

Využití stavebnice Lego Mindstorms NXT při výuce bezpečnostních technologií

Use of Lego Mindstorms NXT in Safety Engineering Education

Martin Židlík

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŽIDLÍK**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Využití stavebnice Lego Mindstorms NXT při výuce bezpečnostních technologií**

Zásady pro vypracování:

- 1. Seznamte se s možnostmi stavebnice Lego Mindstorms NXT.**
- 2. Provedte rešerši již existujících aplikací pro výuku.**
- 3. Zvolte vhodnou konfiguraci robota.**
- 4. Navrhněte vlastní laboratorní úlohu s důrazem na výuku bezpečnostních technologií.**
- 5. Demonstrujte navrženou laboratorní úlohu.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **PERDUE, David J. THE UNOFFICIAL LEGO MINDSTORMS NXT INVENTORS GUIDE.** Megan Dunchak; Christina Samuell. 1st edition. San Francisco : No Starch Press, Inc, c2008. 296 s. ISBN 978-1-59327-154-1.
2. **SCHOLZ, Matthias Paul. Advanced NXT: The Da Vinci Inventions Book.** Jennifer Whipple. Apress, c2007. 369 s. ISBN 978-1-59059-843-6.
3. **GASPERI, Michael, HURBAIN, Philippe, HURBAIN, Isabelle. Extreme NXT : Extending the LEGO MINDSTORMS NXT to the Next Level.** Susannah Davidson Pfalzer. Is.I.J : Apress, c2007. 286 s. ISBN 978-1-59059-818-4.
4. **BOOGAARTS, Martijn, et al. THE LEGO MINDSTORMS NXT IDEA BOOK : design, invent, and built.** Nancy Sixsmith, Megan Dunchak. 1st edition. San Francisco : No Starch Press, Inc, c2007. 344 s. ISBN 978-1-59327-150-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Erik Král

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

19. února 2010

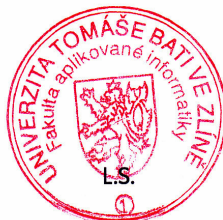
Termín odevzdání bakalářské práce:

19. května 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o možnostech využití stavebnice Lego Mindstorms NXT pro výukové účely. V teoretické části je zpracována rešerše vyráběných komponentů, hlavně senzorů. Dále je zde stručný popis vývojových prostředí a programovacích jazyků vhodných pro tuto stavebnici a také ukázky konstrukčních aplikací využitelných pro výuku v oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management. Praktická část obsahuje měření prováděná s využitím infračerveného senzoru a infračervené koule a nakonec laboratorní úlohu naprogramovanou v grafickém vývojovém prostředí softwaru Lego Mindstorms NXT. Robot napodobuje činnost duálního detektoru typu PIR-US a jednoduchého přístupového systému s využitím RFID čtečky a bezkontaktních identifikačních karet.

Klíčová slova: Mindstorms, NXT, robot, senzor, infračervený

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the possibilities of using the Lego Mindstorms NXT kit for educational purposes. The retrieval of manufactured components is processed in the theoretical part, mainly the sensors. Below is a brief description of software development environments and programming languages suitable for this kit and also demonstrations of constructional applications usable for Safety engineering education. Practical part consists of measurements performed by using the infrared sensor and the infrared ball and at last the laboratory task programmed in graphical development environment of Lego Mindstorms NXT software. The robot imitates the function of PIR-US type dual detector and simple access control system using RFID transceiver and contactless identification cards.

Keywords: Mindstorms, NXT, robot, sensor, infrared

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. et. Ing. Eriku Královi za odborné vedení, rady a komentáře k mé práci. Také bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich podporu během mého studia.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 STANDARDNÍ KOMPONENTY PRO MINDSTORMS NXT	12
1.1 KOMPONENTY OD FIRMY LEGO.....	12
1.1.1 Inteligentní kostka Lego NXT.....	12
1.1.2 Dotykový senzor.....	14
1.1.3 Světelný senzor	15
1.1.4 Ultrazvukový senzor	16
1.1.5 Zvukový senzor	17
1.1.6 Interaktivní servomotor	18
1.2 KOMPONENTY OD FIRMY HITECHNIC PRODUCTS	19
1.2.1 Barevný senzor V2	20
1.2.2 Infračervený senzor V2	21
1.2.3 EOPD senzor	22
1.2.4 IR link senzor	23
1.2.5 IR receiver senzor.....	23
1.2.6 Senzor akcelerace a náklonu	24
1.2.7 Gyroskopický senzor	25
1.2.8 Compass senzor.....	26
1.2.9 Infračervená koule	26
1.2.10 Senzorový multiplexor	27
1.2.11 Multiplexor dotykových senzorů.....	28
1.3 KOMPONENTY OD FIRMY CODATEX.....	29
1.3.1 RFID senzor	29
1.3.2 Transpondéry.....	30
1.4 KOMPONENTY OD FIRMY PITSCO	30
1.4.1 Stavebnice Tetrix	31
2 NESTANDARDNÍ KOMPONENTY PRO MINDSTORMS NXT	33
2.1 KOMPONENTY OD FIRMY MINDSENSORS	33
2.1.1 Dual range TZIOD senzor	33
2.1.2 Vision Subsystem v3	34
2.1.3 Line leader senzor	35
2.1.4 Infračervený senzor vzdálenosti – krátký dosah.....	36
2.1.5 Infračervený senzor vzdálenosti – střední dosah.....	36
2.1.6 Infračervený senzor vzdálenosti – dlouhý dosah.....	36
2.1.7 Sony PlayStation 2 Controller interface	37
2.1.8 Ostatní	38
2.2 KOMPONENTY OD FIRMY VERNIER	38
2.2.1 NXT senzorový adaptér.....	38
2.2.2 Fyzikální experimenty	39
2.2.2.1 Světelný senzor	39
2.2.2.2 Senzor magnetického pole	40
2.2.2.3 Měřič hladiny zvuku	42

2.2.2.4	Měřiče UV záření.....	43
2.2.3	Elektrické experimenty.....	44
2.2.3.1	Senzor elektrického náboje.....	44
2.2.3.2	Elektrodový zesilovač.....	45
2.2.4	Ostatní	45
2.3	KOMPONENTY OD FIRMY CATCAN.....	46
2.3.1	Smartservo SS-14+.....	46
2.3.2	Smartsensor Lite version.....	47
3	VÝVOJOVÁ PROSTŘEDÍ PRO MINDSTORMS NXT	48
4	REŠERŠE EXISTUJÍCÍCH APLIKACÍ PRO VÝUKU.....	49
4.1	TREZORY A ZÁMKY	49
4.1.1	NXT trezor	49
4.1.2	TAS V.01	52
4.2	STŘEŽÍCÍ A DOZOROVÉ SYSTÉMY	53
4.2.1	Guard bot.....	53
4.2.2	Robot vyhledávající světlo	54
4.2.3	Techbricks.nl NXT bot.....	54
4.2.4	Room guard	56
4.3	PŘÍSTUPOVÉ SYSTÉMY.....	57
4.3.1	RoboLock.....	57
4.3.2	Auto gate	58
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	60
5	LABORATORNÍ ÚLOHA	61
5.1	DOKUMENTACE KONSTRUKCE STAVEBNICE.....	61
5.2	NÁVRH LABORATORNÍ ÚLOHY.....	62
5.2.1	Měření citlivosti IR senzoru v ose přímého směru	62
5.2.1.1	Tabulky a grafy	62
5.2.1.2	Popis měřicího programu.....	66
5.2.2	Měření detekční oblasti parametru směr číslo 5 IR senzoru	67
5.2.2.1	Popis měření	67
5.2.2.2	Popis měřicího programu.....	69
5.2.3	Měření intenzity IR záření při vychýlení z přímé osy.....	69
5.2.3.1	Popis měření	70
5.2.4	Hlavní program	71
5.2.4.1	Vývojový diagram hlavního programu	71
5.2.4.2	Podrobný popis hlavního programu.....	72

ZÁVĚR	78
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ.....	79
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	80
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	82
SEZNAM OBRÁZKŮ	83
SEZNAM TABULEK.....	86
SEZNAM PŘÍLOH.....	87

ÚVOD

Ve své bakalářské práci se zabývám využitím stavebnice Lego Mindstorms NXT pro výukové účely. Výukové a konstrukční možnosti této stavebnice jsou velmi rozsáhlé. Tato stavebnice je využívána na řadě škol po celém světě díky vzdělávacímu programu Lego education. Lze s ní provádět experimenty z různých vědních oborů. To je možné díky využití programovatelného počítače a elektronických senzorů a také díky širokému sortimentu výrobků od dalších výrobců.

Moje bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V prvních dvou kapitolách teoretické části zpracovávám rešerši certifikovaných a necertifikovaných komponentů od různých firem určených pro stavebnici Lego Mindstorms NXT. Ve třetí kapitole teoretické části popisuji jednotlivé programovací jazyky a vývojová prostředí určená pro stavebnici. Ve čtvrté kapitole zpracovávám rešerši ukázek konstrukčních aplikací stavebnice vhodných pro výukové účely v oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management.

V praktické části bylo cílem vytvořit laboratorní úlohu s vhodnou konstrukcí robota a naprogramovat jeho chování. Rozhodl jsem se vytvořit robota napodobujícího činnost duálního detektoru typu PIR-US a činnost přístupového systému s využitím RFID čtečky a bezkontaktních identifikačních karet. Robot bude v okolním prostoru vyhledávat infračervenou kouli. K programování využiji grafické vývojové prostředí softwaru Lego Mindstorms NXT.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 STANDARDNÍ KOMPONENTY PRO MINDSTORMS NXT

Standardními komponentami jsou myšleny všechny součásti a doplňky stavebnice Lego Mindstorms NXT, které mají standardní rozměry, vzhled a jsou certifikované firmou Lego.

1.1 Komponenty od firmy Lego

Tyto komponenty jsou součástí základní sady stavebnice Lego Mindstorms NXT.

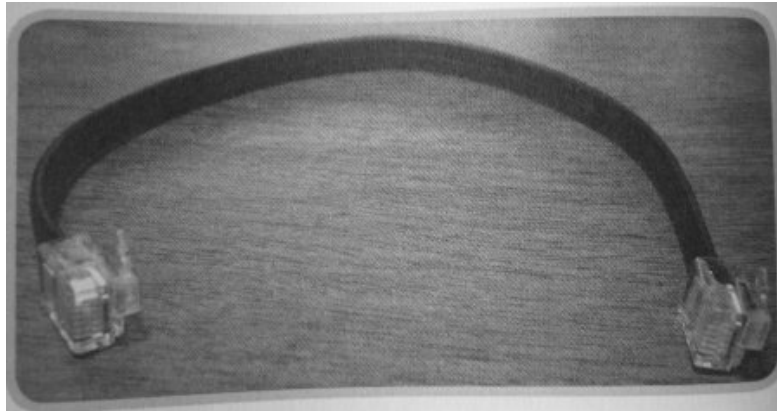
1.1.1 Inteligentní kostka Lego NXT

Inteligentní kostka Lego NXT je “mozek“ celého robota. Rychlý 32 bitový procesor a flash paměť jí umožňují vykonávat složité operace a řízení celého robota. Pokyny pro servomotory připojené na výstupních portech a pokyny pro senzory připojené na vstupních portech je možné zadávat buď přímo pomocí tlačítek pod displejem NXT kostky nebo jsou vykonány po spuštění programu.



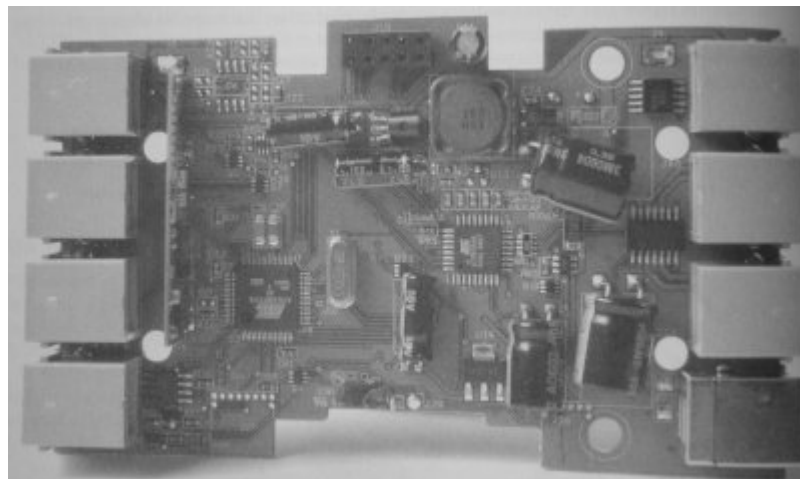
Obr. 1. NXT kostka s připojenými senzory a servomotory[4]

Tyto instrukce jsou do servomotorů a senzorů posílány digitálně přenosovým protokolem I2C. Komunikace probíhá přes propojovací kabely připojené vždy ke konektorům NXT kostky a konektoru na senzoru či servomotoru. Tyto konektory jsou typu RJ12. Základní sada obsahuje 7 kabelů o různých délkách.[1][2][3]



Obr. 2. Kabel s konektory RJ12[1]

Program je uložený ve flash paměti. Do flash paměti ho lze přenést propojením NXT kostky s počítačem pomocí USB kabelu typu A-B nebo bezdrátově pomocí technologie bluetooth.



Obr. 3. Osazená strana desky plošného spoje NXT kostky[2]

Specifikace kostky Lego NXT

- Atmel 32-bit ARM7 mikroprocesor (frekvence 48 MHz, 256 KB FLASH, 64 KB RAM)
- 8-bit AVR mikroprocesor (frekvence 8 MHz, 4 KB FLASH, 512 B RAM)
- Bluetooth bezdrátová komunikace (Bluetooth třída II V2.0 kompatibilní)
- USB full speed port (12 Mbit/s)
- 4 vstupní porty a 3 výstupní porty

- 100 x 64 pixel LCD grafický displej
- Reprodukční - zvukový kanál s 8 bitovým rozlišením a 8kHz vzorkovací frekvencí.
- Napájení: 6 AA baterií (dohromady 9 V)[1][2][3]

1.1.2 Dotykový senzor

Podle naprogramování NXT kostky je dotykový senzor určen k indikaci stlačení tlačítka, uvolnění tlačítka nebo stlačení a uvolnění tlačítka.



Obr. 4. Dotykový senzor[4]

Při stisku tlačítka dojde k sepnutí smyčky elektrického obvodu. Pomocí dotykového senzoru lze počítat stlačení či uvolnění sensorového tlačítka. Po stisknutí tlačítka se mohou provést naprogramované úkony nebo se může začít vykonávat jiná větev programu. Tlačítkem, při vhodném umístění v kombinaci se správnou konstrukcí nárazníku, lze dát robotovi vědět, že je v cestě předmět či překážka. Podle toho se pak může zachovat a překážku objet nebo ji uchopit a přemístit. Nárazník je pohyblivá konstrukce sestavená z dílků Lego takovým způsobem, aby při dotyku bylo stisknuto či uvolněno tlačítko dotykového senzoru.[1][2][3]

1.1.3 Světelný senzor

Již z názvu je patrné, že světelný senzor má něco společného se světlem. Umí rozeznávat úroveň osvětlení okolního prostředí či rozpoznávat světlo a tmu.



Obr. 5. Světelný senzor[4]

Světelný senzor má i vlastní zdroj světla, což mu umožňuje rozpoznávat barvy. Tímto zdrojem je bílá LED dioda. Je známo, že světlo se od různých barevných povrchů odráží s různou intenzitou. Nejvíce je pohlcováno povrchem s černou barvou, nejméně povrchem s bílou barvou. Pomocí vlastního světelného zdroje je k cílovému povrchu vysláno světlo, které se od něj odrazí a v přijímacím optickém členu se vyhodnotí jeho intenzita. Pro každou intenzitu světla existují odpovídající číselné hodnoty, charakteristické pro jednotlivé standardizované Lego barvy (viz. kapitola 1.2.1). Tato hodnota je vždy vrácena programu v NXT kostce a je s ní dále pracováno. Pro správnou funkci senzoru je nutné, aby směřoval pokud možno kolmo k cílovému povrchu a přitom byl umístěn v dostatečně blízké vzdálenosti.

Světelným senzorem, v kombinaci s vhodnou konstrukcí robota, lze třídit předměty podle barev. Dále pomocí něj může robot sledovat barevnou čáru nebo se držet v ohraničeném prostoru. Dal by se také vytvořit hlídací robot, který by reagoval na rozsvícení v místnosti a vykonal nějakou akci k ochraně střežené místnosti.[1][2][5]

1.1.4 Ultrazvukový senzor

Ultrazvukový senzor je používán k měření vzdálenosti robota od objektů, na které je senzor namířen.

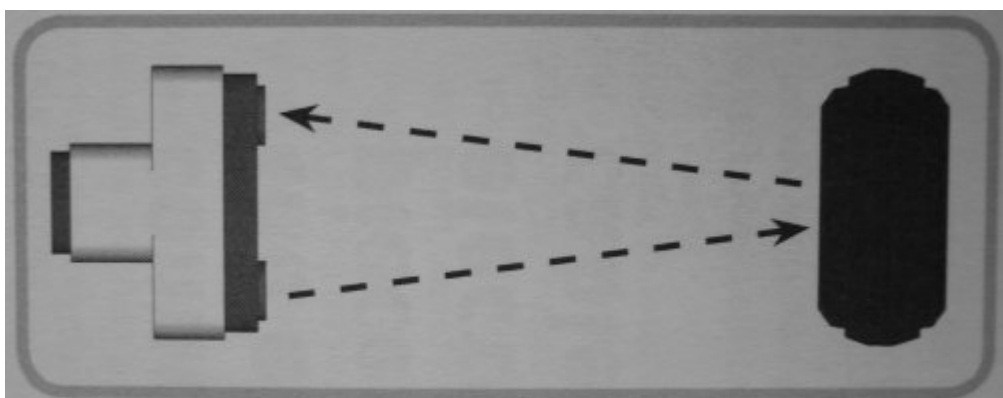


Obr. 6. Ultrazvukový senzor[4]

Ultrazvukový senzor vysílá do prostoru ultrazvukové vlnění. To se následně odrazí od objektu a vrací se zpět. Využívá se zde princip sonaru. Vzdálenost objektu je vypočítána podle vzorce

$$d = \frac{t \times v}{2} \quad (1)$$

kde proměnná d je vzdálenost senzoru od objektu, proměnná v je rychlost zvuku, tj. přibližně 341 m/s, proměnná t je doba, za kterou zvuk urazí cestu od senzoru k objektu a zpět. Proto je celý vzorec vydělen číslem 2.



