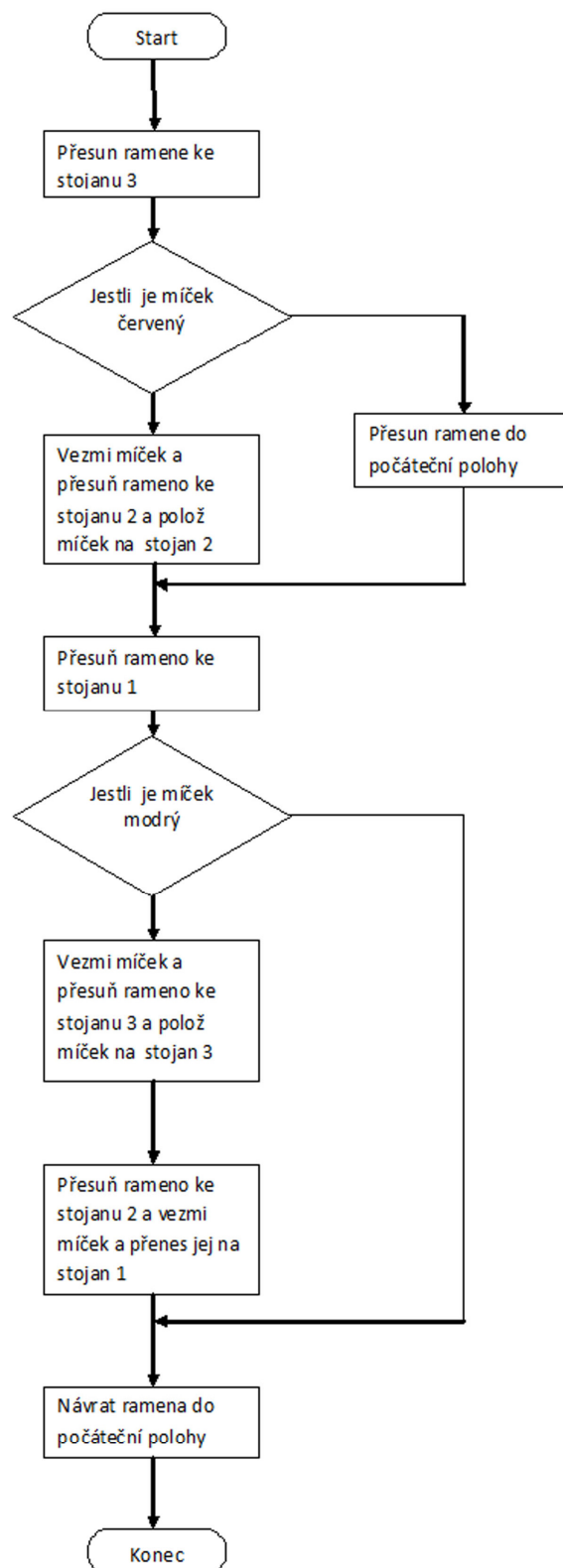
K sestavení robotické ruky byly použity tři servo motory NXT, jeden světelný senzor NXT, programovatelnou kostku NXT, dva míčky modré a červené barvy a další prvky Lega pro konstrukci robota. První dva servo motory byly uloženy v základně robotické ruky. Pomocí převodů přes ozubená kola, bylo pravým servo motorem ovládáno natočení ramene robotické ruky do stran v úhlu 180° a levý servo motor ovládal pohyb ramene



robotické ruky dopředu a dozadu a tím pádem i nahoru a dolů. Třetí servo motor byl umístěn na rameni robotické ruky a měl za úkol ovládat zavírání a otvírání čelistí robotické ruky. Cílem bylo, aby robotická ruka byla schopna rozlišit barvu před transportem míčků na jiné stojany. Proto zde byl použit jsem světelný senzor, který dokáže rozlišit barvy ve stupních šedi a díky tomu pozná, který z míčků je modrý a který je červený. Senzor byl zabudován mezi čelisti robotické ruky tak, aby při otevřených čelistích a nastavení ramene k míčku směřoval přímo na něj. Celý objekt byl řízen programovatelnou kostkou NXT.