Obr. 7. Funkce ultrazvukového senzoru[2]

Vzdálenost je měřena v centimetrech nebo v palcích od 0 cm do 255 cm s přesností na 3 cm. Jeden palec je roven 2.542 centimetru. Ultrazvukovým senzorem lze nejlépe detekovat velké, tvrdé předměty, od kterých se zvukové vlny odrazí nejdokonaleji a bez pohlcení. Příklady vhodných materiálů pro měření jejich vzdálenosti od senzoru jsou kov, tvrdý plast, sklo. Příklady nevhodných materiálů jsou vata, polystyren, měkká guma. Při použití více ultrazvukových senzorů v jednom uzavřeném prostoru je možné, že se budou navzájem rušit a dojde ke zkreslení naměřených hodnot. Robota lze využít k detekování překážky, které se následně vyhne či k detekci pohybu, kdy poté naprogramovaným způsobem reaguje.[1][2][6]

1.1.5 Zvukový senzor

Zvukový senzor neboli mikrofون umí měřit úroveň hladiny zvuku, rozpoznávat zvukové předlohy a rozdíly mezi tóny.



Obr. 8. Zvukový senzor[4]

Součástí senzoru je malá membrána, která je obklopena magnety. Na magnetech je navinut drát, čímž je vytvořena cívka s magnetickým jádrem. Při rozvibrování membrány zvukovými vlnami jsou rozvibrovány i magnety obklopující membránu. Vibrace magnetů způsobí indukování proudu ve vinutí cívky. Tento proud je elektrickým signálem pro NXT kostku, kde je vyhodnocena hladina zvuku. Hladina zvuku se dá měřit v jednotkách dB neboli decibel a dBA neboli decibel adjusted. Akustický tlak je možné měřit až do výše 90 dB.

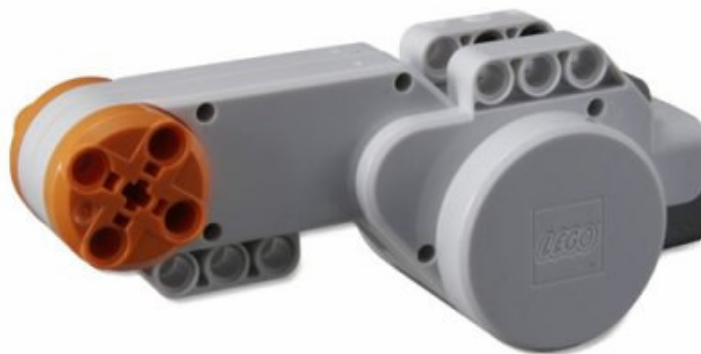
V souvislosti s jednotkami může mikrofon pracovat ve dvou režimech:

- Režim dBA - citlivost senzoru je přizpůsobena citlivosti lidského ucha.
- Režim dB - jsou snímány všechny zvuky se stejnou citlivostí. I ty neslyšitelné pro lidské ucho.

Mikrofonem nelze realizovat hlasové ovládání robota, protože použitý mikrofon není dostatečně citlivý. Může ovšem naprogramovaným způsobem reagovat na vysokou hladinu zvuku. Například při překročení nastavené hladiny zvuku by se začala vykonávat jiná větev programu.[1][2][6]

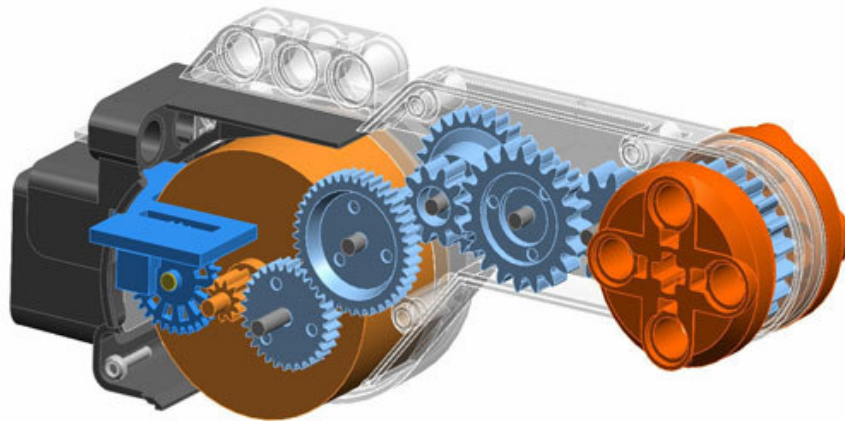
1.1.6 Interaktivní servomotor

Servomotory stavebnice Lego Mindstorms NXT slouží k rozpořívování robota na základě instrukcí ze senzorů předávaných prostřednictvím kostky NXT. V základní sadě stavebnice Mindstorms NXT se nacházejí 3 servomotory.



Obr. 9. Interaktivní servomotor[4]

Rozsah otáčení rotoru servomotoru je 360 stupňů. Integrovaným rotačním senzorem lze měřit rychlost otáčení a vzdálenost. Otáčení rotoru motoru se dá řídit s přesností na 1 stupeň. Při použití více servomotorů je lze nastavit na stejnou rychlost otáčení.



Obr. 10. Vnitřní mechanismus servomotoru[7]

Servomotory se používají k rozpořybování připevněných kol robota a k řízení směru jeho jízdy nebo k rozpořybování dalších pohyblivých mechanismů a ozubených kol. Podle zvolené konstrukce robota, může robot díky servomotorům chodit, jezdit nebo uchopovat předměty.[1][2][3]

1.2 Komponenty od firmy Hitechnic Products

Firma Hitechnic Products je divizí společnosti Dataport Systems, Inc a vyrábí certifikované komponenty pro stavebnici Lego Mindstorms NXT. Každý z jejich senzorů má připraven programovací blok pro vývojová prostředí LEGO Mindstorms NXT i LabVIEW. Tyto bloky je nutné stáhnout ze stránek výrobce a importovat do vývojového prostředí.[5]



Obr. 11. Logo firmy Hitechnic[5]

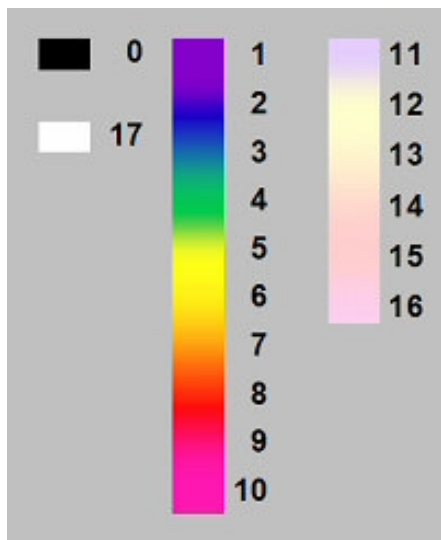
1.2.1 Barevný senzor V2

Jedná se o upravený a vylepšený světelný senzor pracující na stejném principu jako jeho první verze. Vyrábí ho firma Hitechnic Products.



Obr. 12. Barevný senzor V2[5]

Zlepšení se týká dokonalejšího rozpoznávání barev, kterých lze nyní rozeznat více než 15 a navíc na větší vzdálenosti. Vyhodnocování intenzity odraženého světla a přiřazování číselné hodnoty detekované barvě probíhá 100krát za vteřinu.



Obr. 13. Mapování čísel k barvám[5]

Pro správnou funkci tohoto nového senzoru, prodávaného od července 2009, je nutné používat nejnovější firmware NXT kostky ve verzi 1.03 nebo novější. Rovněž je nutné si stáhnout nový programovací blok do programu Lego Mindstorms NXT, aby se zpřístupnily všechny funkce. Pro větší přesnost a omezení světelného rušení z vnějších zdrojů umělého osvětlení je tento barevný senzor možné nakonfigurovat pro práci v různých oblastech

světa podle toho, zda se v této oblasti používá v elektrických sítích střídavý proud o frekvenci 50 Hz nebo 60 Hz. Blikání umělého osvětlení by totiž mohlo barevný senzor rušit a způsobovat interference a jeho nepřesnost, pokud by nebyl správně nastaven. V elektrické síti s 50Hz proudem blikne žárovka 100krát za vteřinu a v síti s 60Hz proudem blikne žárovka 120krát za vteřinu. V České republice se v síti používá 50 Hz, a proto je nutné si stáhnout speciální program ze stránek výrobce a přečíst si instalační instrukce.[5]

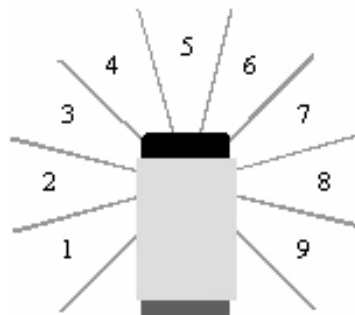
1.2.2 Infračervený senzor V2

Infračervený senzor (IR senzor) umožňuje zachycovat infračervené záření a vyhodnocovat ho.



Obr. 14. Infračervený senzor V2[5]

Zorné pole senzoru je 240°. Lze detekovat směr příchozího záření. Pokud se zdroj infračerveného záření nachází vpravo, bude indikována hodnota 9, v přímém směru 5 a vlevo 1. Pokud se v zorném poli nenachází, je indikována hodnota 0.



Obr. 15. Směrové hodnoty[5]

Také se dá určit síla příchozího signálu, což umožní přibližně odhadnout vzdálenost objektu, který záření vysílá. Detekce je umožněna zakřivenou čočkou a 5 interními snímači záření. Senzor je určen pro použití s infračervenou koulí.

K dispozici jsou 2 pracovní módy:

- Modulovaný mód (AC) – senzor detekuje modulované signály z IR koule nebo IR ovládání, senzor je naladěn na signál čtvercového průběhu o frekvenci 1200 Hz.
- Nemodulovaný mód (DC) – senzor bude detekovat nemodulované IR signály jako starší model IR koule nebo sluneční svit.[5]

1.2.3 EOPD senzor

EOPD je zkratkou pro electro-optical proximity detector neboli elektro-optický senzor vzdálenosti.



Obr. 16. EOPD senzor[5]

Je zde využít impulsní zdroj světla pro měření vzdálenosti. Světlo se odráží od objektů před senzorem a vrací se zpět do senzoru, kde je vyhodnocena jeho intenzita. Nejdříve je změřena intenzita světla před vysláním impulsního světla a poté je měřena intenzita světla během vysílání impulsního světla. Rozdíl v intenzitách je v senzoru odečten a tím je získána přesná hodnota bez vlivu okolního rušení. Impulsní světlo je využito proto, aby se snížil vliv světelného rušení okolního prostředí.

K dispozici jsou 2 úrovně citlivosti:

- Citlivost 4x - v tomto režimu citlivosti lze senzorem zjistit červenou kouli, která je součástí základní sady Lego Mindstorms NXT na vzdálenost nejméně 15 cm. Je ale citlivý na blízké bílé objekty a může se přetížit a selhat.
- Citlivost 1x – v tomto režimu citlivosti lze senzorem zjistit blízké bílé objekty bez přetížení, například bílý Lego dílek na černém, větším Lego dílku.[5]

1.2.4 IR link senzor

Infračervený spojovací senzor nabízí možnost komunikovat s jinými zařízeními pomocí infračervených signálů. Je možné pomocí něj ovládat až tři LEGO R/C vlaky, Technic Motorized Bulldozer, Monster Dino či komunikovat se starší Lego RCX kostkou a číst hodnoty jejích senzorů a ovládat její připojené motory.[5]



Obr. 17. IR link senzor[5]

1.2.5 IR receiver senzor

Jedná se o infračervený přijímací senzor. V kombinaci s LEGO Power Functions dálkovými ovladači je možné na dálku kontrolovat robota Mindstorms NXT.[5]



Obr. 18. IR přijímací senzor[5]



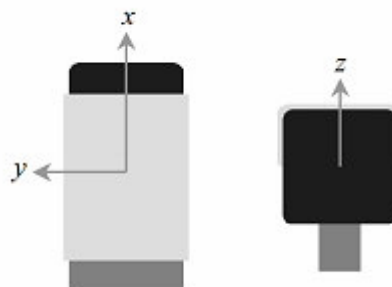
Obr. 19. Power Functions infračervené dálkové ovladače[5]

1.2.6 Senzor akcelerace a náklonu

Tímto senzorem je měřeno zrychlení a úroveň náklonu ve třech osách. Standardně x, y, z. Zrychlení dokáže změřit v rozsahu od -2 g do +2 g s rozlišením 200 kroků/g. Pomocí senzoru lze zjistit, jestli je robot vyvážený či v horizontální poloze. Takže je možné vytvořit roboty samostatně vyhledávající svou stabilní polohu.[5]



Obr. 20. Senzor akcelerace a náklonu[5]



Obr. 21. Zobrazení os senzoru[5]

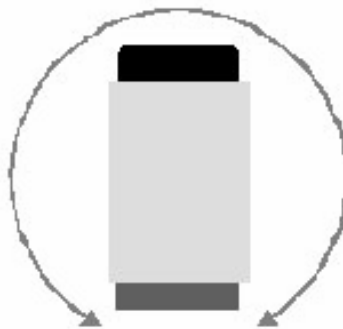
1.2.7 Gyroskopický senzor

Gyroskopickým senzorem je měřena rotace v jedné ose. Lze pomocí něj určit i směr otáčení.



Obr. 22. Gyroskopický senzor[5]

Rotace je měřena ve stupních za vteřinu. Senzorem lze změřit až 360 stupňů za vteřinu v obou směrech. To je důležité u chodících dvounohých robotů, tzv. bipedů, pro udržení rovnováhy a u dalších robotů, kteří mohou balancovat.[5]



Obr. 23. Měřená osa senzoru[5]

1.2.8 Compass senzor

Digitální kompas je určen k měření magnetického pole Země a počítání směrového úhlu.



Obr. 24. Compass senzor[5]

K dispozici jsou 2 pracovní režimy:

- Čtecí – v tomto režimu je vyhodnocen aktuální směr pokaždé, když je programem vyslán čtecí příkaz.
- Kalibrační – kalibraci lze vykompenzovat vnější magnetické ruhy vznikající od motorů či baterií.[5]

1.2.9 Infračervená koule

Tato dokonale vyvážená infračervená koule má průměr 75 mm. Je v ní namontováno 20 IR LED diod, čímž je vyloučena slepá poloha. Zdrojem energie jsou 4 AAA mikrotužkové články. Vyžaduje kombinaci s IR senzorem pro vyhledávání jejího IR signálu.



Obr. 25. IR koule[5]

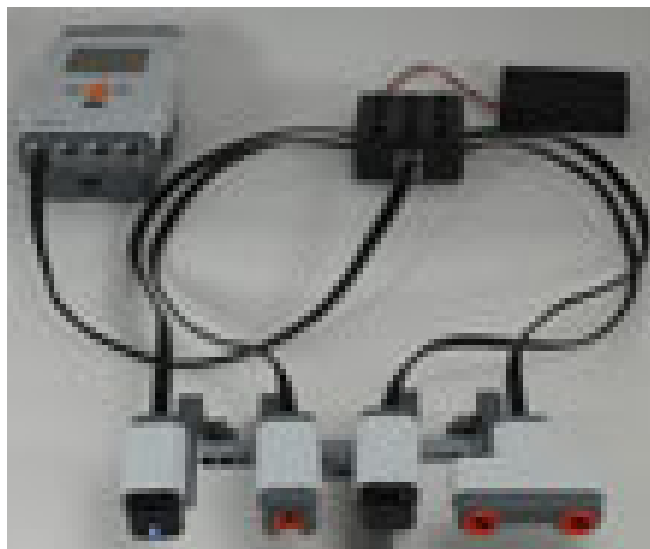
K dispozici jsou 4 pracovní módy:

- Plné pokrytí IR signálů
- Nemodulovaný mód
- Modulovaný mód na frekvenci 600 Hz
- Modulovaný mód na frekvenci 1200 Hz

Na modulované frekvence může být naladěn IR senzor a s pomocí dalších senzorů může robot určit přesnou polohu koule. Kouli lze senzorem detekovat až na vzdálenost 5 metrů. Je také využívána pro robotický fotbal.[5]

1.2.10 Sensorový multiplexor

Neboli SMUX. Lze k němu připojit až 4 senzory a přitom bude obsazen jen 1 vstupní port NXT kostky. Je vyžadována vlastní 9 V baterie pro napájení připojených senzorů. Je možné k němu připojit digitální i analogové senzory. Programová podpora je připravována.[5]



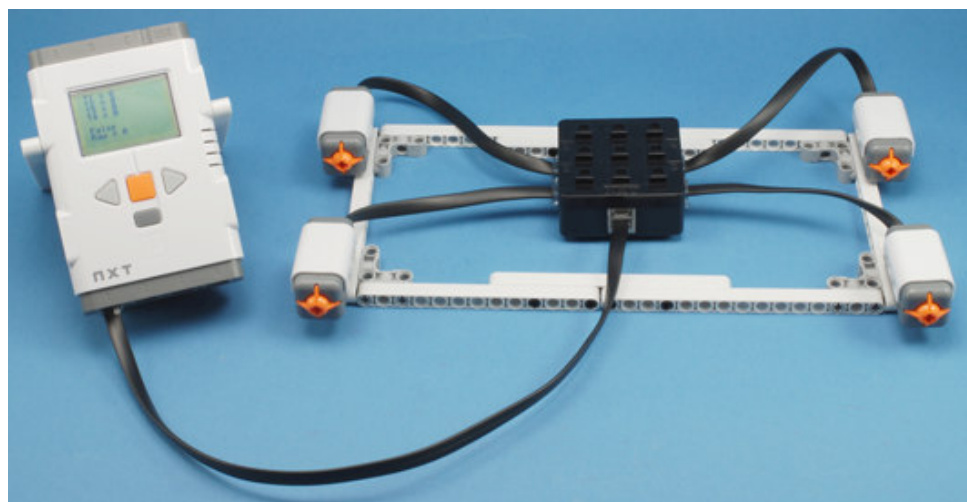
Obr. 26. Sensorový multiplexor s připojenými senzory, NXT kostkou a vlastní baterií[5]

1.2.11 Multiplexor dotykových senzorů

Neboli touch sensor MUX. Lze k němu připojit až 4 dotykové senzory a přitom bude obsazen jen 1 vstupní port NXT kostky. S jinými senzory nebude fungovat. Nevyžaduje vlastní napájecí zdroj. Jedním čtecím příkazem lze zjistit stav všech čtyř dotykových senzorů zároveň.[5]



Obr. 27. Multiplexor dotykových senzorů[5]



Obr. 28. Ukázka použití multiplexoru dotykových senzorů[5]

1.3 Komponenty od firmy Codatex

V únoru roku 2010 byla mezi firmami Lego a Codatex uzavřena smlouva o výrobě certifikovaných komponentů pro stavebnici Lego Mindstorms NXT. Jedná se o RFID senzor a bezkontaktní karty, čipy a tagy neboli transpondéry. Je možné je zakoupit v internetovém obchodě firmy Codatex vytvořeném firmou xt:Commerce GmbH.[8]



Obr. 29. Logo firmy Codatex[8]

1.3.1 RFID senzor

Je to bezkontaktní čtečka karet, tzv. transceiver. Je určen ke čtení bezkontaktních identifikačních karet typu EM4102 pracujících na frekvenci 125 kHz.



Obr. 30. RFID senzor[8]

K identifikaci je využito 5 bytové číslo, což znamená 240 kombinací. Čtečka je schopná detekovat karty až do vzdálenosti 3 cm, ale záleží na velikosti a natočení karty.

K dispozici jsou 3 čtecí režimy:

- Jedno přečtení
- Neustálé čtení
- Stop

Obsahuje LED diodu pro signalizaci přečtení bezkontaktní karty a automatické vypínání pro šetření baterie. Umožňuje pozdější rozšíření možností aktualizací firmwaru.[8]

1.3.2 Transpondéry

K dispozici jsou různé druhy transpondérů prodávané samostatně i v sadách. Jsou k dostání ve formě klíčenky, plastového kroužku k nalepení, karty, náramku a různobarevných tagů.[8]



Obr. 31. Transpondér ve formě klíčenky[8]

1.4 Komponenty od firmy Pitsco

Firma Pitsco Inc. byla založena v roce 1971 v USA. Název společnosti Pitsco vznikl složením počátečních písmen slov Pittsburg Industrial Teachers Service Company. Mezi společnostmi Pitsco Inc. a The Lego Company Inc. byl v roce 1997 založen společný podnik Lego education. Ten se zabývá hlavně rozšiřováním výukových možností a zlepšováním výukových programů základních a středních škol v USA. Využít produkty pod záštitou tohoto podniku může samozřejmě kdokoliv.[9][10]



Obr. 32. Logo společnosti Pitsco Inc.[10]

1.4.1 Stavebnice Tetrax

Tato stavebnice je navržena pro použití s Lego Mindstorms NXT stavebnicemi.



Obr. 33. Základní vzdělávací sada se stavebnicemi Mindstorms a Tetrax[11]

Stavebnice obsahuje speciální Hard point konektory určené k připevnění standardních komponentů stavebnice Mindstorms NXT jako jsou stavební dílky, senzory, NXT kostka a servomotory. Tato stavebnice obsahuje rovněž NiMh baterie, nabíječku baterií, silné servomotory, Hitechnic kontroléry, kola, propojovací kabely a speciální hliníkové stavební díly. Pomocí nich lze stavět robustnější robotické konstrukce. Při použití speciálního Hitechnic kontroléru DC motorů lze ovládat silnější servomotory a tak rozpohybovat hliníková ozubená kola různých velikostí nebo celou stavebnici. Na jeden servokontrolér se dá připojit 6 servomotorů stavebnice Mindstorms NXT a na jeden kontrolér DC motorů až 2 DC motory. Na jeden port je možné připojit více kontrolérů a rozšířit tak počet motorů využitelných ve stavebnici. Stavebnici Tetrax lze programovat pomocí vývojových prostředí a jazyků NXT-G, LabVIEW a RobotC.[9][10]



Obr. 34. Ukázka konstrukce stavebnice Tetrax s NXT kostkou[9]

2 NESTANDARDNÍ KOMPONENTY PRO MINDSTORMS NXT

Firmy vyrábějící nestandardní komponenty pro stavebnici Lego Mindstorms NXT nemají nic společného s The LEGO Group a jejich výrobky nejsou firmou Lego certifikovány. Itak jsou ale tyto komponenty kompatibilní se stavebnicí Lego Mindstorms NXT a rozšiřují její možnosti.

2.1 Komponenty od firmy Mindsensors

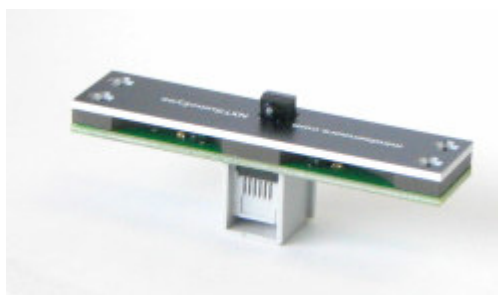
Jedná se o pokročilé senzory, servomotory, kontroléry, kabely a konektory nestandardních tvarů a rozměrů od firmy Mindsensors. Tento výrobce nemá nic společného s The LEGO Group, ale jeho výrobky jsou kompatibilní se stavebnicí Lego Mindstorms NXT. Komponenty jsou většinou upevňovány pomocí standardních Lego hřídel. Pro správnou funkci senzorů je nutné používat aktualizovaný firmware NXT kostky v co nejnovější verzi.[12]

mindsensors.com

Obr. 35. Logo firmy Mindsensors[12]

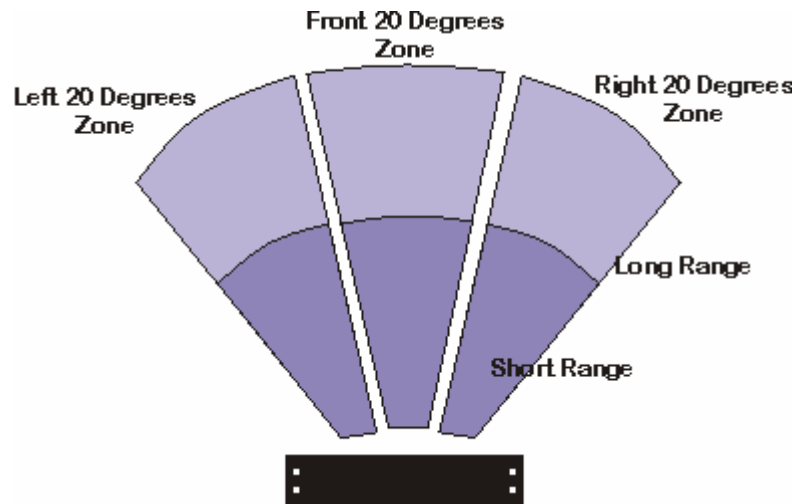
2.1.1 Dual range TZIOD senzor

Dual range tripple zone infrared obstacle detector neboli zdvojený třízónový infračervený detektor překážek. Někdy je též nazýván NXT SumoEyes. Z názvu je patrné, že senzor slouží k rozpoznání překážek.



Obr. 36. Dual range TZIOD senzor[12]

Překážky lze detekovat na vzdálenost až 30 centimetrů. Třízónový znamená, že překážky jsou zjišťovány ve třech zónách, směrech v celkovém rozsahu 60°. Vepředu vlevo, vepředu vpravo nebo přímo vepředu.



Obr. 37. Zóny dosahu[12]

K dispozici jsou 2 pracovní režimy:

- Krátký dosah – infračervený paprsek s dosahem do 15 cm
- Dlouhý dosah – infračervený paprsek s dosahem do 30 cm[12]

2.1.2 Vision Subsystem v3

Neboli NXTcam v3. Jedná se o kameru. Obraz je zpracováván v reálném čase, což poskytuje možnost sledovat čáru nebo až 8 barevných objektů s frekvencí 30 fps. Uživatel může definovat barvy, které se mají sledovat.

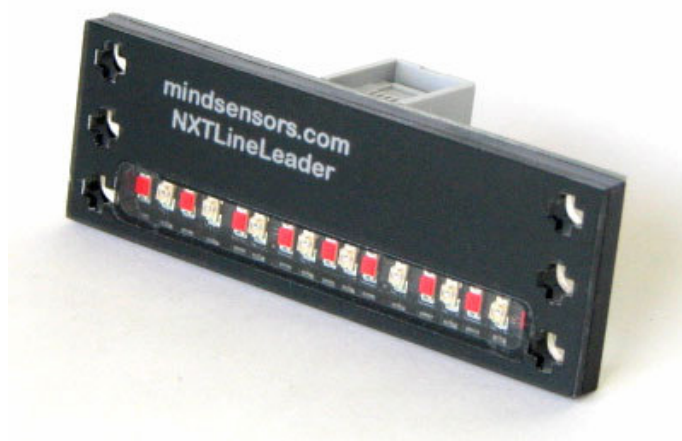


Obr. 38. Vision subsystem v3[12]

Kamera má nastavitelnou ohniskovou vzdálenost a čočky s infračerveným filtrem. Pro správnou funkci vyžaduje fluorescenční bílé světlo, které si umí vytvořit vlastním přísvitem. V NXT kostce je vyžadován firmware verze 1.05 nebo vyšší. Používání kamery vyžaduje rozsáhlé programovací a analytické znalosti.[12]

2.1.3 Line leader senzor

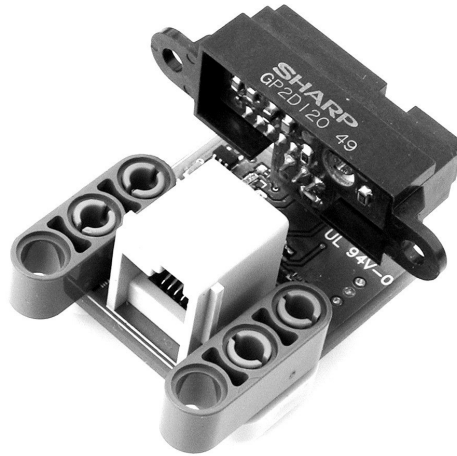
Senzor sledování čáry obsahuje 8 světelných senzorů umístěných v jedné řadě. Z názvu vyplývá, že je vhodný hlavně pro přesné sledování čáry. Při sledování čáry mu nejsou překážkou ani pravé úhly, se kterými mají standardní světelné senzory problémy.[12]



Obr. 39. Line leader senzor[12]

2.1.4 Infračervený senzor vzdálenosti – krátký dosah

Infračervený senzor je určen k měření vzdálenosti objektů pomocí infračerveného světla. V závislosti na použitém infračerveném snímači firmy Sharp lze měřit různé vzdálenosti.



Obr. 40. Infračervený senzor vzdálenosti[12]

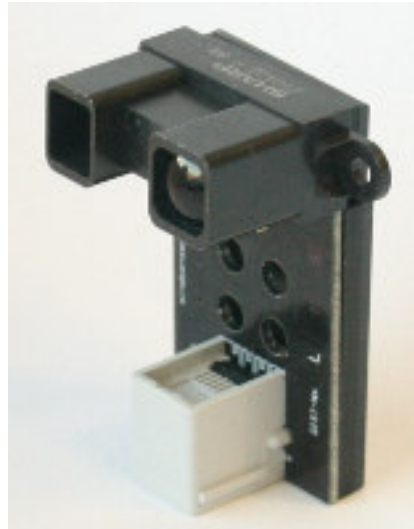
Tento senzor s krátkým dosahem lze použít k detekci objektů ve vzdálenosti 4-30 cm. Měří s přesností na 10 cm. Je dodáván již kalibrovaný. Naměřené hodnoty jsou automaticky převáděny na milimetry. Podobně jako akcelerometr podporuje funkci automatické detekce paralelní architektury (ADPA). To znamená, že senzor může být umístěn na jednom portu spolu s dalším senzorem, aniž by se ovlivňovaly. Bez použití multiplexoru. Maximální proudový odběr je 30 mA při 4,7 V. Pokud senzor není používán, tak je zde možnost ho vypnout a šetřit energii.[12]

2.1.5 Infračervený senzor vzdálenosti – střední dosah

Funkce i konstrukce je stejná jako u infračerveného senzoru s krátkým dosahem. Jen je použit jiný snímač infračerveného záření. Objekty lze zjistit na vzdálenost 10 cm až 80 cm. Maximální proudový odběr je opět 30 mA při 4,7 V.[12]

2.1.6 Infračervený senzor vzdálenosti – dlouhý dosah

Funkce je stejná jako u infračerveného senzoru s krátkým a se středním dosahem. Konstrukce je ovšem trochu robustnější. Objekty lze detekovat na vzdálenost 20 cm až 150 cm. Maximální proudový odběr je opět 30 mA při 4,7 V.[12]



Obr. 41. Infračervený senzor vzdálenosti – dlouhý dosah[12]

2.1.7 Sony PlayStation 2 Controller interface

Pomocí tohoto kontrolního rozhraní je možné ovládat robota Mindstorms NXT ovladačem k herní konzoli Sony Playstation 2 neboli PS2.



Obr. 42. Sony PS2 kontrolní rozhraní[12]

Do konektoru na desce je nutné připojit bezdrátový modul pro komunikaci s ovladačem. Teprve potom může mezi ovladačem a kontrolérem probíhat bezdrátová komunikace pomocí rozhraní wifi na frekvenci 2,4 GHz. Ovladači konzole PS2 se říká gamepad. Má dva analogové joysticky a 16 tlačítek. To poskytuje široké možnosti ovládání robota. Maximální proudový odběr kontroléru při komunikaci s PS2 je 15 mA při 4,7 V.[12]

2.1.8 Ostatní

- Senzor akcelerace v3
- Senzor pneumatického tlaku v2
- Hodiny
- Wattmetr[12]

2.2 Komponenty od firmy Vernier

Firma Vernier Software & Technology vyrábí nestandardní komponenty pro stavebnici Lego Mindstorms NXT. Připojují se přes speciální senzorový adaptér. Jedná se vlastně o senzory a měřicí sondy, které rozšiřují výukové možnosti stavebnice Mindstorms NXT hlavně v oblasti fyziky, chemie a biologie. Senzory jsou určeny jen pro výukové účely. Lze je programovat pomocí vývojových prostředí Lego Mindstorms NXT, LabVIEW nebo Robolab. Většina senzorů je již od výroby kalibrována a vybavena obvody s teplotní kompenzací.[13]



Obr. 43. Logo firmy Vernier[13]

2.2.1 NXT senzorový adaptér

K senzorovému adaptéru lze připojit vždy jeden senzor firmy Vernier pomocí standardních Lego kabelů s konektory RJ12. Adaptér slouží jako redukce. Existuje přes 30 kompatibilních senzorů.[13]



Obr. 44. NXT senzorový adaptér[13]

2.2.2 Fyzikální experimenty

2.2.2.1 Světelný senzor

Světelný senzor firmy Vernier je určen k měření intenzity světla v různých podmínkách. Lze ho využít pro studium polarizátorů, odrazů, solární energie a dalších jevů.



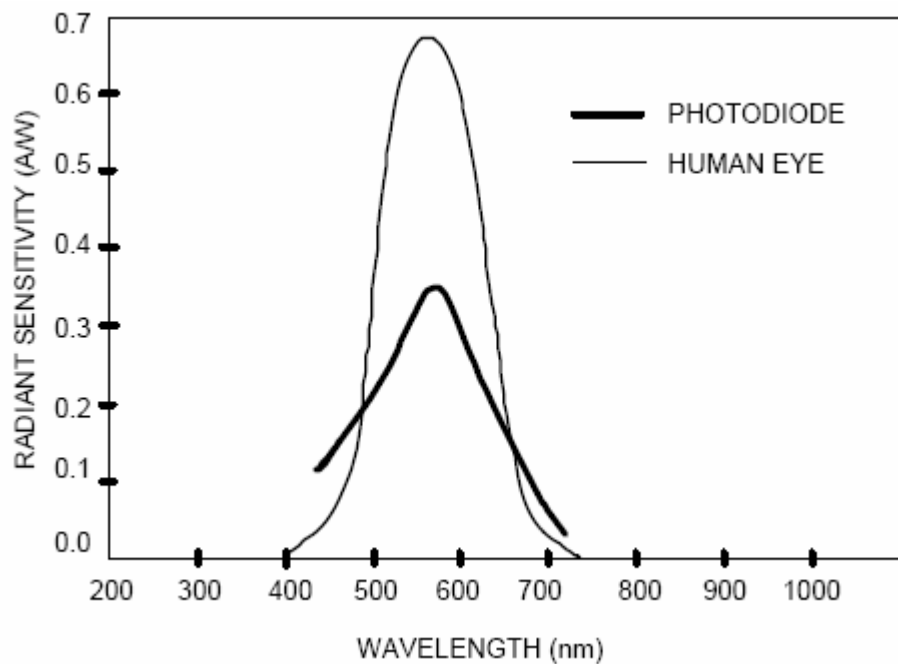
Obr. 45. Světelný senzor firmy Vernier[13]

Tento senzor využívá silikonovou fotodiodu Hamamatsu S1133. Ta produkuje napětí úměrné světelné intenzitě. Spektrální odezvou je aproximována odezva lidského oka. Přepínačem na krabičce senzoru lze přepínat citlivost senzoru.

K dispozici jsou 3 rozsahy citlivosti senzoru:

- Rozsah 0-600 luxů je vhodný při nízké intenzitě světla s přesností na 0,2 luxů
- Rozsah 0-6000 luxů je vhodný při běžném vnitřním osvětlení s přesností na 2 luxy
- Rozsah 0-150000 luxů je vhodný při měření na slunci s přesností na 50 luxů

Přesnost měření je proměnlivá v závislosti na tom, k jakému laboratornímu rozhraní je senzor připojen.[13]



Obr. 46. Spektrální odezva fotodiody Hamamatsu S1133[13]

2.2.2.2 Senzor magnetického pole

Senzorem magnetického pole lze měřit vektorovou složku magnetického pole v blízkosti otočné špičky senzoru. Špička může být nastavována. Tím je umožněno měřit i magnetická pole, která leží paralelně či kolmo k delší ose senzoru.



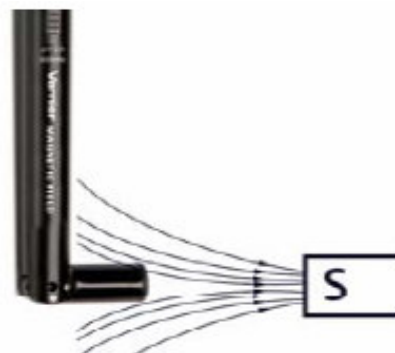
Obr. 47. Senzor magnetického pole[13]

Je zde využit Hallův snímač. Tím je produkováno napětí lineárně se měnící spolu s magnetickým polem. Je měřena složka magnetického pole, která je kolmá k bílému bodu senzoru. Měření proběhne úspěšně, pokud bílý bod na senzoru míří k magnetickému jižnímu pólu. Magnetický sever lze nalézt tak, že je senzor umístěn vertikálně, ale měřící špička senzoru je ohnuta do horizontální polohy. Poté je senzorem otáčeno, dokud není nalezeno největší napětí.