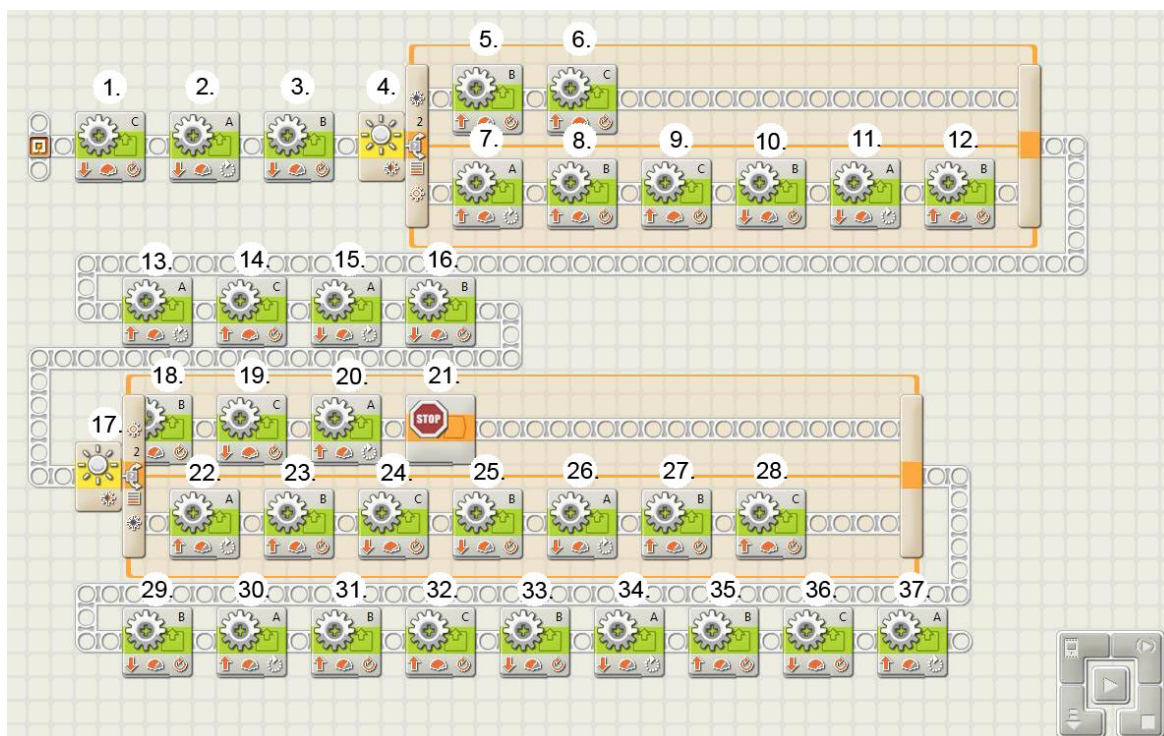
#### 4.1.1 Princip činnosti programu

Mým cílem bylo sestrojít program pro robotickou ruku tak aby dokázal pomocí tří stojanů přemístit dva míčky různých barev. Určil jsem si, že první stojan bude pro červený míček, druhý bude pomocný a třetí stojan bude pro modrý míček. Počáteční poloha ramena je směrem k druhému stojanu. Při spuštění programu se rameno přesune ke třetímu stojanu, otevře čelisti a sjede k míčku. Pokud je míček červený, sevře čelisti i s míčkem, vyjede nahoru a přesune se směrem ke druhému stojanu. Poté sjede dolů, otevře čelisti, míček nechá na druhém stojanu a vrátí se nahoru. Následuje otočení ramene k prvnímu stojanu, sklonění ramene k míčku a testování barvy míčku. Pokud je modrý, tak sevře čelisti, vyzdvihne rameno nahoru a přesune se ke třetímu stojanu. Tam sjede dolů, otevře čelisti a nechá míček na stojanu. Poslední fáze zahrnuje vyzdvižení ramene, návrat ke druhému stojanu, sklonění ramene, uchopení červeného míčku, vyzdvižení ramene, otočení k prvnímu stojanu, sklonění ramene, položení míčku a návrat do počáteční polohy. Pokud ovšem je na prvním stojanu již červený míček a na třetím je míček modrý, tak robotická ruka pomocí světelného senzoru pouze zkontroluje barvy a vrátí se do počáteční polohy. Princip programu robotické ruky je znázorněn pomocí vývojového diagramu na *Obr. 71*.



Obr. 71 vývojový diagram programu robotické ruky

### 4.1.2 Popis programu



Obr. 72 program robotické ruky vytvořený v prostředí MINDSTORMS Edu NXT

Otáčení ramene do stran umožňuje motor připojený na port C, pohyb ramene nahoru a dolů je obstarán motorem připojeným na port B a čelisti robotické ruky, jejichž motor je umístěn v jejím rameni jsou připojeny na port A. Blok motoru 1. je nastaven na 43 otáček a otáčí rameno robotické ruky ve směru ke třetímu stojanu na plný výkon. Blok motoru 2. slouží k otevření čelistí o 60°. Blok motoru 3. nastavený na 43 otáček sklání rameno dolů. Blok rozhodování pomocí světelného senzoru 4., byl nastaven na 50% rozhodování. Pokud byla barva míčku modrá následoval blok motoru 5. s 15 otáčkami, pomocí nichž bylo rameno vyzdvihnuto a blok 6. se 43 otáčkami ve směru k prvnímu stojanu, přemístil rameno do počáteční polohy. Pokud ovšem byla barva míčku červená, blok 7. zavřel čelisti o 60° a tím uchoпил míček. Blok 8. vyzdvihnul rameno o 15 otáček. Blok 9. jej přesunul o 43 otáček ke druhému stojanu. Blok 10. sklonil rameno ke stojanu 20-ti otáčkami, blok 11. otevřel čelisti o 60° a tím umístil červený míček na druhy tzv. pomocný stojan a blok 12. vyzdvihnul rameno o 20 otáček do počáteční polohy. Touto částí jsme přemístily červený míček a tím si uvolnily stojan pro transport modrého míčku. Blok 13. zavře čelisti, blok 14.

přesune rameno o 43 otáček k prvnímu stojanu, blok 15. otevře čelisti a blok 16. skloní rameno o 23 otáček k modrému míčku. Zde je opět použit světelný senzor se stejným nastavením jako při prvním použití. Pokud je míček červený tak se vykonají bloky 18, 19, 20. a 21. Blok 18. vyzdvihne rameno o 25 otáček, blok 19. jej otočí o 43 otáček do počáteční polohy, blok 20. zavře čelisti a blok 21. zastaví program. Avšak pokud je míček modrý, tak blok 22. sevře čelisti s míčkem. Blok 23. vyzdvihne rameno o 25 otáček. Blok 24. otočí rameno ke třetímu stojanu o 86 otáček. Blok 25. skloní rameno o 12 otáček tak, aby byl přímo nad stojanem. Blok 26. otevře čelisti a tím položí modrý míček na výchozí stojan. Blok 27. vyzdvihne rameno 12-ti otáčkami a blok 28. jej otočí o 43 otáček do počáteční pozice. Poslední část přesune červený míček z druhého na první stojan pomocí bloků 29. až 37. Blok 29. spustí rameno o 17 otáček k červenému míčku. Blok 30. sevře čelisti s míčkem. Blok 31. vyzdvihne rameno s míčkem taktéž o 17 otáček. Blok 32. rameno otočí k prvnímu stojanu. Blok 33. skloní rameno s míčkem o 19 otáček nad stojan. Blok 34. otevře čelisti a červený míček je umístěn na prvním stojanu. Blok 35. opět vyzdvihne rameno o 19 otáček, blok 36. jej otočí do výchozí pozice. Blok 37. čelisti ramena uzavře a tím program ukončí.