Obr. 48. Ukázka použití senzoru magnetického pole[13]

Magnetickou inklinaci v aktuální oblasti lze nalézt držením senzoru bílým bodem k severu a ohýbáním sensorové špičky, dokud není nalezeno největší napětí. Úhel mezi sensorovou špičkou a vertikálně drženou trubicí senzoru je magnetickou inklinací. Je třeba si uvědomit, že severní pól volně zavěšeného magnetu míří na sever, poněvadž magnetické pole Země v severní hemisféře je jižním magnetickým pólem.[13]



Obr. 49. Hledání magnetické inklinace[13]

K dispozici jsou dva měřicí rozsahy nastavované přepínačem:

- Rozsah $-6,4 \text{ mT}$ až $+6,4 \text{ mT}$ neboli -64 gauss až $+64 \text{ gauss}$ je určen k měření silných magnetických polí. V tomto nastavení každý volt představuje 32 gauss.
- Rozsah $-0,3 \text{ mT}$ až $+0,3 \text{ mT}$ neboli $-3,2 \text{ gauss}$ až $+3,2 \text{ gauss}$ je určen k měření slabých magnetických polí. V tomto nastavení každý volt představuje 1,6 gauss.[13]

2.2.2.3 Měřič hladiny zvuku

Tento senzor je určen k měření hladiny zvuku v decibelech.



Obr. 50. Měřič hladiny zvuku[13]

K měření hladiny zvuku je využit elektrický kondenzátorový mikrofon, tzv. elektret. Je umístěn vepředu na horní straně měřiče. Výstup mikrofonu je připojen na sérii elektronických filtrů, zesilovačů, integrátorů a sčítacích obvodů. Díky tomu je mikrofon schopen naměřit jednotnou hladinu akustického tlaku. Použitý mikrofon je směrový, což znamená, že měřič musí být namířen směrem k měřenému zdroji zvuku. Měřič je vybaven LCD displejem s úhlopříčkou 3,5 palce, takže lze měřené hodnoty sledovat i samostatně bez připojení k laboratornímu rozhraní. Měřič může být nastaven na 2 měřicí rozsahy. Při použití nízkého rozsahu je měřič schopen zaznamenávat akustický tlak 35 dB až 90 dB. Při použití velkého rozsahu je měřič schopen zaznamenávat akustický tlak 75 dB až 130 dB. Přesnost měření je $\pm 1,5 \text{ dB}$ při akustickém tlaku 95 dB s frekvencí zvuku 1 kHz. Rozsah měřitelných frekvencí je od 31,5 Hz do 8000 Hz.[13]

2.2.2.4 Měřiče UV záření

Jedná se o senzory ultrafialového světla. Jeden je určen k měření intenzity UVA záření a druhý k měření intenzity UVB záření. UVA záření má vlnovou délku přibližně 320 nm až 390 nm a UVB záření má vlnovou délku přibližně 290 nm až 320 nm.



Obr. 51. Měřič UVB záření[13]

Tyto senzory využívají širokopásmovou silikonovou fotodiodu citlivou na UV záření. Touto fotodiodou je vytvářen proud úměrný intenzitě UV záření. Selektivní filtr omezuje vlnovou délku světla dopadajícího na fotodiodu jen na UVA a UVB záření. Signál z fotodiody je pak zesílen a poslán na výstup. Intenzita záření je udávána v jednotkách erytermálně posuzovaného záření mW/cm^2 . Při měření UVB záření lze také vypočítat hodnotu UV indexu. Erytermálně posuzované záření o hodnotě $0,25 \text{ mW}/\text{cm}^2$ odpovídá UV indexu s hodnotou 10. Rozměry celého senzoru jsou 21 cm na délku s průměrem 2 cm. Doba měření potřebná k dosažení 95 % finální hodnoty je 2 vteřiny.[13]

2.2.3 Elektrické experimenty

2.2.3.1 Senzor elektrického náboje

Je to elektronický elektroskop. Narozdíl od tradičních elektroskopů lze měřit kvantitativně. Numerická měření zlepšují výsledky experimentů.



Obr. 52. Senzor elektrického náboje[13]

Je to možné díky vysoké impedanci tohoto napěťového senzoru a také díky sériovému propojení kondenzátoru a rezistoru ve vstupním obvodu. Toto zapojení kondenzátoru s kapacitou $0,01 \mu\text{F}$ a rezistoru s odporem $1 \text{ M}\Omega$ je schopno ochránit senzor před velkými proudovými nárazy. Na kondenzátoru bude hromaděn náboj, dokud nebude dosaženo napětí zdroje neboli rovnováhy. Malé množství náboje lze změřit, přestože je jeho počáteční potenciál větší než vstupní rozsah senzoru. Maximální vstupní napětí může být až 150 V .

K dispozici jsou 3 úrovně měřicího rozsahu:

- $-0,5 \text{ V}$ až $+0,5 \text{ V}$ neboli -5 nC až $+5 \text{ nC}$
- -2 V až $+2 \text{ V}$ neboli -20 nC až $+20 \text{ nC}$
- -10 V až $+10 \text{ V}$ neboli -100 nC až $+100 \text{ nC}$ [13]

2.2.3.2 Elektrodový zesilovač

Je určen ke sběru dat z jakéhokoliv senzoru s BNC konektorem. Elektrodovým zesilovačem lze zesílit milivoltový výstup ze senzoru. Ten pak může být lépe monitorován laboratorním rozhraním.



Obr. 53. Elektrodový zesilovač[13]

Jeden konec zesilovače se připojí BNC konektorem k senzoru a druhý konec zesilovače k laboratornímu rozhraní. Senzorem je v tomto případě myšlena spíše měřící elektroda. Zesilovač byl určen hlavně pro měřič pH. Proto je schopen dodávat výstupní hodnoty v jednotkách pH. V případě propojení s jinou měřící elektrodou, např. senzorem oxidačně-redukčního potenciálu (ORP), je možné nastavit výstupní hodnoty ke čtení v jednotkách mV. Rozsah vstupního napětí by měl být od -450 mV do 1100 mV. Vstupní impedance zesilovače je 100 M Ω . Maximální proudový odběr je 7 mA při 5 V.[13]

2.2.4 Ostatní

- Fyzikální experimenty - senzor akcelerace 25-g, senzor akcelerace low-g, barometr, dvou rozsahový dynamometr, siloměrná deska, měřič průtoku.
- Elektrické experimenty - ampérmetr, voltmetr, přístrojový zesilovač
- Chemické experimenty - kolorimetr, konduktometr, salinometr, měřič plynného kyslíku, měřič rozpuštěného kyslíku, ORP senzor, měřič pH, měřič relativní vlhkosti, měřič vlhkosti půdy, turbidimetr.

- Měření teploty - teplotní sonda – extra dlouhá, ocelový teploměr, měřič teploty povrchu, termoelektrický snímač.
- Fyziologické experimenty - senzor tlaku plynu, opasek sledování dechu, měřič síly stisku.

2.3 Komponenty od firmy Catcan

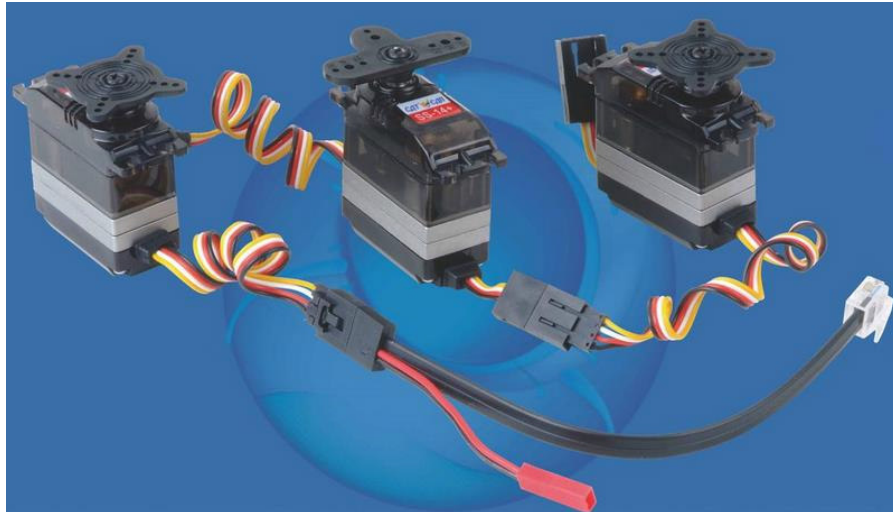
Taiwanská společnost Catcan je pobočkou společnosti Galaxy far east corp. a zabývá se výrobou nestandardních servomotorů a snímačů pro stavebnici Lego Mindstorms NXT. K dispozici jsou programovací bloky pro vývojová prostředí LabVIEW a Lego Mindstorms NXT.[14][15]



Obr. 54. Logo firmy Catcan[14]

2.3.1 Smartservo SS-14+

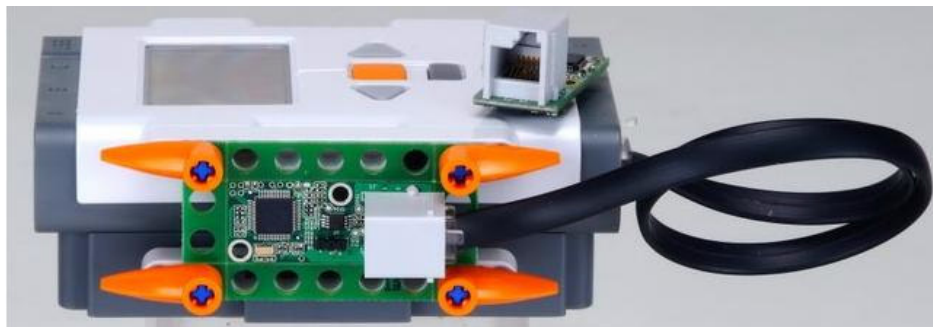
Obsahuje vestavěné senzory napětí, proudu, teploty, točivého momentu a rychlosti. Rozsah otáčení servomotoru je přibližně od -75° do $+75^\circ$. S NXT kostkou musí být propojen přes speciální redukční kabel. Tento kabel má vyveden další konektor pro externí napájení servomotoru. Servomotor vyžaduje externí napájení 5,4 V až 7,5 V. Lze mezi sebou propojit více servomotorů zapojených do série na jeden výstup NXT kostky. Je však třeba pamatovat na dostatečné přídatné napájení.[15]



Obr. 55. Tři servomotory Smartservo SS-14+[15]

2.3.2 Smartsensor Lite version

Je to gyroskopický a akcelerační senzor. Výstupní informací je 3D vektor s přesnou pozicí. S NXT kostkou se propojuje standardním Lego kabelem s konektory RJ12. Je vyžadováno pracovní napětí 5 V. Obsahuje dvě indikační LED diody. Ke stavebnici ho lze připevnit pomocí standardních Lego hřídelí.[15]



Obr. 56. Smartsensor Lite version upevněný k NXT kostce[15]

3 VÝVOJOVÁ PROSTŘEDÍ PRO MINDSTORMS NXT

Programy pro NXT kostku lze vytvářet pomocí vývojových prostředí a programovacích jazyků. Obecně platí, že grafická vývojová prostředí jsou uživatelsky přívětivější a jejich používání nevyžaduje pokročilé programovací znalosti. Jsou pro ně vytvořeny programovací bloky, které se vizuálně propojují. Textově orientované jazyky jsou sice náročnější na zvládnutí, ale dají se s nimi tvořit složitější a dokonalejší programy. Jsou pro ně vytvořeny speciální knihovny.

Mezi grafická vývojová prostředí pro Lego Mindstorms NXT patří:

- Lego Mindstorms NXT software – využívá programovací jazyk NXT-G, programovací bloky se umísťují na osu a jejich vstupy a výstupy se vizuálně propojují datovými vlákny.
- LabVIEW – toto programovací prostředí pracuje na podobném principu jako software Lego Mindstorms NXT
- Robolab – programovací prostředí založené na LabVIEW
- Microsoft robotics developer studio – toto prostředí umožňuje vizuální programování a simulace, je založeno na .NET knihovnách, podporuje také jazyky C#, Visual basic, .NET, JScript, IronPython.

Mezi textově orientované jazyky pro Lego Mindstorms NXT patří:

- RobotC – programovací jazyk pro Mindstorms NXT založený na jazyku C, pro správnou funkci vyžaduje speciální firmware v NXT kostce
- NBC – jedná se o jazyk symbolických instrukcí pro NXT
- NXC – jedná se o otevřený vyšší jazyk založený na NBC, je podobný jazyku C
- leJOS NXJ – jedná se o otevřený vyšší jazyk založený na jazyku Java, potřebuje ke své funkci speciální firmware leJos, který vytváří virtuální Java počítač v NXT kostce
- pbLua – jedná se o univerzální scriptovací jazyk pro NXT kostku[2]

4 REŠERŠE EXISTUJÍCÍCH APLIKACÍ PRO VÝUKU

Následující konstrukční řešení byly navrženy uživateli stavebnice Lego Mindstorms NXT a mohly by posloužit jako inspirace novým uživatelům. Tato vybraná konstrukční řešení se také týkají oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management a mohla by být použita pro výukové účely.

4.1 Trezory a zámky

Následující konstrukční řešení jsou navržena tak, aby vzhledem připomínaly trezory nebo zámkové systémy a simulovaly jejich funkce. V žádném případě je nelze využít k bezpečnému uchovávání či střežení cenných předmětů. Jsou zde využity pouze stavební prvky, senzory a servomotory určené pro stavebnici Lego Mindstorms NXT, a proto lze tyto konstrukce snadno rozebrat nebo je zničit. Rovněž jsou limitovány slabou výdrží baterie NXT kostky. Jsou však vhodné pro zábavu a výukové účely.

4.1.1 NXT trezor

Tento trezor je vytvořen z mnoha dílků Lego. K vytvoření tohoto trezoru by bylo potřeba několik stavebnic Lego Mindstorms NXT i s rozšiřujícími sadami. Funkce trezoru jsou ovládány pomocí programu v NXT kostce.



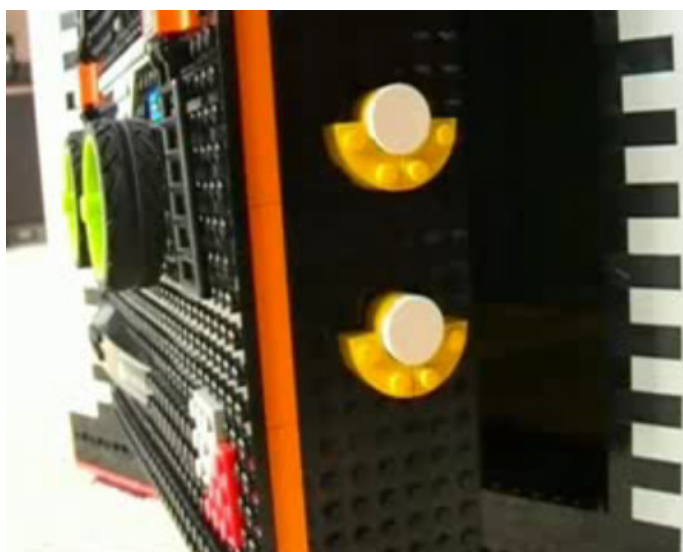
Obr. 57. NXT trezor v otevřeném stavu[17]

V trezoru je využit elektronický kódový zámek. K otevření trezoru je třeba zadat 5 dvoumístných čísel. Na přední straně dveří se nachází 2 kolečka. Čísla se zadávají otáčením levým kolečkem. Tato kolečka jsou propojena se servomotory pomocí hřídelí. Díky použitým servomotorům stavebnice Lego Mindstorms NXT s vestavěnými rotačními senzory lze přesně určit o kolik stupňů bylo kolečka otáčeno a v jakém směru.



Obr. 58. Zadávání kódu[17]

Dvoumístná čísla se zobrazují na displeji NXT kostky v závislosti na otáčení levým kolečkem. Pokud bylo kolečkem otáčeno vlevo, mají zobrazovaná čísla zápornou hodnotu. A pokud bylo kolečkem otáčeno vpravo, mají zobrazovaná čísla kladnou hodnotu. Při změně směru otáčení kolečka je naposledy zobrazená hodnota automaticky přijata a čeká se na další. Pravé kolečko je propojeno se servomotorem ovládajícím 5 kulatých závor dveří trezoru. Závor se po uzavření dveří a zadání odemykacího kódu vysunou do otvorů v pravé plastové zárubni trezoru.



Obr. 59. Detail kulatých závor ve dvířkách trezoru[17]

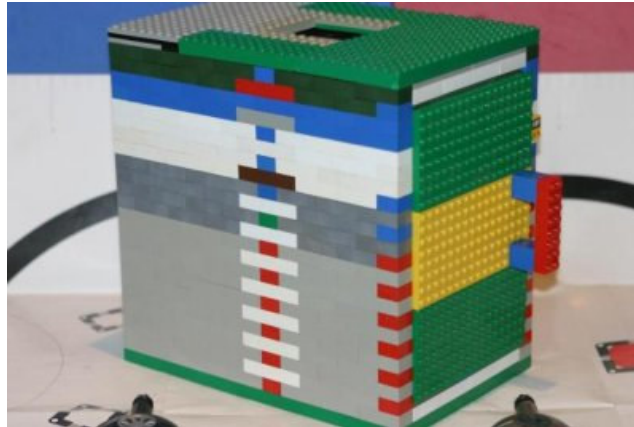
Po zadání správného odemykacího kódu jsou dvířka automaticky otevřena. Při zadání špatného kódu se z reproduktoru NXT kostky ozve smích a trezor zůstane nadále uzamčen. V trezoru jsou dále využity starší RCX senzory a senzor akcelerace firmy Hitechnic. Manipulace s uzamčeným trezorem je senzorem akcelerace rozpoznána a začne se ozývat zvuk sirény, dokud manipulace neustane. Při prvním spuštění programu musí být závory zasunuty do dvířek kvůli zaznamenání správné pozice do souboru, aby se předešlo problémům při nedostatku energie.

Parametry trezoru:

- Více než 305 miliard kódových kombinací
- Zadávání dvoumístných čísel v rozsahu od -99 do +99
- Hmotnost trezoru je 6,5 kg
- Vnější rozměry trezoru jsou 38 x 38 x 38 cm
- Objem vnitřního prostoru je 30 l
- Dvířka jsou tlustá 7 cm
- Vnitřní bezpečnostní sloupky znemožňující demontáž z vnějšku[16][17]

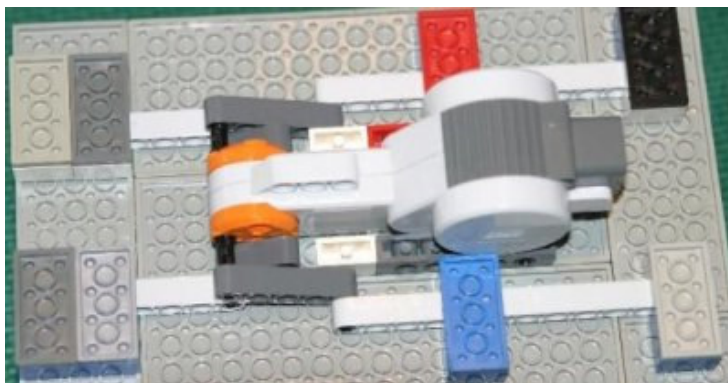
4.1.2 TAS V.01

K vybudování trezoru autor využil standardní Lego dílky, NXT kostku, servomotor a světelný senzor.



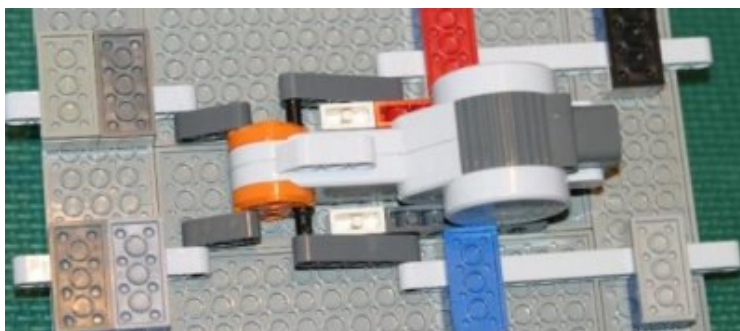
Obr. 60. TAS V.01[18]

Nejdříve sestavil dveře a kolem nich pak také zbytek trezoru. Servomotor je zde určen k ovládní 4 Lego dílků, které slouží jako závora k uzamčení dvířek trezoru. Rozsah otáčení servomotoru je nastaven na 180°, což je k tomuto účelu dostačující. V této konstrukci nejsou použity závěsy dveří, protože by to dle autora bylo příliš složité a náročné kvůli malým rozměrům trezoru. Obsah trezoru je proti odcizení chráněn také kódovou kombinací a zabudovaným světelným senzorem umístěným na pravé straně trezoru. K odemčení je nejdříve třeba zastínit světelný senzor prstem na asi 3 vteřiny dokud NXT kostka nepípne a nezobrazí na displeji nápis vložte heslo. Poté je třeba stisknout ve správném pořadí tlačítka na NXT kostce. Ta je zabudovaná do horní stěny trezoru, přičemž má odkrytý pouze displej a tlačítka. Pokud se vše povede, tak dojde k pohybu závora a odemčení dvířek. Poté lze dvířka vysadit a dostat se dovnitř trezoru.[18]



Obr. 61. Závory dvířek v poloze odemčeno[18]

K opětovnému uzavření trezoru stačí dvířka umístit zpět na své místo a stisknout oranžové tlačítko na NXT kostce. Tím dojde k opětovnému roztažení závor a zajištění dveří proti otevření.[18]



Obr. 62. Závory dvířek v poloze zamčeno[18]

4.2 Střežící a dozorové systémy

Následující konstrukční řešení jsou navrženy tak, aby simulovaly funkce střežících a dozorových systémů. V žádném případě je nelze využít k bezpečnému střežení prostorů nebo v jiných reálných provozech. Jsou zde využity pouze stavební prvky, senzory a servomotory určené pro stavebnici Lego Mindstorms NXT, a proto lze tyto konstrukce snadno rozebrat nebo je zničit. Rovněž jsou limitovány slabou výdrží baterie NXT kostky. Jsou však vhodné pro zábavu a výukové účely.

4.2.1 Guard bot

Více informací lze nalézt v knize The Unofficial Lego Mindstorms NXT inventor's guide od autora jménem David Perdue[1]

4.2.2 Robot vyhledávající světlo

Autorem tohoto robota je Tomáš Urbánek. Robot byl vytvořen v rámci autorovi bakalářské práce. Pomocí analýzy nejjasnějších bodů v obraze snímaném webkamerou dokázal robot automaticky vyhledat ve střežené místnosti světlo a přemístit se do jeho větší blízkosti. Tímto světlem mohlo být světlo od svítilny nebo i oheň. Takže by robot teoreticky mohl pomoci nočním hlídačům odhalit narušitele nebo vznikající požár.[19]

4.2.3 Techbricks.nl NXT bot

Tento robot je určen k dálkovému průzkumu či střežení objektu. K pohonu robota slouží 2 servomotory. Dále jsou zde využity 2 světelné senzory pro kontrolu pevného povrchu pod robotem. To zabrání robotovi při jízdě spadnout ze schodů. Ultrazvukovým senzorem lze detekovat překážky. Hitechnic compass senzor zase poslouží pro lepší orientaci v prostoru. Pro sledování obrazu před robotem autor využil bezdrátovou webkameru Axis 207w, která přenáší snímaný obraz do počítače přes bezdrátové rozhraní WiFi. Kamera potřebovala 5V napájecí zdroj. Proto autor využil 9V Lego baterii s přepínačem a napěťový regulátor 7805. Tak získal potřebné napájecí napětí 5 V.

K dálkovému řízení robota použil autor postupně 2 různé způsoby. Nejdříve využil senzor akcelerace firmy Hitechnic připojený k další NXT kostce. Ten detekoval výchylky v osách, které byly rozhraním bluetooth přenášeny do NXT kostky umístěné v robotovi a ten pak reagoval patřičnou změnou směru. Tento způsob nebyl moc efektivní kvůli omezením technologie Bluetooth a také byl náročný na programování.[20]



Obr. 63. V popředí je Techbricks NXT bot a v pozadí je druhá NXT kostka se senzorem akcelerace[20]

Druhý způsob byl mnohem efektivnější a snadnější. Autor zde už nepotřeboval další NXT kostku. K dálkovému řízení robota využil kontrolní rozhraní pro Sony playstation 2 od firmy Mindsensors připevněné k robotovi (viz. kapitola 2.1.7). Po správném naprogramování mohl robota řídit na dálku pomocí bezdrátového gamepadu od konzole Sony playstation 2.[20]



Obr. 64. V popředí je gamepad konzole PS2 a v pozadí je Techbricks NXT bot s kontrolním rozhraním pro PS2[20]

4.2.4 Room guard

Tento robot je určen k monitorování otevření dveří do místnosti. Zařízení je ke zdi upevněno pomocí šroubu. Pokud někdo vstoupí do místnosti, ozve se alarm. Alarm lze zrušit pouze správným provedením série úkonů. Nejdříve je třeba vložit kartu s barevným kódem do čtecího zařízení, které kartu povede ve správné vzdálenosti kolem světelného senzoru, který ji čte. Poté musí být čtyřikrát otočeno jedním ze servomotorů a stisknuto tlačítko dotykového senzoru. Potom je nutné ještě zadat správnou kombinaci tlačítek na NXT kostce. Všechny úkony musejí být provedeny správně a v určitém čase. Jinak alarm zůstane zapnutý. Toto zařízení bohužel nedokáže narušiteli zabránit ve vstupu do místnosti, krádeži a následnému opuštění místnosti. Je ovšem schopné upozornit majitele zvukovým výstražným signálem, že někdo vstoupil do jeho místnosti.[18]



Obr. 65. Room guard[18]

4.3 Přístupové systémy

Následující konstrukční řešení jsou navržena tak, aby simulovala funkce přístupových systémů. V žádném případě je nelze využít k bezpečné autentizaci osob v reálných provozech. Jsou zde využity pouze stavební prvky, senzory a servomotory určené pro stavebnici Lego Mindstorms NXT, a proto lze tyto konstrukce snadno rozebrat nebo je zničit. Rovněž jsou limitovány slabou výdrží baterie NXT kostky. Jsou však vhodné pro zábavu a výukové účely

4.3.1 RoboLock

Autorem toho robota je James Floyd Kelly a podrobný popis i návod na stavbu je uveden v jeho knize *LEGO MINDSTORMS NXT one-kit wonders* : ten inventions to spark your imagination. Tento robot byl původně určen jen jako přístupový systém k ochraně NXT kostky před neoprávněnými uživateli, neoprávněnému přístupu do menu NXT kostky a spouštění uložených programů. Je tedy možné ho použít v kombinaci s libovolnou konstrukcí robota. Autentizace uživatelů proběhne po vložení identifikační karty se 4 bitovou kombinací bílých a černých čtverečků do čtecího zařízení. To kartu uchopí a pak ji samo posouvá pomocí servomotoru kolem světelného senzoru, který čte její kód. Pokud

je kombinace správná, bude uživateli umožněn přístup k menu NXT kostky. RoboLock byl později doplněn o další funkci, a sice vyhledávání narušitelů v okolí pomocí ultrazvukového senzoru. Ten je připojen k servomotoru přes ozubená kola a při zapnutí tohoto režimu se senzor neustále otáčí kolem dokola a hledá narušitele. Počet neoprávněných pokusů o přístup a počet narušitelů je zaznamenáván. Pokud ovšem ultrazvukový senzor detekuje v rozmezí menším než 5 vteřin více narušitelů, zaznamená je jako jednoho. Pro odhlášení uživatele stačí stisknout tlačítko dotykového senzoru.[18][21]

4.3.2 Auto gate

Je to automatická brána pro kontrolu vstupu. Brána je ovládána servomotorem přes připojená ozubená kola. Světelný senzor slouží k rozpoznávání barvy přiložené plastové koule. Po přiložení správné barvy a stisknutí tlačítka dotykového senzoru se brána otevře. Brána se opět zavře po pár vteřinách, ale jen v případě, že ultrazvukový senzor nedetekuje překážku v prostoru brány. Pokud je přiložena nesprávná koule, zůstane brána uzavřena.[18]



Obr. 66. Auto gate s uzavřenou bránou[18]



Obr. 67. Auto gate s přiloženou koulí a otevřenou bránou[18]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 LABORATORNÍ ÚLOHA

Pro výukové účely jsem ze stavebnice Lego Mindstorms NXT navrhl robota napodobujícího funkci duálního detektoru typu PIR-US a jednoduchého přístupového systému s pomocí RFID čtečky a bezkontaktních identifikačních karet. K tomu jsem využil senzory firem Lego, Hitechnic a Codatex. V první části popíšu stručně činnost robota, potom konstrukci stavebnice, provedená měření s IR senzorem potřebná pro správnou činnost hlavního programu a nakonec vývojový diagram a hlavní program.

Na začátku se robot umístí na startovní výchozí pozici. Potom použije US senzor pro kontrolu, zda se před ním nenachází objekt nevyzařující IR záření. Pokud se žádný objekt neobjeví, tak se robot pootočí doprava a hledá znovu.

Když se objeví objekt nevyzařující infračervené záření, např. obyčejná umělohmotná koule, tak ji robot zjistí ultrazvukovým senzorem a z reproduktoru se ozve “objekt“. Po kontrole objektu IR senzorem robot zjistí, že to není narušitel. Nejedná se o IR kouli. Zahlásí “zkuste to znovu“ a opět se pootočí doprava.

Pokud je nalezena IR koule vyzařující infračervené záření, tak bude opět zjištěna ultrazvukovým senzorem. Tentokrát ji ale detekuje i infračervený senzor a robot kouli vyhodnotí jako narušitele, kterého je třeba zajistit. Robot zahlásí “pozor“ a rozevře ramena. Při nízké úrovni okolního osvětlení se rozsvítí dioda světelného senzoru kvůli indikaci narušení prostoru. Potom robot dojede k IR kouli a uchopí ji svými rameny. Robot pustí IR kouli až po přiložení správné identifikační bezkontaktní karty k RFID čtečce. Pak vycouvá dozadu, zhasne dioda světelného detektoru a sevřou se ramena. Podrobný popis funkce robota a programu je popsán v kapitole 5.2.4.

5.1 Dokumentace konstrukce stavebnice

Konstrukce robota je založena na modelu Tribot, který je ze základních modelů nejrychlejší. V přední části jsem nahradil konstrukci nárazníku pro dotykový senzor konstrukcí pro uchycení IR senzoru a US senzoru. V zadní části jsem konstrukci uchycení senzorů upravil tak, abych mohl připevnit světelný senzor a RFID senzor. Obrázky robota jsou k nahlédnutí v příloze P I.

5.2 Návrh laboratorní úlohy

K realizaci laboratorní úlohy jsem použil následující komponenty:

- Stavební dílky stavebnice Lego Mindstorms NXT
- NXT kostka Lego
- Ultrazvukový senzor Lego
- Infračervený senzor Hitechnic IR seeker V2
- RFID čtečka Codatex
- Světelný senzor Lego
- Obyčejná plastová koule Lego
- IR koule Hitechnic vyzařující infračervené záření
- Bezkontaktní karty Codatex

5.2.1 Měření citlivosti IR senzoru v ose přímého směru

Pro zjištění citlivosti IR senzoru Hitechnic vzhledem ke vzdálenosti IR koule bylo navrženo jednoduché měření a program. Měřenou veličinou byla hodnota parametru směr číslo 5 (viz. kapitola 5.2.2) na přímce mezi IR senzorem a IR koulí. IR senzor byl nastaven v modulovaném módu (AC). Vysílané záření IR koule bylo nastaveno na impulsy s frekvencí 600 Hz. Měření probíhalo tak, že přední část IR senzoru na robotovi byla umístěna na začátku stupnice vzdálenosti. Poté byla IR koule umísťována v různých vzdálenostech vedle stupnice a zapisovány hodnoty zobrazované na displeji NXT kostky. IR koule byla vždy umístěna ve stabilní poloze na zploštělé spodní straně. Měření probíhalo za dobrých světelných podmínek nejdříve při umělém osvětlení a potom bez něj.

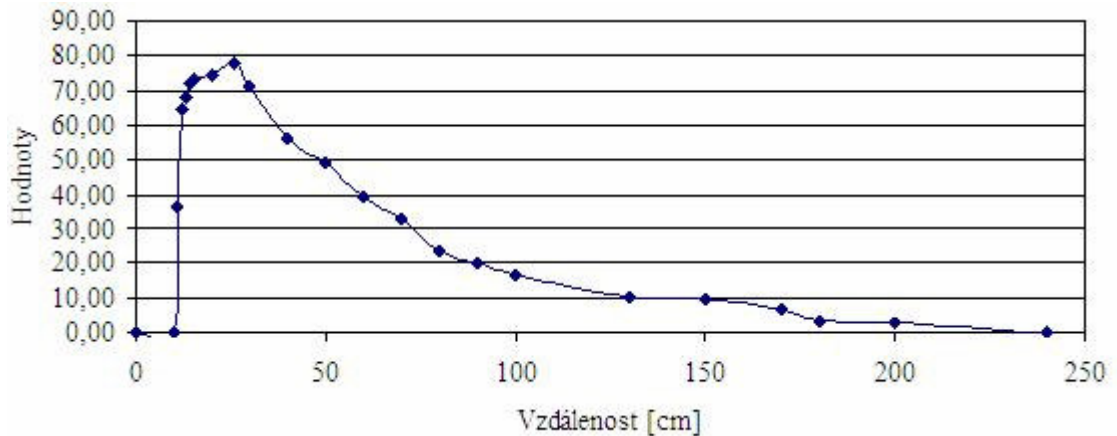
5.2.1.1 Tabulky a grafy

První měření probíhalo při umělém osvětlení místnosti 50W žárovkou. Každá naměřená hodnota intenzity infračerveného záření v tabulkách je průměrem z deseti měření. Celkem tedy bylo pro každou vzdálenost IR koule od IR senzoru provedeno 50 měření intenzity IR záření. Z následující tabulky a grafu vyplývá, že IR senzor zaznamenával nejvyšší intenzitu záření z IR koule ve vzdálenosti 26 cm. Ve vzdálenosti 200 cm a větší už

nedokáže záření spolehlivě detekovat. Rovněž při vzdálenostech menších než 11 cm nedetekuje žádné záření, což je pravděpodobně způsobeno překrytím všech pěti interních IR senzorů zářením z IR koule. Při měření bylo rovněž zjištěno, že nejsilnější intenzita záření byla zaznamenávána, když IR koule mířila na IR senzor diodami v oblasti indikační červené diody umístěné z druhé strany než je vypínač IR koule. Zřejmě je to způsobeno tím, že je zde jedna z IR diod ohnuta více do horizontální polohy vzhledem k desce plošných spojů IR koule. Při měření tedy hodně záleželo na poloze a natočení IR koule.

vzdálenost [cm]	Naměřené hodnoty[]					průměr	směrodatná odchylka
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5		
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
10	0	0	0	0	0	0,00	0,00
11	69,9	7,1	26,1	27	50,4	36,10	24,35
12	65,9	41,7	70,7	71,4	72	64,34	12,88
13	63,1	69,3	63,1	74,6	69,9	68,00	4,92
14	69,2	73	74,5	73,9	70,9	72,30	2,21
15	72,1	72,2	73,4	75,5	73,9	73,42	1,40
20	73,4	73,6	74,4	75	75,5	74,38	0,90
26	76,9	76,2	78,7	79,1	78,1	77,80	1,22
30	74,5	74	66,7	76,3	64,5	71,20	5,24
40	59,9	52,5	53,2	56,8	57,2	55,92	3,06
50	49,9	49,5	46,2	50,7	49	49,06	1,72
60	36,9	36,6	39	41,8	42,1	39,28	2,61
70	33,4	31,9	34,4	29,9	35,9	33,10	2,31
80	25,9	25,2	19,7	21,7	24,5	23,40	2,61
90	20,7	21,5	18,7	19,1	21,4	20,28	1,30
100	16,1	14,3	16,3	18,2	17,4	16,46	1,48
130	10,3	10,1	10,8	10	10	10,24	0,34
150	8,8	9,3	10,1	8,7	11,8	9,74	1,28
170	5,7	10	6,4	4,8	6,5	6,68	1,98
180	1,6	1,6	8,5	5,5	0	3,44	3,48
200	6,4	0	0	0	8	2,88	3,98
240	0	0	0	0	0	0,00	0,00