## 4.2 Úkol č.2 – Mobilní robot



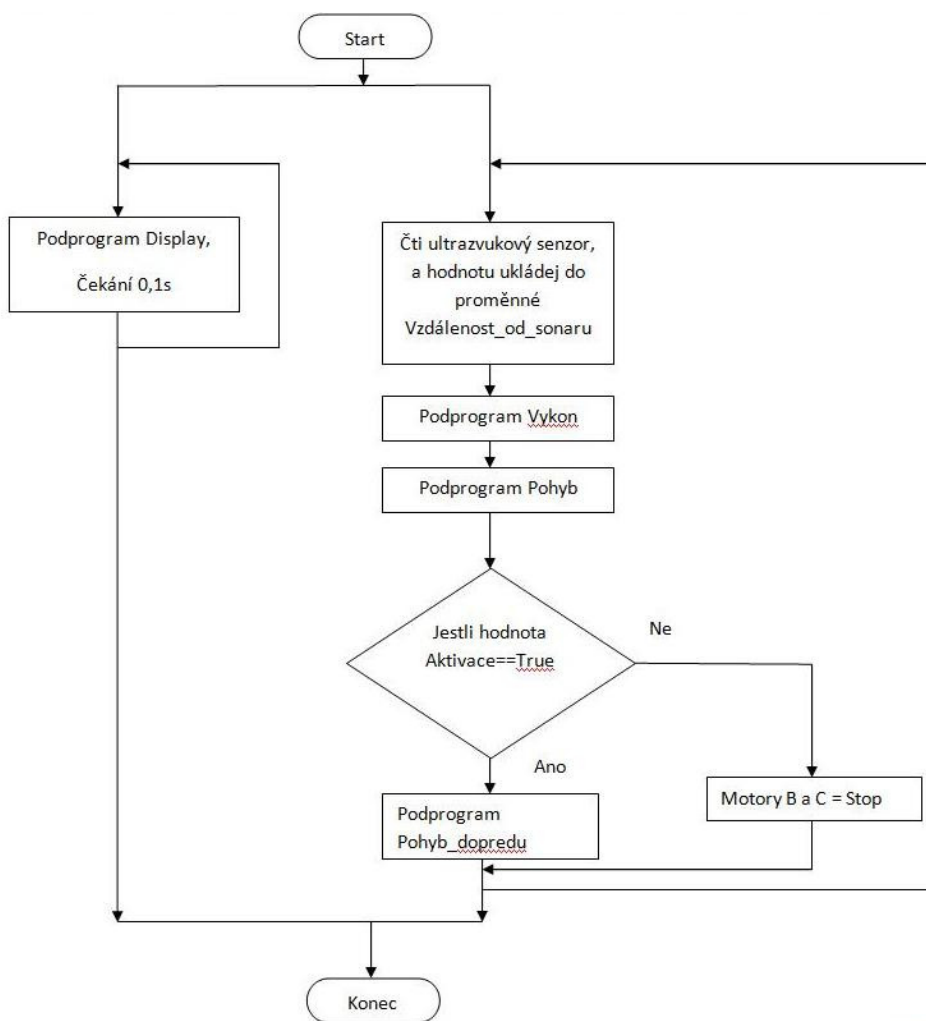
*Obr. 73 model mobilního robota*

K sestrojení mobilního robota byly použity dva servo motory NXT pro pravý a levý náhon předních kol. Třetí pasivní vyrovnávací kolo bylo umístěno v zadní části robota. Motory byly připojeny na porty B a C. Na přední části robota byl umístěn světelný senzor směřující dolů. Ten slouží pro určování přechodu mezi barvou podkladu a vodící křivkou. Ultrazvukový senzor zde byl použit pro určování vzdálenosti předmětů od mobilního robota. Posledním použitým senzorem byl senzor zvuku. Vše bylo řízeno pomocí programovatelné kostky NXT.

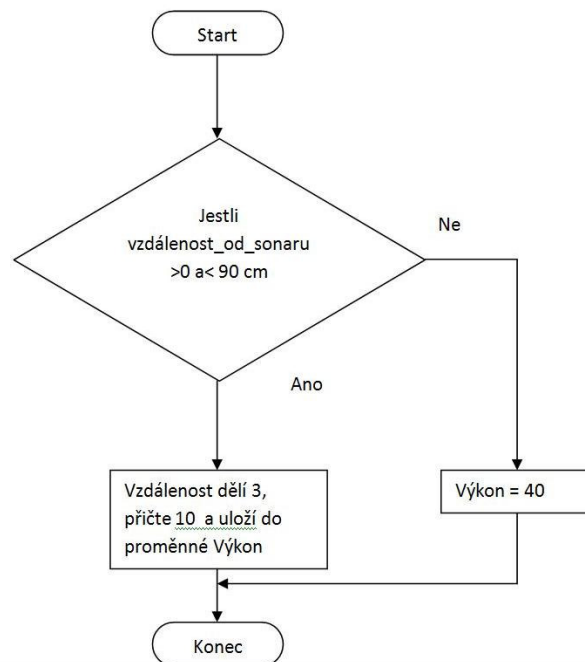
### 4.2.1 Princip činnosti programu

Hlavním cílem bylo, aby robot uměl sledovat vodící křivku. Toho bylo dosaženo pomocí světelného senzoru a dvou servo motorů. Program byl vytvořen tak, aby při světlém podkladu byl aktivní jeden motor a druhý byl vypnutý a při tmavém podkladu tomu bylo naopak. Pomocí ultrazvukového senzoru byla získána vzdálenost mobilního robota a