Tab. 1. Tabulka citlivosti IR senzoru při umělém osvětlení

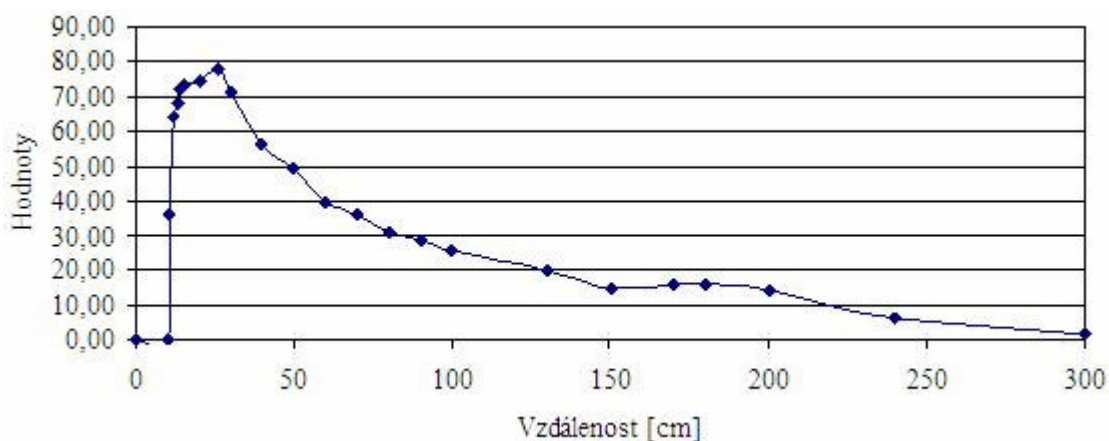


Obr. 68 Graf závislosti výstupních hodnot IR senzoru na vzdálenosti IR koule při umělém osvětlení

Druhé měření probíhalo při vypnutém umělém osvětlení místnosti za dobrých světelných podmínek bez přímého slunečního světla. Bylo zjištěno, že umělé osvětlení negativně ovlivňovalo úroveň intenzity měřeného IR záření. Hlavně při vzdálenostech větších než 60 cm začali být rozdíly znatelné. Bez umělého osvětlení byla úroveň intenzity měřeného záření větší a senzorem bylo detekováno až na vzdálenost 300 cm při správném natočení IR koule. Proto si myslím, že IR záření by bylo detekováno na největší vzdálenosti a s největší intenzitou při úplné tmě.

vzdálenost [cm]	Naměřené hodnoty[]					průměr	směrodatná odchylka
	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5		
0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
10	0	0	0	0	0	0,00	0,00
11	69,9	7,1	26,1	27	50,4	36,10	24,35
12	65,9	41,7	70,7	71,4	72	64,34	12,88
13	63,1	69,3	63,1	74,6	69,9	68,00	4,92
14	69,2	73	74,5	73,9	70,9	72,30	2,21
15	72,1	72,2	73,4	75,5	73,9	73,42	1,40
20	73,4	73,6	74,4	75	75,5	74,38	0,90
26	76,9	76,2	78,7	79,1	78,1	77,80	1,22
30	74,5	74	66,7	76,3	64,5	71,20	5,24
40	59,9	52,5	53,2	56,8	57,2	55,92	3,06
50	49,9	49,5	46,2	50,7	49	49,06	1,72
60	36,9	36,6	39	41,8	42,1	39,28	2,61
70	40,4	36,6	32,3	36,6	34,7	36,12	2,97
80	36	31,9	28,9	31,2	27,5	31,10	3,26
90	31,6	30,4	25,4	29,4	26,1	28,58	2,71
100	29,1	26,4	23,8	24,6	26,5	26,08	2,05
130	22,6	21,6	18,5	17	19,2	19,78	2,29
150	19,3	13,9	10	16,8	14,7	14,94	3,46
170	18,2	18,1	14,8	14,1	16	16,24	1,87
180	20,1	16,2	16,4	17,3	11,1	16,22	3,26
200	13,3	15,7	14,5	13,6	14	14,22	0,94
240	5,6	8,4	7,3	5,1	5	6,28	1,50
300	5	0	3	0	0	1,60	2,30

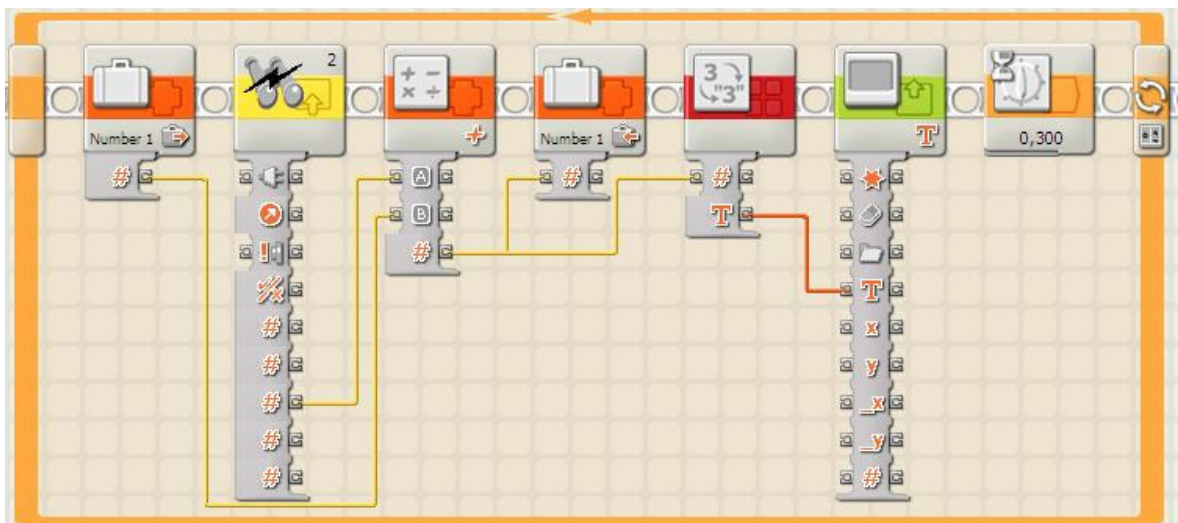
Tab. 2. Tabulka citlivosti IR senzoru bez umělého osvětlení



Obr. 69. Graf závislosti výstupních hodnot IR senzoru na vzdálenosti IR koule bez umělého osvětlení

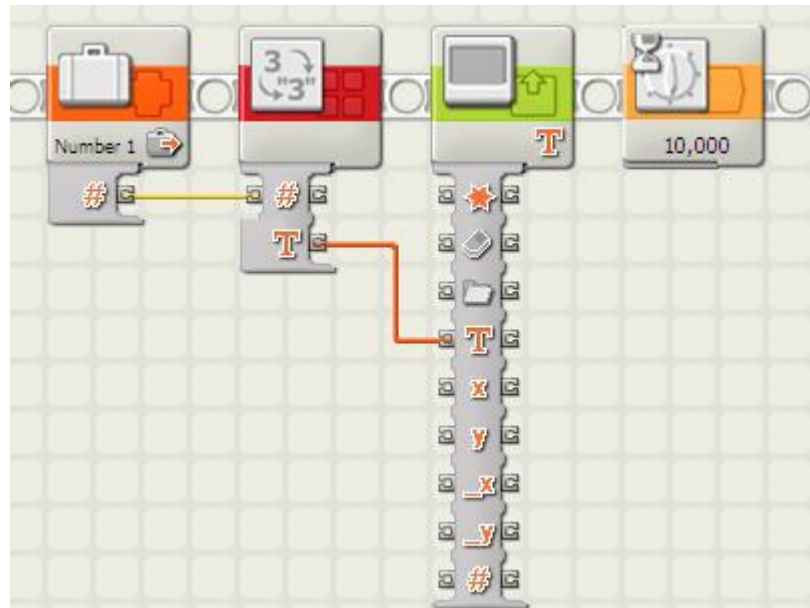
5.2.1.2 Popis měřicího programu

Pro měření citlivosti IR senzoru byl vytvořen jednoduchý program v grafickém vývojovém prostředí Lego Mindstorms NXT. Při manuálních měřeních se hodnoty měnily tak rychle a v takovém rozsahu, že nebylo možné určit přesnou hodnotu intenzity IR záření. Proto bylo potřeba vytvořit program, který by provedl rovnou několik měření v krátkém časovém intervalu.



Obr. 70. Program na měření citlivosti IR senzoru – část 1

První část programu běží ve smyčce, dokud neproběhne 10krát za sebou. Hodnoty z výstupu strength 3 z IR senzoru jsou posílány do součtového bloku, kde jsou přičítány k předchozím změřeným hodnotám uloženým v proměnné Number 1. Potom je výsledek opět uložen do proměnné Number 1 a odeslán do bloku pro převod číselných hodnot na text. Textový výstup je z převodního bloku přiveden na textový vstup displeje, na kterém se průběžně zobrazuje naměřená hodnota i s přírůstkem z předchozích měření v tomto cyklu. Měření hodnot probíhá jednou za 300 ms.



Obr. 71. Program na měření citlivosti IR senzoru - část 2

Druhá část programu se provede, jakmile první část programu proběhne 10krát po sobě. Konečná hodnota z proměnné Number 1 je převedena na text a zobrazena na displeji NXT kostky. Poté program čeká 10 vteřin než se ukončí. V opačném případě by program skončil hned a hodnota by se nezobrazila na dostatečně dlouhou dobu. Z finální hodnoty z deseti měření byla vypočítána průměrná hodnota.

5.2.2 Měření detekční oblasti parametru směr číslo 5 IR senzoru

Bylo zjištěno, že je IR koule detekována mnohem dříve, než se opravdu ocitne v ose parametru směr číslo 5 IR senzoru. Jednotlivé směry jsou vyznačeny na obrázku 15 v kapitole 1.2.2. Bylo tedy třeba nalézt hranice detekční oblasti parametru směr číslo 5 (přímý směr). Proto bylo provedeno následující orientační měření.

5.2.2.1 Popis měření

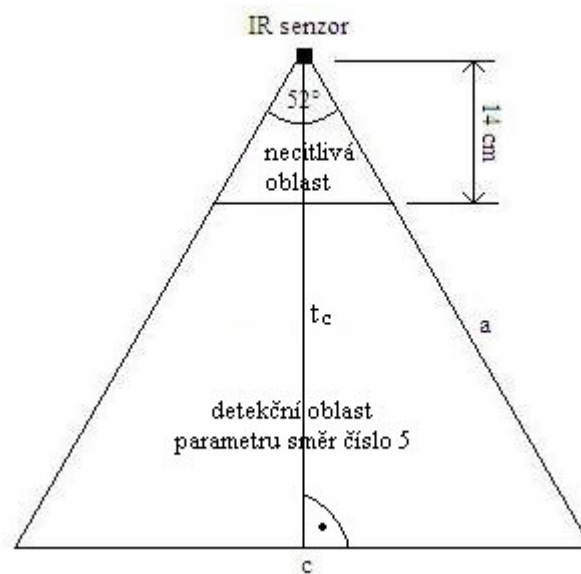
Pro první měření byl navržen program, který zjišťuje detekční oblast parametru směr číslo 5. Nalezená hranice detekční oblasti mezi parametrem směr číslo 5 a jiným parametrem směru byla vždy vyznačena na měřicí podložku před IR senzorem, až vznikl rovnoramenný trojúhelník představující rozšiřující se detekční oblast parametru směr číslo 5 nazvaný jako detekční trojúhelník. Určil jsem si délky jeho stran a těžnice t_c . Těžnicí byl detekční trojúhelník rozdělen na dva stejné pravoúhlé trojúhelníky. Cílem bylo

vypočítat úhel rozsahu detekční oblasti parametru směr číslo 5, což byl úhel u vrcholu s IR senzorem. K tomu byla použita následující rovnice:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{c/2}{a} = 0,441 \quad (2)$$

$$\alpha = 2 \times \sin^{-1} \frac{\alpha}{2} = 52^\circ$$

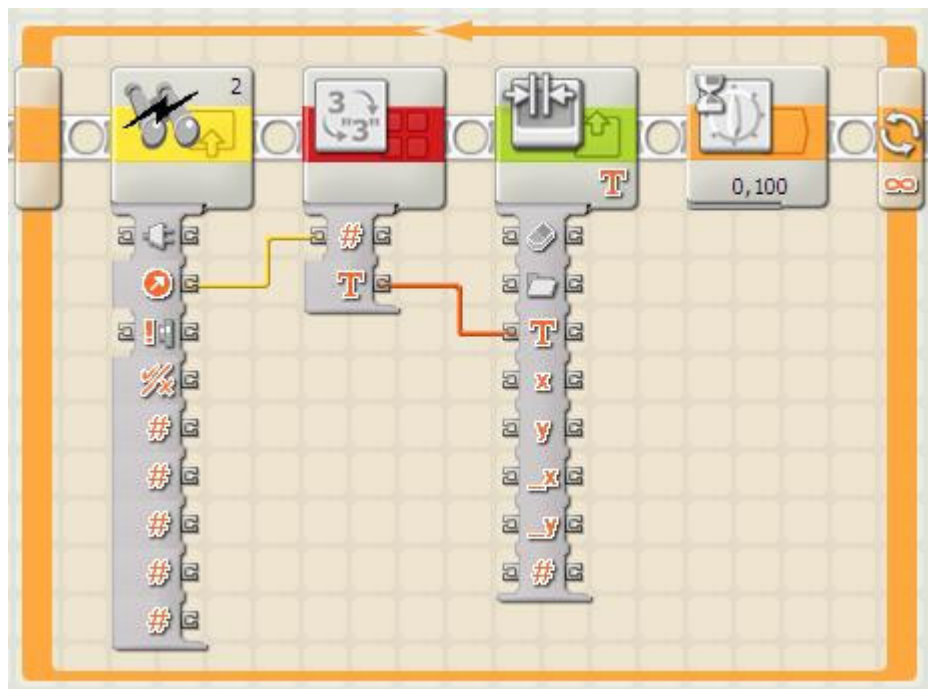
Díky tomuto výpočtu bylo zjištěno, že úhel rozsahu detekční oblasti je 52° a ten byl doplněn do náčrtku detekční oblasti.



Obr. 72. Detekční oblast

Měřením bylo rovněž zjištěno, že do vzdálenosti 14 cm mezi IR senzorem a IR koulí není možné přesně určit směr, odkud záření přichází. Opět zřejmě dojde k překrytí všech pěti interních sensorů IR zářením.

5.2.2.2 Popis měřicího programu



Obr. 73. Program pro určování směru IR záření

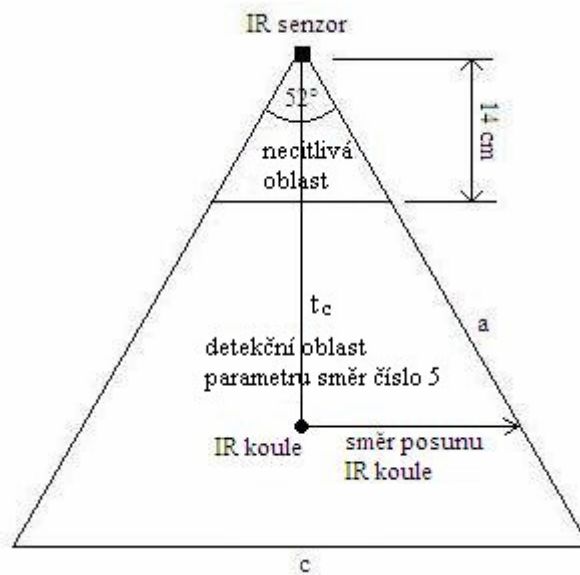
Program běží v nekonečném cyklu, dokud ho uživatel manuálně neukončí tlačítkem na NXT kostce. IR senzor zjišťuje hodnotu parametru směr příchozího IR záření. Hodnota parametru směr je reprezentována číselnou hodnotou od 0 po 9. V přímém směru je výstupem parametr směr číslo 5. Tato hodnota je potom posílána do převodního bloku a převedena z čísla na text. Poté je odeslána na textový vstup bloku displeje. Cyklus proběhne jednou za 100 ms. V tomto intervalu se také aktualizuje hodnota směru z IR senzoru. Pokud dojde k odchýlení IR koule od přímého směru vlevo, bude zobrazena hodnota 4. Pokud dojde k vychýlení vpravo, bude zobrazena hodnota 6.

5.2.3 Měření intenzity IR záření při vychýlení z přímé osy

Následující měření slouží ke zjištění jestli se intenzita příchozího záření z přímého směru mění s vychylováním IR koule od přímé osy mezi IR senzorem a IR koulí až po hranici s jiným směrem nebo zůstává stejná. Osou přímého směru je těžnice t_c .

5.2.3.1 Popis měření

K měření byl opět použit program na měření citlivosti IR senzoru, který zaznamenává hodnoty intenzity IR záření v detekční oblasti parametru směr číslo 5. Měření probíhalo ve vzdálenosti 40 cm od IR senzoru neboli vrcholu detekčního trojúhelníka. V této vzdálenosti byla umístěna IR koule, která byla posunována po kolmici k těžnici t_c směrem vlevo až ke hranici s jiným směrem a bylo zaznamenáváno, jak se mění intenzita IR záření.