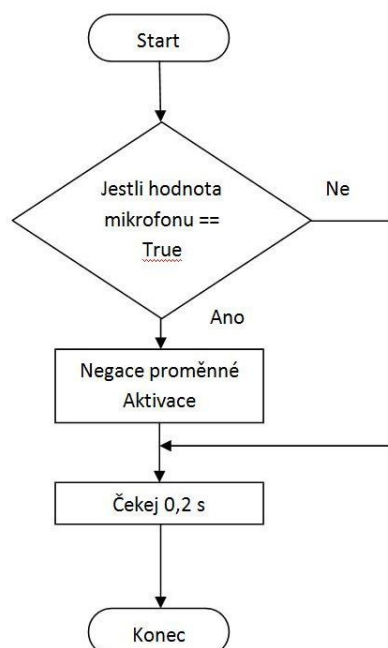
překážky. Ta byla pomocí podprogramu přepočítána na výkon motorů tak, že když se mobilní robot blížil k překážce, snižovala se tím i jeho rychlost. Minimální výkon motorů byl 10 % a maximální 40 %. Při zaznamenání zvuku o určité intenzitě pomocí zvukového senzoru byla podprogramem Pohyb invertována logická proměnná. Pomocí ní se měnil stav mezi aktivací a deaktivací motorů. Na displeji programovatelné kostky NXT byly zobrazeny dva stavy. První stav kdy na displeji byly vypsané tyto hodnoty: vzdálenost od překážky v cm a výkon motoru v % - motory aktivní. Druhý stav při vypnutých motorech zobrazoval blikající značku Stop. Princip činností programu a podprogramu mobilního robota jsou znázorněny pomocí vývojových diagramů na *Obr. 74*, *Obr. 75*, *Obr. 76*, *Obr. 77* a *Obr. 78*



*Obr. 74* vývojový diagram hlavního programu

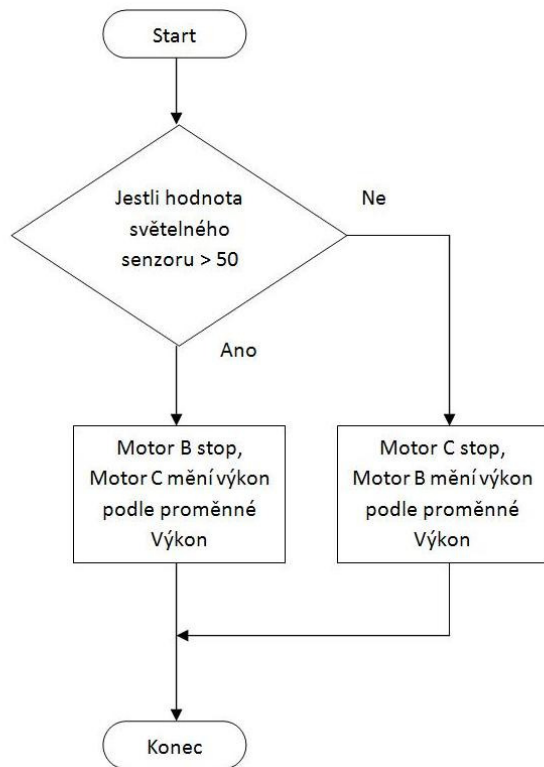


Obr. 75 vývojový diagram podprogramu Vykon

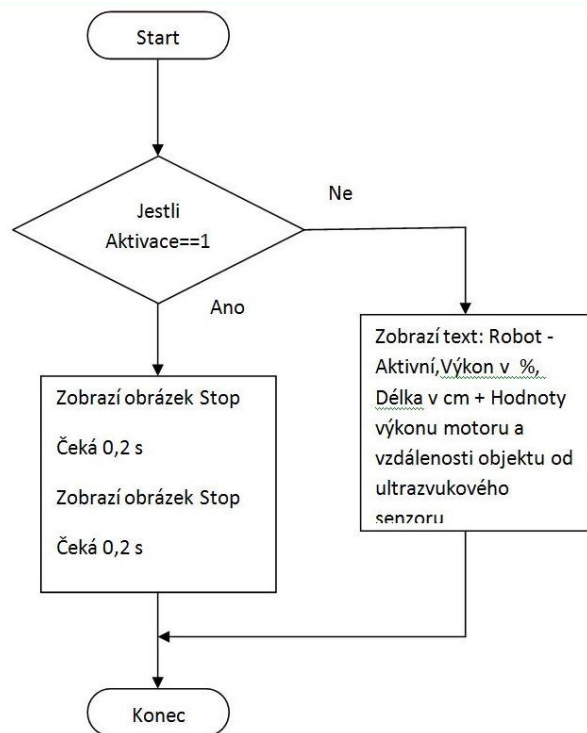


Obr. 76 vývojový diagram podprogramu Pohyb





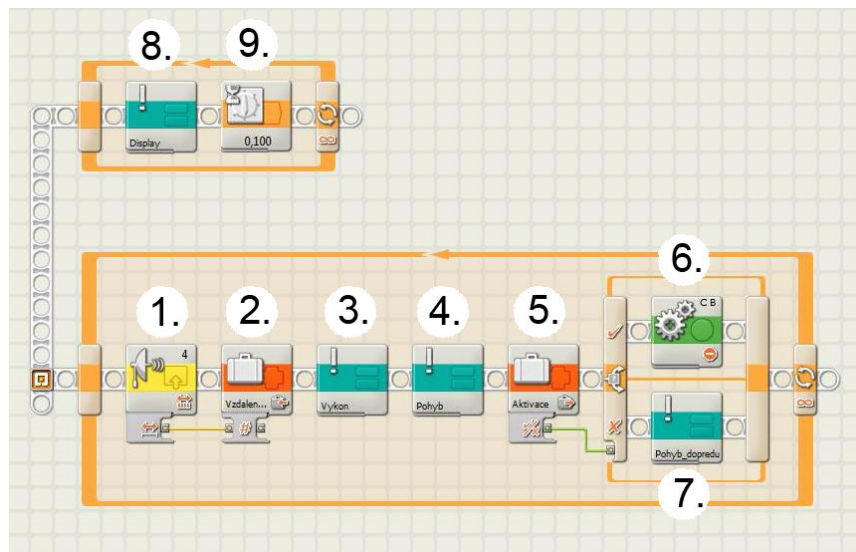
Obr. 77 vývojový diagram podprogramu Pohyb\_dopredu



Obr. 78 vývojový diagram podprogramu Display



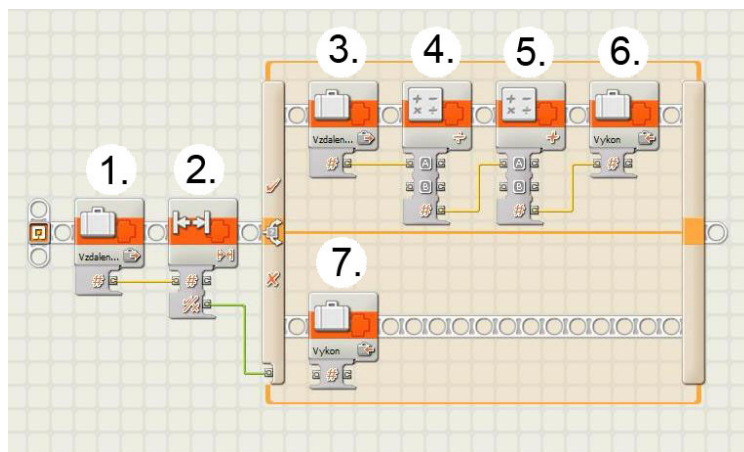
### 4.2.1 Popis programu



Obr. 79 hlavní program mobilního robota

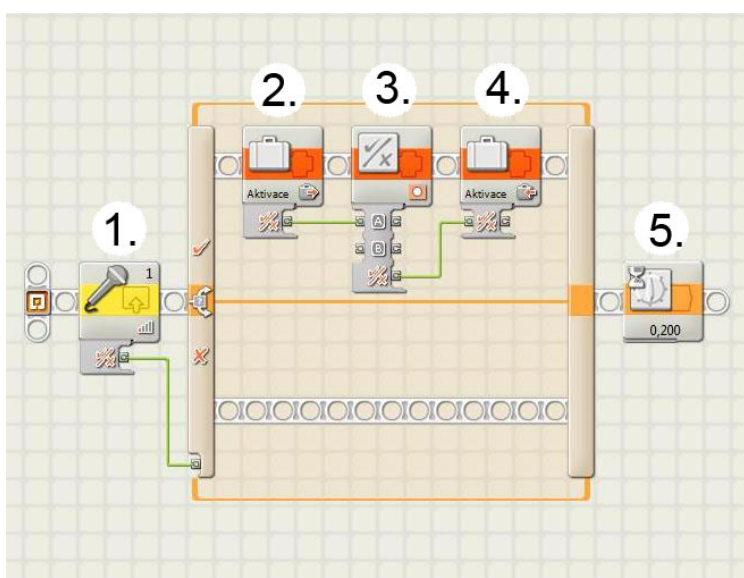
Hlavní program na Obr. 79 a na vývojovém diagramu Obr. 74 se skládá ze dvou cyklů. V prvním hlavním cyklu se nachází Blok ultrazvuku 1., který nám předává naměřenou hodnotu do proměnné `Vzdalenost_od_sonaru` blok 2. Blok 3. je podprogram pro výpočet výkonu motorů. Dalším podprogramem pro určení pohybu nebo zastavení motorů je Blok 4. Proměnná `Aktivace` nebo-li blok 5. nám rozhoduje podle výsledku předchozího podprogramu `Pohyb`, jestli má být vykonán podprogram 7. `Pohyb_dopredu` pro aktivaci motorů nebo blok 6. pro deaktivaci motorů.

Druhý nekonečný cyklus jede paralelně s prvním cyklem a obsahuje podprogram `Display` 8. a s blokem čekání 9. nastavený na 0,1s.