Obr. 74. Směr posunu IR koule v detekčním trojúhelníku

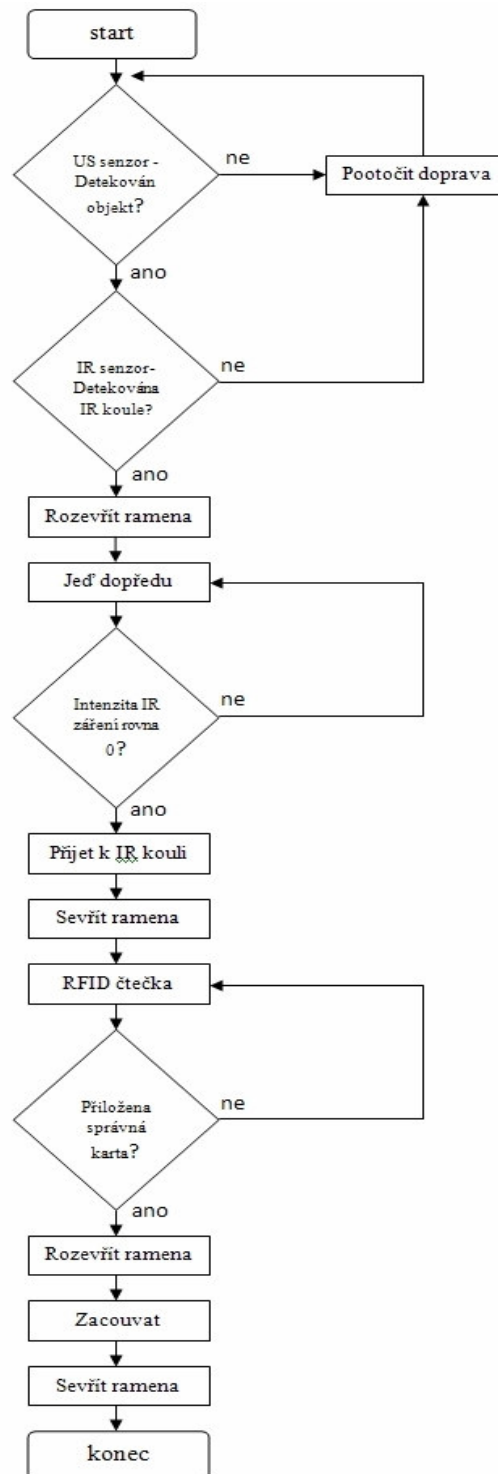
vzdálenost 40 cm	
vychýlení z přímé osy	hodnota
5 cm	48,2
10 cm	48,1
15 cm	34,6
17 cm	28,8
20 cm	10

Tab. 3. Tabulka hodnot při vychýlení z přímé osy

Z tabulky tohoto orientačního měření vyplývá, že při větším vychýlení z osy přímého směru se intenzita přijímaného IR záření snižuje.

5.2.4 Hlavní program

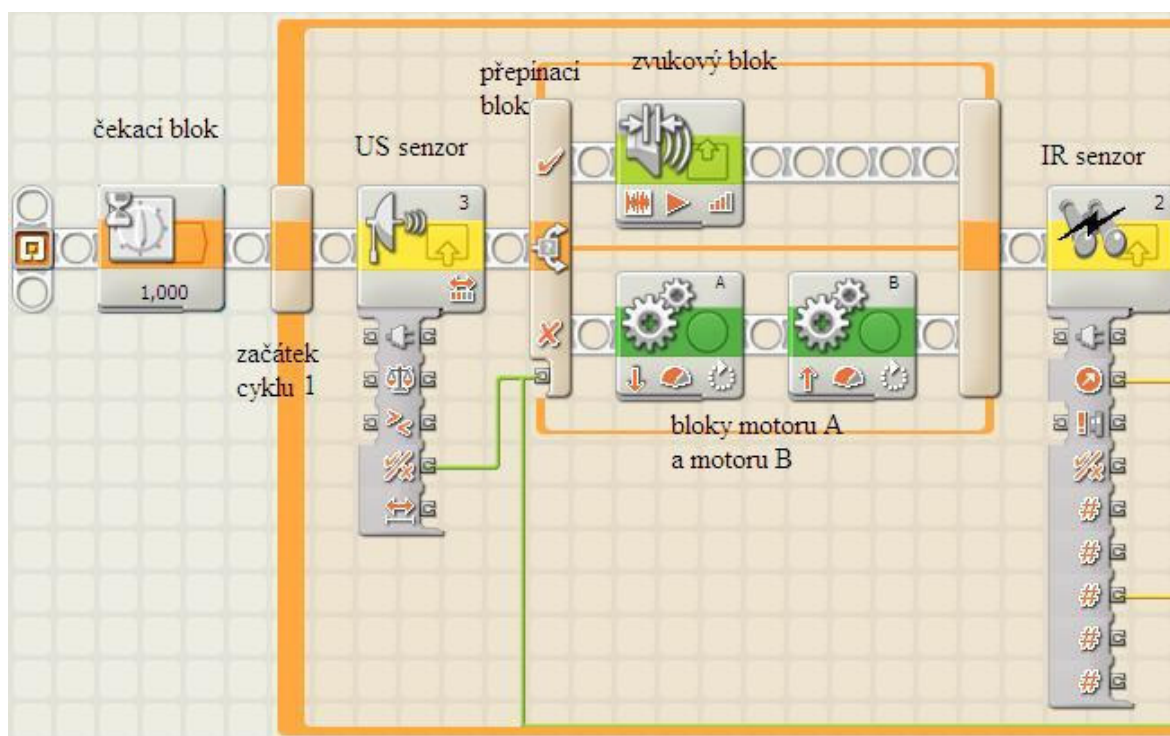
5.2.4.1 Vývojový diagram hlavního programu



Obr. 75. Vývojový diagram hlavního programu

5.2.4.2 Podrobný popis hlavního programu

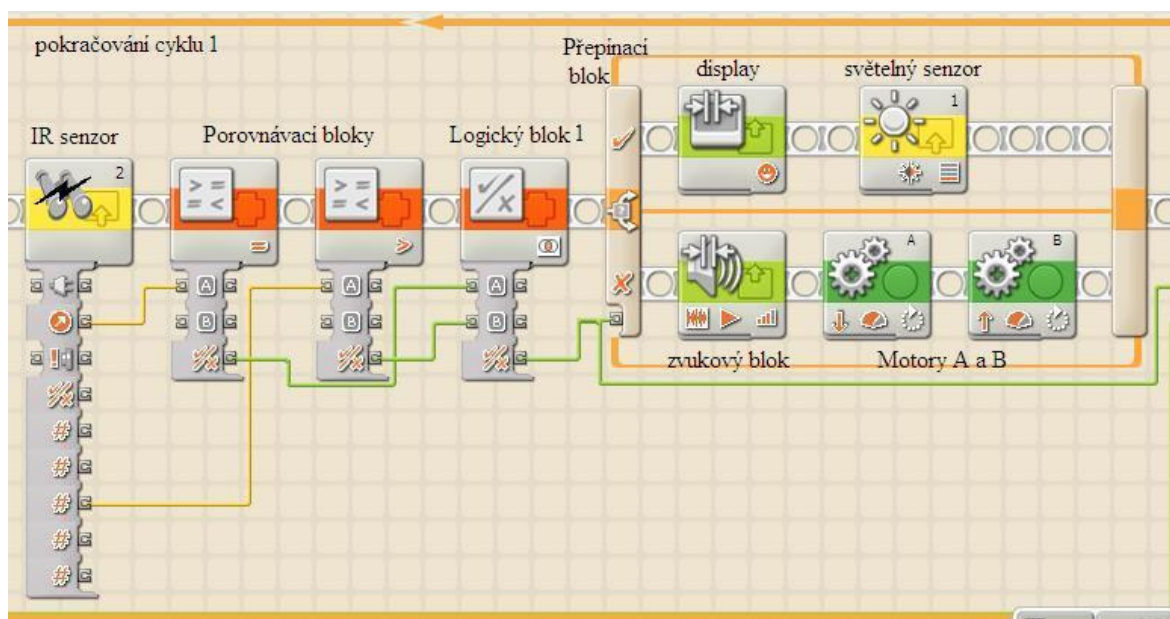
Tento program slouží k vyhledávání infračervené koule v prostoru kolem robota. Program byl vytvořen v grafickém vývojovém prostředí Lego mindstorms NXT a umožňuje v kombinaci s robotem sestaveným ze stavebnice Lego mindstorms NXT napodobovat činnost duálního detektoru typu PIR-US a autentizaci uživatele pomocí technologie RFID. Pro správnou funkci senzorů od firem Hitechnic a Codatex bylo nejdříve nutné aktualizovat firmware NXT kostky minimálně na verzi 1.05 a stáhnout ze stránek výrobců příslušné programovací bloky a importovat je do vývojového prostředí. Kvůli grafické povaze programu je dále popsána funkce jednotlivých částí programu ve formě obrázků. V obrázcích jsou jednotlivé bloky označeny popisky.



Obr. 76. Začátek hlavního programu

Na začátku programu se čeká 1 vteřinu pomocí čekacího bloku, aby se stihly aktivovat všechny senzory a byly schopné reagovat. Bez tohoto bloku US senzor nereagoval na překážku před ním ihned po startu programu. Za čekacím blokem je začátek cyklu 1, který slouží pro vyhledávání objektů a infračervené koule. Cyklus se opakuje, dokud není detekována IR koule v ose přímého směru. Nejdříve je na řadě ultrazvukový senzor. Pokud nedetekuje překážku, tak jsou provedeny příkazy v dolní větvi přepínacího bloku, čili jsou aktivovány motory A a B. Motor A je pravý servomotor a motor B je levý servomotor. Aby

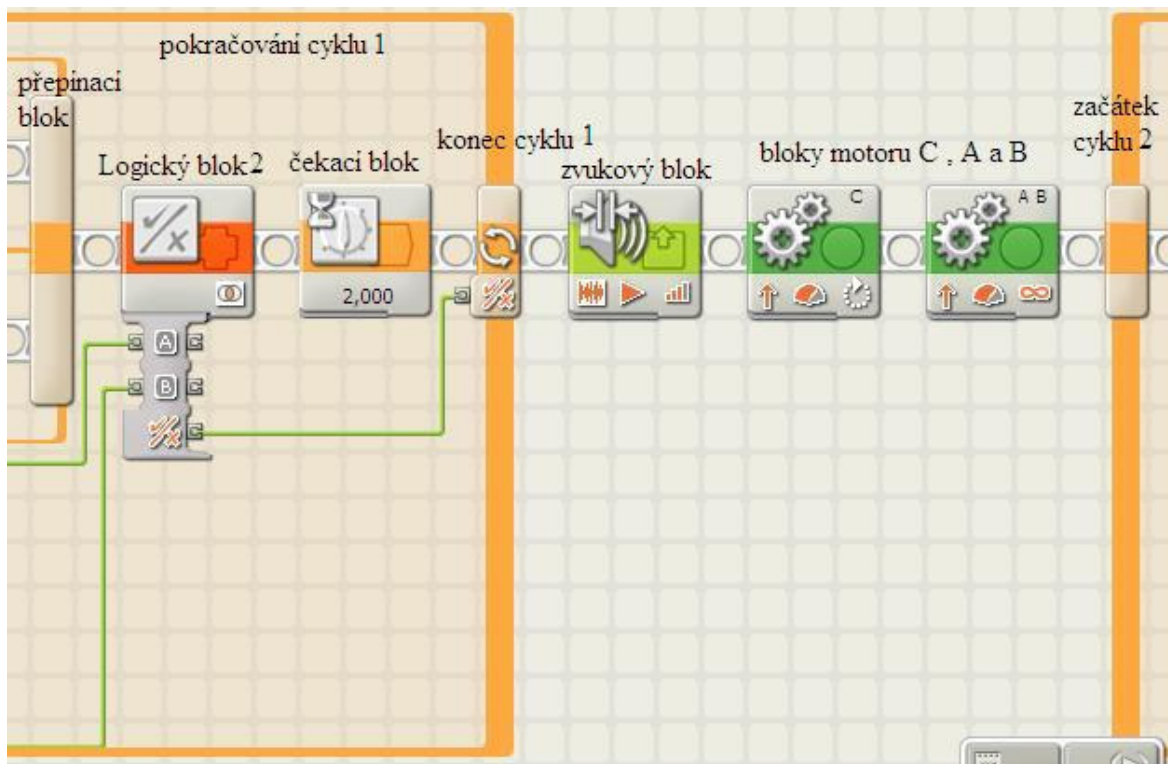
došlo k pootočení robota směrem doprava, je třeba motor A nastavit na otáčení dozadu o 30° a motor B nastavit na otáčení dopředu o 30° . S těmito hodnotami je možné experimentovat. Pokud je detekován objekt nevyzařující IR záření, je proveden příkaz v horní větvi přepínacího bloku. Přehraje se zvukový blok a robot zahlásí “objekt“. V každém případě následuje po provedení příkazů v přepínacím bloku blok IR senzoru.



Obr. 77. Hlavní program – část 2 – pokračování cyklu 1

V této části programu pokračuje cyklus 1 IR senzorem. Výstupní hodnoty parametru směru a intenzity IR záření v přímém směru jsou napojeny na porovnávací bloky. První porovnávací blok porovnává výstupní hodnotu parametru směru z IR senzoru s hodnotou 5. Pokud je hodnota parametru směru rovna hodnotě 5, bude výsledkem porovnávacího bloku pravda. Také to znamená, že je v přímém směru detekována IR koule někde v detekční oblasti detekčního trojúhelníku. Druhý porovnávací blok porovnává výstupní hodnoty intenzity IR záření v přímém směru s nastavenou hodnotou, např. hodnota 50 může být překročena při vzdálenosti IR koule do 50 cm v ose přímého směru, jak již bylo zjištěno měřením. Výsledkem porovnávání může být opět pravda nebo nepravda. Tyto logické výsledky se porovnají v logickém bloku 1. Pokud bude jeho výsledkem pravda, provedou se příkazy v horní větvi přepínacího bloku. V opačném případě se provede dolní větev. Motorové bloky v dolní větvi pootočí robota mírně vpravo tak, aby se pokud možno přiblížil více do osy přímého směru detekční oblasti, kde je intenzita IR záření větší. Zároveň se také přehraje zvuk “zkuste to znovu“. V horní větvi se nachází blok displeje, na

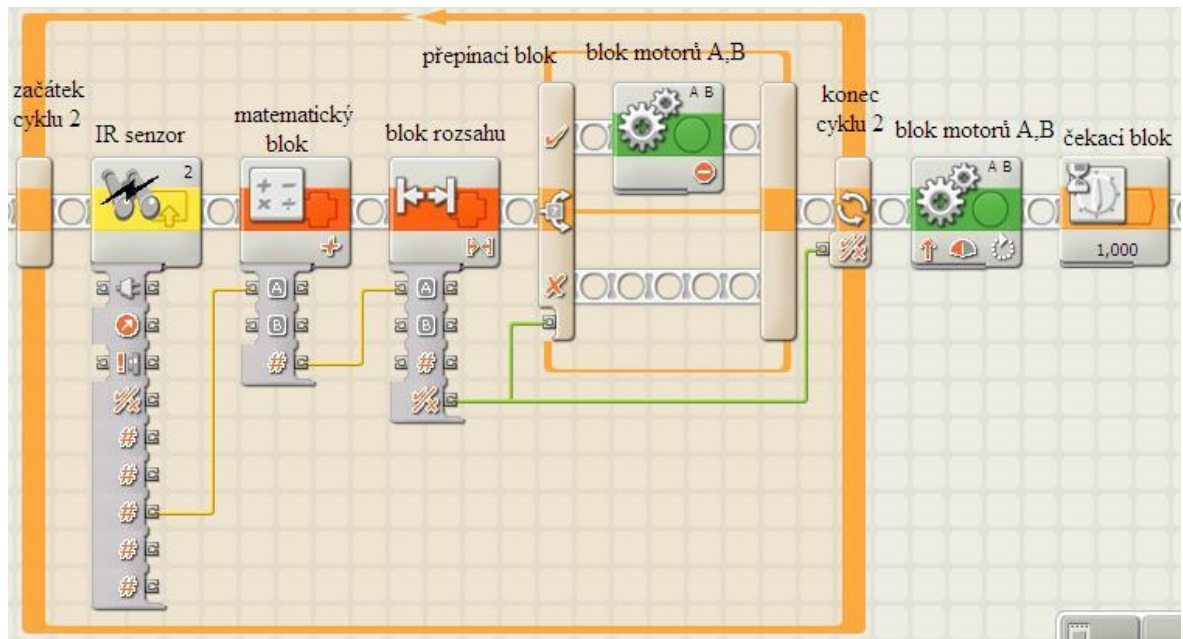
kterém se zobrazí lebka se zkříženými hnáty a blok světelného senzoru, který rozsvítí svou diodu při nízké úrovni okolního osvětlení kvůli indikaci narušení prostoru IR koulí. Cílem je, aby se provedly příkazy v horní větvi a byla tak splněna jedna z podmínek v logickém bloku 2 dále v cyklu 1.



Obr. 78. Hlavní program – část 3

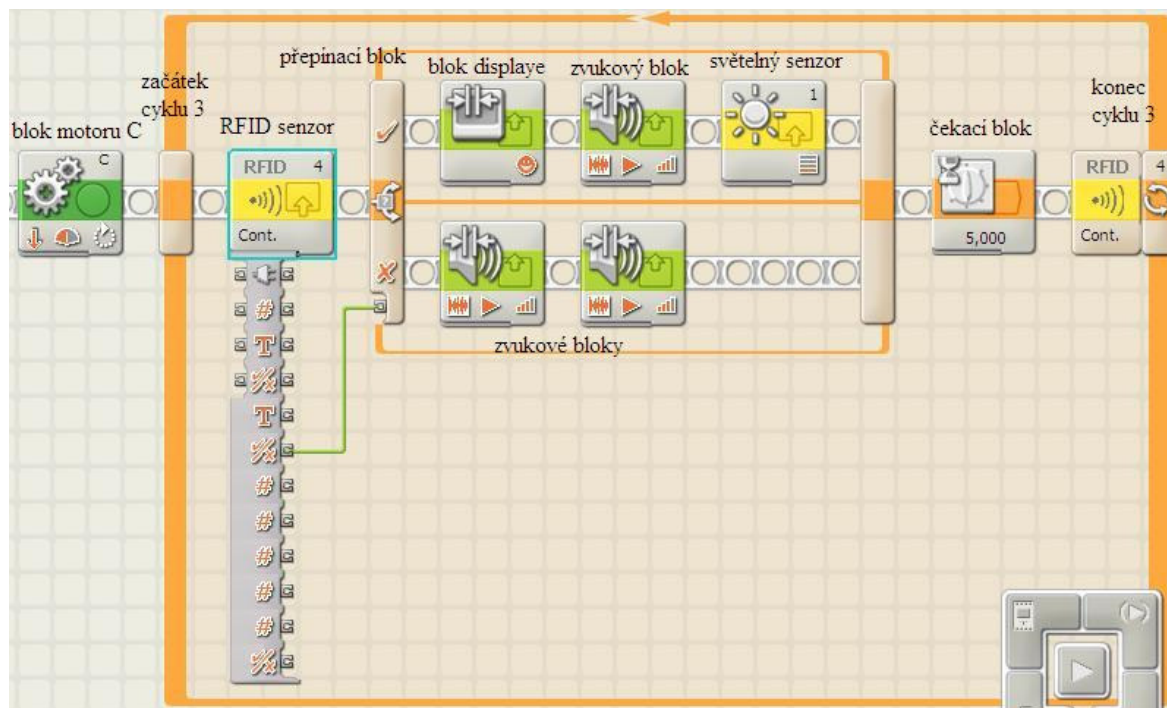
Do tohoto logického bloku je přivedena výstupní logická informace z US senzoru a z logického bloku 1. Pokud nejsou obě pravdivé, tak bude výstupní informace z logického bloku 2 také nepravdivá. Pak program pomocí čekacího bloku počká 2 vteřiny a cyklus 1 se opakuje. Pokud jsou obě logické informace pravdivé, tak bude pravdivá i výstupní logická informace z logického bloku 2 a cyklus 1 bude ukončen. To znamená, že US senzorem byl detekován objekt a IR senzorem byla detekována IR koule v ose přímého směru.