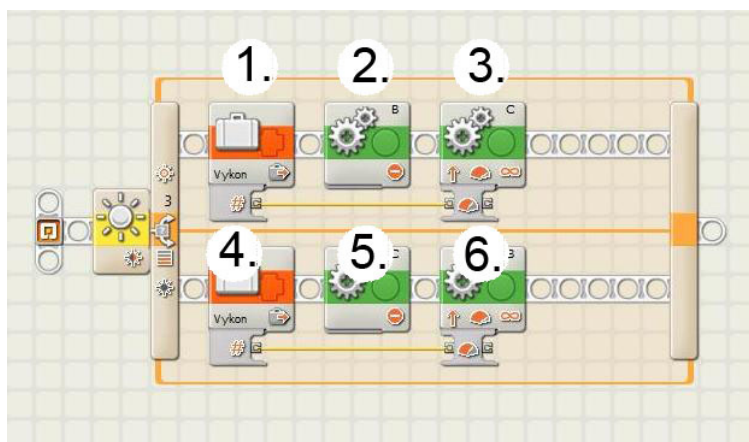
Obr. 80 podprogram Vykon

Prvním podprogramem v hlavním programu je podprogram Výkon na Obr. 80 a jeho vývojový diagram na Obr. 75. Tento podprogram porovnává vstupní proměnnou vzdálenost\_od\_sonaru 1. s blokem vektoru 2. o velikosti 0 – 90. Pokud proměnná patří do vektoru je pomocí matematického bloku 4. vydělena číslem 2 a je k ní přičteno číslo 10 pomocí bloku 5. Celý výsledek je uložen do proměnné Výkon. Pokud ovšem proměnná do vektoru nepatří je výkon nastaven na hodnotu 40 pomocí bloku 7. To znamená, že pokud je překážka ve vzdálenosti větší jak 90 cm tak má výkon konstantní hodnotu 40. Pokud je vzdálenost 0 cm, pak nejnižší výkon je na hodnotě 10.



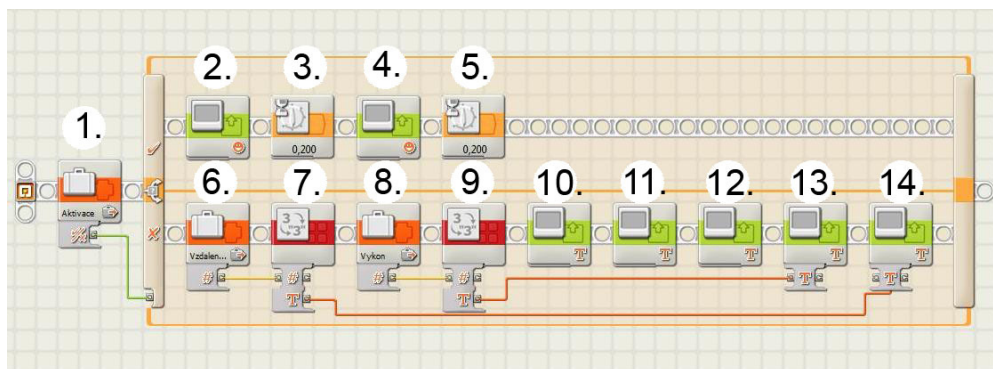
Obr. 81 podprogram Pohyb

Po určení výkonu je podprogramem Pohyb na *Obr. 81* nebo *a* na vývojovém diagramu *Obr. 76* měněna logická hodnota proměnné Aktivace. Její využití je při rozhodování zda zastavit motory nebo spustit podprogram Pohyb\_dopredu, ale také při zobrazování informací na displeji programovací kostky NXT. Funkce podprogramu Pohyb spočívá na snímání intenzity zvuku vstupujícího do zvukového senzoru. Pokud tento zvuk přesáhne minimální zvolenou intenzitu tak je přečtena předchozí hodnota logické proměnné aktivace. Tato hodnota je pomocí Bloku 3. znegována a opět uložena do proměnné Aktivace. Časové zpoždění 7. nastavené na 0,2s slouží jako prodleva mezi zaznamenáváním zvuku.



*Obr. 82 podprogram Pohyb\_dopredu*

Podprogram Pohyb\_dopredu na *Obr. 82* a na vývojovém diagramu *Obr. 77* je posledním podprogramem v hlavním cyklu, který se vykoná, pokud hodnota proměnné Aktivace byla logická 0. Zde je podle světelného senzoru snímán odstín šedi. Tento odstín je porovnáván s nastavenou hodnotou pro rozdělovač. Pokud je odstín světlejší, následuje blok pro čtení proměnné Vykon, která předává hodnotu motoru na portu C. Blok motoru na portu B je zastaven. Pokud je však odstín tmavší, proměnná Vykon předá hodnotu motoru na portu B a motor na portu C je zastaven.



*Obr. 83 podprogram Display*

Pro zobrazení hodnot na displej programovatelné kostky NXT nám slouží podprogram Display na *Obr. 83* a na vývojovém diagramu *Obr. 78*. Podle hodnoty proměnné Aktivace se buď pomocí bloku 2. a 4. zobrazí na displeji blikající značka Stop s periodou blikání 0,2s nastavenou v blocích 3. a 5. nebo se na displej blokem 10. vypíše text Robot-Aktivni, blokem 11.a 12. Výkon v % a Delka v cm a na stejný řádek jejich hodnoty, které jsou získány pomocí bloků 6. a 8. a poté převedeny na text bloky 7. a 9. Zobrazeny na displej bloky 13. a 14.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce byla psána ze strany studenta a pojednává o možnostech využití stavebnice Lego MINDSTORMS NXT. Byly zde realizovány dva typy robotů a to imobilní a mobilní. Oba roboti byli programováni pomocí dodávaného programovacího prostředí od společnosti Lego.

První patřil mezi imobilní roboty a měl konstrukci robotického ramene. Byly u něj použity tři servo motory. První dva byly uloženy do základny ramene a umožňovaly pohyb ramene do boku v úhlu 180° a pohyb nahoru a dolů a tím i dopředu a dozadu. Třetí motor byl umístěn přímo v robotickém rameni a umožňoval ovládání jeho čelistí. Robot obsahoval pouze jeden světelný senzor pro určení barvy míčku. Tento senzor byl taktéž umístěn v rameni robota. Přímou mezi jeho čelisti tak, aby byl co nejbližší míčku, který měl být přemísťován. Všechny komponenty byly ovládány přes programovatelnou kostku NXT. Program se skládal převážně z bloků obsluhujících motory a bloků pro určení intenzity šedé barvy. Počáteční poloha byla uprostřed u stojanu č.2. Po spuštění programu se rameno otočilo vpravo ke stojanu č.3, zjistilo barvu míčku a pokud byl modrý nechalo jej ležet, pokud červený uchopilo jej a přeneslo na druhý stojan. Poté se otočilo ke stojanu č. 1 a opět zkontrolovalo barvu, jestli byl míček červený nechalo jej ležet. Pokud byl modrý, přemístilo jej na stojan č.3. V poslední fázi vzalo míček ze stojanu č.2, položilo jej na stojan č.1 a vrátilo se do počáteční polohy. Funkce programu je uložena v elektronické podobě v příloze bakalářské práce na CD.

Druhý robot patřil mezi mobilní typy. Skládal se ze dvou motorů pro přední náhon kol a vyrovnávacího pasivního kola. Dále obsahoval ultrazvukový senzor, světelný senzor a senzor zvuku. Hlavní program se skládal ze dvou programů. Jeden se staral o zobrazování informací na displej a druhý obsahoval několik podprogramů. Základní funkcí bylo, aby robot dokázal sledovat křivku jiné barvy, než byl podklad. Toho bylo dosaženo podprogramem Pohyb\_dopředu, který využíval nastavení světelného senzoru a obou motorů. Jelikož je světelný senzor hodně citlivý na změny v okolním osvětlení, bylo potřeba jej několikrát kalibrovat. Ultrazvukový senzor zde byl použit pro zjišťování vzdálenosti robota a překážky, ale taky za pomoci podprogramu Výkon pro výpočet hodnoty výkonu motoru. Podprogram pohyb zajišťoval pomocí intenzity zvuku zaznamenaného v senzoru zvuku funkcí činnosti a zastavení motorů.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

This bachelor thesis is written from the side of student and deals with potential of utilization the Lego MINDSTORMS NXT kit. Mobile and imobile robot's have been realised therefore, both programmed using supplied application from Lego.

The first robot (imobile) has a construction of robotic arm. Three servo-motors have been used in this design. The first two were placed into base of of the arm and provided possible 180° rotation in both vertical and horizontal position. Third motor was placed directly in the robotic arm to operate its bits. Robot includes only one light sensor for color recognition of the ball. This sensor was also placed in the robotic arm, more precisely between its two bits for easier recognition of the ball the arm had to operate. All components were programmed using NXT programable cube. Program code consists mainly of blocks operating the motors, and the blocks for sensoric scanning the intensity of grey color. Basic position is in the middle of the stand no.2. After starting the program, arm rotated to the right to stand no.3, diagnosed the color of the ball and if that was blue, he left it on his place. If the ball was red, the arm moved it to the other side to the second stand. Then the arm rotated to the stand no.1 and diagnosed the color again. If the color was blue, it moved the ball to the stand no.3, otherwise it left the ball (red) in it's position. In the final stage, the arm took the ball from the stand no.2, moved it to the stand no.1 and then the arm returned to its starting position. Program code is attached on the provided CD

Second robot is mobile type. It's accomplished using two motors for front wheel drive controll and compensatory passive wheel. Also including ultrasonic sensor, light sensor and sonic sensor. Main program code consists of two main blocks. First one cares for displaying the informations, the second one including a few subroutines. Basic function was to achieve the robot to follow the line in different color than base background. This was achieved using the *Pohyb\_dopredu* subroutine, which used light sensor and both motors. Calibration of the light sensor was needed to be done a few times because of it's sensitivity to the changes of ambient light. Ultrasonic sensor was used to measure the distance between the robot and container using another subroutine „*Vykon*“ for calculation of the motor power. Subroutine „*pohyb*“ provided the function of run and stop for the motors by measuring the sound intensity recorded in sonic sensor.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboti – pohony, senzory, řízení*. Praha: BEN, 2007. 248 s. ISBN 80-7300141-1.
- [2] NOVÁK, Petr. *Mobilní roboti – pohony, senzory, řízení*. Praha: BEN, 2007. Kapitola 3.1, Interní senzory, s. 101.
- [3] ROBO LAB Getting Started: Učitelská příručka k programu Robolab.
- [4] Robotika.sk [online]. 2008 [cit. 2008-04-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.robotika.sk/>>.
- [5] Micromouseinfo.com [online]. 2008 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.micromouseinfo.com/>>.
- [6] Eduxe.cz [online]. 2008 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.micromouseinfo.com/>>.
- [7] Lego MINDSTORMS [online]. 2008 [cit. 2008-04-18]. Dostupný z WWW: <[http://mindstorms.lego.com/eng/Japan\\_Tokyo\\_Destination/default.aspx](http://mindstorms.lego.com/eng/Japan_Tokyo_Destination/default.aspx)>.
- [8] Robotika.cz [online]. 2008 [cit. 2008-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.robotika.cz/>>.
- [9] Robot [online]. 2008 [cit. 2008-04-13]. Dostupný z WWW: <<http://www.botmag.com/index.shtml>>.
- [10] RobotShop [online]. 2008 [cit. 2008-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.robotshop.ca/home/index.html>>.
- [11] Robova LEGO@stránka [online]. 2008 [cit. 2008-04-16]. Dostupný z WWW: <<http://www.sweb.cz/seifrob/>>.
- [12] Skolenie RoboLab [online]. 2008 [cit. 2008-04-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.skolenie.szm.sk/>>.
- [13] Help – Lego MINDSOTRMS NXT .
- [14] pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Building Robots with Lego Mindstorms.
- [15] pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Masterpieces Building and Programing.
- [16] pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Robotics Invention System 2 Projects.

[17] pdf dokument – LEGO MINDSTORMS Ultimate Builder Projects.



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PWM Pulzně šířková modulace.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Ukázka Ackermanového pohonu kol - 2. stupně volnosti</i> .....	11
<i>Obr. 2 Jednokvadrantový proudový regulátor otáček</i> .....	13
<i>Obr. 3 Vnitřní zapojení obvodu L298N</i> .....	14
<i>Obr. 4 Schéma zapojení cívek pro krokový motor s pasivním rotorem</i> .....	14
<i>Obr. 5 Hybridní dvoufázový krokový motor</i> .....	15
<i>Obr. 6 Schéma zapojení cívek pro krokový hybridní motor</i> .....	15
<i>Obr. 7 Ukázka modelářského servomotoru</i> .....	16
<i>Obr. 8 Servo motor NXT</i> .....	16
<i>Obr. 9 Princip inkrementálního senzoru</i> .....	17
<i>Obr. 10 Hallův jev</i> .....	18
<i>Obr. 11 Části absolutního senzoru</i> .....	18
<i>Obr. 12 Ukázka mikrotláčitek</i> .....	19
<i>Obr. 13 Tlakový senzor NXT</i> .....	19
<i>Obr. 14 Princip detekce překážky</i> .....	19
<i>Obr. 15 Levý a pravý IR detektor s 16 úrovní rozlišení včetně směru</i> .....	20
<i>Obr. 16 Světelný senzor NXT</i> .....	20
<i>Obr. 17 Sonar - SRF04</i> .....	21
<i>Obr. 18 Časový diagram sonaru SRF04</i> .....	21
<i>Obr. 19 Ultrazvukový senzor NXT</i> .....	22
<i>Obr. 20 Zvukový senzor NXT</i> .....	22
<i>Obr. 21 PC 104 modul</i> .....	23
<i>Obr. 22 Další subsystémy rozšiřující jádro 8051/52</i> .....	24
<i>Obr. 23 Blokové schéma jádra mikroprocesoru 8051</i> .....	24
<i>Obr. 24 Inteligentní LEGO® NXT kostka</i> .....	25
<i>Obr. 25 vývojové prostředí programu MIDSTORMS NXT</i> .....	26
<i>Obr. 26 Blok displej</i> .....	26
<i>Obr. 27 Panel vlastností</i> .....	27
<i>Obr. 28 Blok cyklu</i> .....	27
<i>Obr. 29 Panel vlastností</i> .....	28
<i>Obr. 30 Blok pohybu</i> .....	28
<i>Obr. 31 Panel vlastností</i> .....	28

<i>Obr. 32 Blok záznamu / přehrávání</i> .....	28
<i>Obr. 33 Panel vlastností</i> .....	29
<i>Obr. 34 Blok zvuku</i> .....	29
<i>Obr. 35 Panel vlastností</i> .....	29
<i>Obr. 36 Blok přepínání</i> .....	30
<i>Obr. 37 Panel vlastností</i> .....	30
<i>Obr. 38 Blok čekání</i> .....	30
<i>Obr. 39 Panel vlastností</i> .....	30
<i>Obr. 40 Blok lampa</i> .....	31
<i>Obr. 41 Blok motor</i> .....	31
<i>Obr. 42 Panel vlastností</i> .....	31
<i>Obr. 43 Blok motor 2</i> .....	31
<i>Obr. 44 Blok odeslaných zpráv</i> .....	32
<i>Obr. 45 Blok světelný senzor</i> .....	32
<i>Obr. 46 Panel vlastností</i> .....	32
<i>Obr. 47 Blok světelný senzor 2</i> .....	32
<i>Obr. 48 Blok NXT tlačítek</i> .....	33
<i>Obr. 49 Blok obdržených zpráv</i> .....	33
<i>Obr. 50 Blok senzoru otáček</i> .....	33
<i>Obr. 51 Panel vlastností</i> .....	33
<i>Obr. 52 Blok senzor zvuku</i> .....	34
<i>Obr. 53 Blok senzor teploty</i> .....	34
<i>Obr. 54 Blok časovač</i> .....	34
<i>Obr. 55 Blok dotykový senzor</i> .....	34
<i>Obr. 56 Blok dotykový senzor 2</i> .....	35
<i>Obr. 57 Blok ultrazvukový senzor</i> .....	35
<i>Obr. 58 Panel vlastností</i> .....	35
<i>Obr. 59 Blok stop</i> .....	35
<i>Obr. 60 Blok porovnání</i> .....	36
<i>Obr. 61 Blok logický</i> .....	36
<i>Obr. 62 Blok matematický</i> .....	36
<i>Obr. 63 Blok random</i> .....	36
<i>Obr. 64 Blok vektor</i> .....	37

---

<i>Obr. 65 Blok variable .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 66 Panel vlastností .....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 67 Blok kalibrace.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 68 Blok pro převod čísel na text.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 69 Blok textu .....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 70 model robotické ruky .....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 71 vývojový diagram programu robotické ruky .....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 72 program robotické ruky vytvořený v prostředí MINDSTORMS Edu NXT .....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 73 model mobilního robota .....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 74 vývojový diagram hlavního programu.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 75 vývojový diagram podprogramu Vykon.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 76 vývojový diagram podprogramu Pohyb .....</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 77 vývojový diagram podprogramu Pohyb_dopředu .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 78 vývojový diagram podprogramu Display .....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 79 hlavní program mobilního robota .....</i>	<i>49</i>
<i>Obr. 80 podprogram Vykon .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 81 podprogram Pohyb .....</i>	<i>50</i>
<i>Obr. 82 podprogram Pohyb_dopředu .....</i>	<i>51</i>
<i>Obr. 83 podprogram Display.....</i>	<i>52</i>

## SEZNAM PŘÍLOH

P I Video soubory prvního úkolu - uloženy na CD v příloze Bakalářské práce.

P II Programy pro úkoly č.1. a č.2. - uloženy na CD v příloze Bakalářské práce.