Poté dojde k aktivaci zvukového bloku a robot zahlásí “pozor“. Blok motoru C otočí rotorem prostředního servomotoru o 180° dopředu, čímž se rozevřou ramena robota. Rotory servomotorů A a B jsou nastaveny na otáčení dopředu po neomezenou dobu a uvedou robota do pohybu rovněž směrem dopředu. K zastavení robota slouží cyklus 2.



Obr. 79. Hlavní program – část 4 – cyklus 2

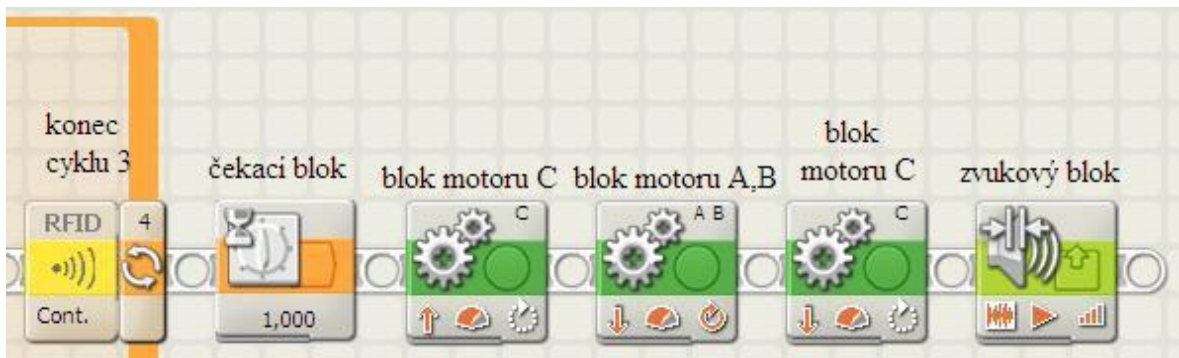
Na začátku cyklu 2 je umístěn blok IR senzoru. Výstupní hodnota intenzity IR záření v přímém směru je přivedena na vstup matematického bloku, kde je k ní přičtena hodnota 2. Výsledek součtu je přiveden na vstup bloku rozsahu. Pokud je výstupní logická hodnota nepravdivá, cyklus 2 se zopakuje a robot stále jede dopředu. Pokud je výsledná hodnota z matematického bloku v rozsahu 0 až 3, bude výstupní logická informace bloku rozsahu pravdivá. Rovněž to znamená, že se robot přiblížil k IR kouli asi na 10 cm, a proto je intenzita IR záření v přímém směru neměřitelná (hodnota 0). Provedou se tedy příkazy v horní větvi přepínacího bloku. Dojde k zastavení pravého servomotoru A a levého servomotoru B a robot se zastaví. Hned potom se rotory těchto servomotorů otočí dopředu o 140°. To by mělo robota přiblížit k IR kouli na vzdálenost, kdy je možné ji uchopit jeho rameny. Potom robot počká 1 vteřinu.



Obr. 80. Hlavní program – část 5 – cyklus 3

Robot je nyní blízko u IR koule a uchopí ji svými rameny na pokyn bloku motoru C. To znamená, že rotor prostředního servomotoru se otočí dozadu o 180°.

Cyklus 3 slouží k ovládní RFID čtečky od firmy Codatex. Příslušný blok RFID senzoru se dá stáhnout ze stránek výrobce. V cyklu 3 zjišťuje RFID čtečka každých 5 vteřin zda je k ní přiložena správná bezkontaktní karta. Pokud správná není, přehrají se zvuky “ne“ a “zkuste to znovu“ v dolní větvi přepínacího bloku, program počká 5 vteřin a cyklus 3 se opakuje. Správný identifikační kód z bezkontaktní karty se do bloku nahraje při programování zatržením políčka “Live update“ a přiložením bezkontaktní karty k RFID čtečce. Pokud je tedy porovnáním zjištěna přítomnost správné bezkontaktní karty, provedou se příkazy v horní větvi přepínacího bloku. Na displeji se zobrazí usmívající se obličej, robot přehraje zvuk “dobrá práce“ a zhasne LED dioda světelného senzoru při intenzitě okolního osvětlení menší než 40, což byl předpoklad pro to, aby se rozsvítila. Cyklus 3 se ukončí.



Obr. 81. Hlavní program – část 6 – konec

Po skončení cyklu 3 robot čeká 1 vteřinu, než je proveden příkaz bloku motoru C. Rotor prostředního motoru C se otočí dopředu o 180° a ramena robota se rozevřou. Rotory pravého a levého servomotoru se otočí dozadu o jednu otáčku neboli o 360° , čímž robot zacouvá. Rotor prostředního servomotoru se otočí o 180° dozadu a ramena robota se sevřou. Na závěr programu se přehraje zvuk “na shledanou”.

ZÁVĚR

Na základě zadání bakalářské práce byla v první a druhé kapitole teoretické části provedena rešerše komponent určených pro stavebnici Lego Mindstorms NXT. Je vyráběn široký sortiment senzorů a dalšího příslušenství od různých výrobců. Ten zahrnuje certifikované komponenty firem Lego, Hitechnic, Codatex, Pitsco a necertifikované komponenty firem Mindsensors, Vernier a Catcan. S ohledem na rozsah práce bylo nutné některé komponenty pouze vyjmenovat a dále nerozepisovat. Ve třetí kapitole teoretické části byly popsány programovací jazyky a vývojová prostředí určená pro tuto stavebnici. Jedná se jen o stručný popis, podrobné rešerše byly zpracovány v předchozích letech v bakalářských a diplomových pracích. Ve čtvrté kapitole byly zpracovány vybrané ukázky konstrukčních aplikací stavebnice vhodných pro výukové účely v oboru Bezpečnostní technologie, systémy a management. Vzhledem k rozsahu práce nebylo možné podrobně popsat všechny.

V praktické části byla vytvořena vlastní laboratorní úloha s důrazem na výuku bezpečnostních technologií. Nejprve byla provedena potřebná měření k ověření technických možností infračerveného senzoru. Bylo zjištěno, že je velmi ovlivňován okolním osvětlením i polohou infračervené koule. Dále byla podrobně popsána funkce hlavního programu. Program s robotem Mindstorms NXT dokáže nalézt infračervenou kouli ve stejné horizontální rovině, v jaké se robot nachází, přiblížit se a chytit ji svými rameny. Po přiložení správné bezkontaktní identifikační karty k RFID čtečce kouli pustí. Spolehlivost detekce infračervené koule velice závisí na okolním osvětlení a vzdálenosti IR koule. Spolehlivost je rovněž snížena ultrazvukovým senzorem, který detekuje objekt, jen pokud je přímo naproti němu. Proto je vhodné umístit za IR kouli rozměrnější objekt, který US senzor nepřehlédne. Také je vhodné upravovat nastavenou hodnotu intenzity IR záření, při které je poloha IR koule vyhodnocena IR senzorem jako v ose přímého směru. Jinak robot nemusí přijet ke kouli a pokračuje ve vyhledávání. Technická omezení tohoto robota vylučují jeho nasazení v reálných provozech, ale pro výukové účely a ověření funkcí různých senzorů je velmi vhodný.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

On the basis of bachelor thesis submission the retrieval of components intended for Lego Mindstorms NXT kit was accomplished in the first and the second chapter of the theoretical part. The wide product line of sensors and additional accessories is made by different manufacturers. It includes certified components made by companies like Lego, Hitechnic, Codatex, Pitsco and uncertified components made by companies like Mindsensors, Vernier, Catcan. Regarding the range of this work it was necessary that some components were only named with no further itemization. Programming languages and software development environments suitable for this kit were described in the third chapter of the theoretical part. It is only a brief description, detailed retrievals were worked up in other bachelor and diploma papers within previous years. Chosen demonstrations of constructional applications usable for Safety engineering education were composed in the fourth chapter. Regarding the range of this work it was not possible to describe it all.

Actual laboratory task with emphasis on Safety engineering education was created in the practical part. Primarily necessary measurements were performed to test technical possibilities of the infrared sensor. It was found out that the sensor is heavily dependent on the ambient light and the position of infrared ball. Below the detailed function of main program was described. The program with robot Mindstorms NXT is able to find the infrared ball in the same horizontal surface, in which the robot is located on, get close to it and grab it with its arms. The robot will release the ball after attaching the right contactless identification card to the RFID transceiver. Reliability of infrared ball detection heavily depends on ambient light and distance of the IR ball. Reliability is also decreased by the ultrasonic sensor, which detects object only if it is right in front of it. Therefore it is appropriate to place larger object behind the IR ball, so the US sensor cannot overlook it. It is also appropriate to change the adjusted value of IR radiation intensity, whereat the IR ball position is evaluated to be in the axis of straight direction of the IR sensor. Otherwise the robot may not be able to drive close to the IR ball and continues to search for it. Technical limitations of this robot exclude it from being used in real operations, but it is very suitable for educational purposes and function verifications of different sensors.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PERDUE, David J. *THE UNOFFICIAL LEGO MINDSTORMS NXT INVENTOR'S GUIDE*. Megan Dunchak; Christina Samuel. 1st edition. San Francisco : No Starch Press, Inc, c2008. 296 s. ISBN 978-1-59327-154-1.
- [2] SCHOLZ, Matthias Paul. *Advanced NXT: The Da Vinci Inventions Book*. Jennifer Whipple. Apress, c2007. 369 s. ISBN 978-1-59059-843-6.
- [3] BOOGAARTS, Martijn, et al. *THE LEGO MINDSTORMS NXT IDEA BOOK : design, invent, and built*. Nancy Sixsmith, Megan Dunchak. 1st edition. San Francisco : No Starch Press, Inc, c2007. 344 s. ISBN 978-1-59327-150-3.
- [4] *LEGO shop* [online].The LEGO group, c2008 [cit. 2010-03-28]. Mindstorms. Dostupné z WWW: <<http://shop.lego.com/ByTheme/Leaf.aspx?cn=17&d=70>>.
- [5] *Dataport Systems. Hitechnic* [online]. c2001-2009 [cit. 2010-01-31]. Text v angličtině. Dostupný z WWW: <<https://www.hitechnic.com>>.
- [6] *Robotics Academy* [online].Robotics Academy, c2009 [cit. 2010-03-28]. NXT sensors. Dostupné z WWW: <http://www.education.rec.ri.cmu.edu/products/getting_started_tetrix/basics/nxt_sensors/nxt_sensors.html>.
- [7] *Active Robots* [online].Active Robots, c2003-2010 [cit. 2010-03-28]. NXT accessories. Dostupné z WWW: <<http://www.active-robots.com/products/mindstorms4schools/nxt-accessories.shtml>>.
- [8] *The LEGO Group. Codatex* [online].Codatex, c2007 [cit. 2010-02-23]. RFID sensor. Dostupné z WWW: <<http://www.codatex.com/index.php>>.
- [9] *Tetrix* [online].Pitsco, c2010 [cit. 2010-03-30]. About us. Dostupné z WWW: <<http://www.tetrixrobotics.com>>.
- [10] *Pitsco Education* [online].Pitsco, c2010 [cit. 2010-03-30]. History. Dostupné z WWW: <<http://www.pitsco.com/tabID/191/default.aspx?art=685>>.
- [11] *LEGO education* [online].LEGO Education North America, c2010 [cit. 2010-03-30]. Education Base Set with TETRIX. Dostupné z WWW: <<http://www.legoeducation.us/store/>>.

- [12] *Mindsensors.com* [online].Mindsensors.com, c2005-2010 [cit. 2010-02-23]. Mindsensors a manuály výrobce. Dostupné z WWW: <<http://www.mindsensors.com>>.
- [13] *Vernier* [online].Vernier Software & Technology, 1999 [cit. 2010-02-23]. NXT Sensor Adapter a manuály výrobce. Dostupné z WWW: <<http://www.vernier.com/nxt/bta-nxt.html>>.
- [14] *Catcan* [online]. Taiwan : Catcan, c2008 [cit. 2010-04-20]. Catcan. Dostupné z WWW: <<http://edu.catcan.com.tw>>.
- [15] *GFEC* [online]. Taiwan : GALAXY FAR EAST CORP, 2001-2008 [cit. 2010-04-20]. Catcan. Dostupné z WWW: <<http://www.gfec.com.tw>>.
- [16] DE NIJS, Frank. *Bouwvoorbeelden* [online]. 2004-06-13, 2009-07-12 [cit. 2010-04-20]. Lego examples for all ages. Dostupné z WWW: <http://www.bouwvoorbeelden.nl/home_eng.htm>.
- [17] *Youtube* [online].Bouwvoorbeelden.nl, 6. říjen 2008 [cit. 2010-04-20]. Lego NXT - THE ULTIMATE SAFE. Dostupné z WWW: <<http://www.youtube.com/watch?v=XjWt4O4bSjQ>>.
- [18] *LEGO Mindstorms* [online].The LEGO group, c2010 [cit. 2010-04-20]. NXTLOG 2.0. Dostupné z WWW: <<http://mindstorms.lego.com/en-us/community/NXTLog/default.aspx>>.
- [19] URBÁNEK, Tomáš. *Zpracování obrazu pro řízení mobilního robotického systému*. Zlín, 2009. 55 s. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky. Dostupné z WWW: <<https://www.stag.utb.cz/apps/stag/dipfile/index.php?download=11382>>.
- [20] *Techbricks.nl* [online].Techbricks.nl, c2010 [cit. 2010-04-20]. My NXT projects. Dostupné z WWW: <<http://www.techbricks.nl/My-NXT-projects/>>.
- [21] KELLY, James Floyd. *LEGO MINDSTORMS NXT one-kit wonders : ten inventions to spark your imagination*. San Francisco, CA : No Starch Press, 2009. 388 s. ISBN 1593271883.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IR	Infra red neboli infračervený
US	Ultra sonic neboli ultrazvukový
RFID	Radio frequency identification neboli rádio frekvenční identifikace
EOPD	Electro optical proximity detektor neboli elektro optický detektor vzdálenosti
MUX	Multiplexor
TZIOD	tripple zone infrared obstacle detector neboli zdvojený třízónový infračervený detektor překážek
UVB	Ultra violet beta
DC	Direct current neboli stejnosměrný proud
PS2	Playstation 2
WiFi	Wireless fidelity

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. NXT kostka s připojenými senzory a servomotory[4].....	12
Obr. 2. Kabel s konektory RJ12[1]	13
Obr. 3. Osazená strana desky plošného spoje NXT kostky[2].....	13
Obr. 4. Dotykový senzor[4]	14
Obr. 5. Světelný senzor[4]	15
Obr. 6. Ultrazvukový senzor[4]	16
Obr. 7. Funkce ultrazvukového senzoru[2]	16
Obr. 8. Zvukový senzor[4].....	17
Obr. 9. Interaktivní servomotor[4].....	18
Obr. 10. Vnitřní mechanismus servomotoru[7]	19
Obr. 11. Logo firmy Hitechnic[5]	19
Obr. 12. Barevný senzor V2[5].....	20
Obr. 13. Mapování čísel k barvám[5]	20
Obr. 14. Infračervený senzor V2[5]	21
Obr. 15. Směrové hodnoty[5]	21
Obr. 16. EOPD senzor[5].....	22
Obr. 17. IR link senzor[5]	23
Obr. 18. IR přijímací senzor[5].....	23
Obr. 19. Power Functions infračervené dálkové ovladače[5].....	24
Obr. 20. Senzor akcelerace a náklonu[5]	24
Obr. 21. Zobrazení os senzoru[5]	24
Obr. 22. Gyroskopický senzor[5].....	25
Obr. 23. Měřená osa senzoru[5].....	25
Obr. 24. Compass senzor[5]	26
Obr. 25. IR koule[5].....	26
Obr. 26. Sensorový multiplexor s připojenými senzory, NXT kostkou a vlastní baterií[5]	27
Obr. 27. Multiplexor dotykových senzorů[5]	28
Obr. 28. Ukázka použití multiplexoru dotykových senzorů[5]	28
Obr. 29. Logo firmy Codatex[8]	29
Obr. 30. RFID senzor[8]	29

Obr. 31. Transpondér ve formě klíčenky[8]	30
Obr. 32. Logo společnosti Pitsco Inc.[10]	30
Obr. 33. Základní vzdělávací sada se stavebnicemi Mindstorms a Tetrrix[11].....	31
Obr. 34. Ukázka konstrukce stavebnice Tetrrix s NXT kostkou[9].....	32
Obr. 35. Logo firmy Mindsensors[12]	33
Obr. 36. Dual range TZIOD senzor[12].....	33
Obr. 37. Zóny dosahu[12]	34
Obr. 38. Vision subsystem v3[12]	35
Obr. 39. Line leader senzor[12]	35
Obr. 40. Infračervený senzor vzdálenosti[12].....	36
Obr. 41. Infračervený senzor vzdálenosti – dlouhý dosah[12]	37
Obr. 42. Sony PS2 kontrolní rozhraní[12]	37
Obr. 43. Logo firmy Vernier[13]	38
Obr. 44. NXT senzorový adaptér[13]	39
Obr. 45. Světelný senzor firmy Vernier[13]	39
Obr. 46. Spektrální odezva fotodiody Hamamatsu S1133[13].....	40
Obr. 47. Senzor magnetického pole[13]	40
Obr. 48. Ukázka použití senzoru magnetického pole[13]	41
Obr. 49. Hledání magnetické inklinace[13].....	41
Obr. 50. Měřič hladiny zvuku[13]	42
Obr. 51. Měřič UVB záření[13].....	43
Obr. 52. Senzor elektrického náboje[13]	44
Obr. 53. Elektrodový zesilovač[13]	45
Obr. 54. Logo firmy Catcan[14]	46
Obr. 55. Tři servomotory Smartservo SS-14+[15]	47
Obr. 56. Smartsensor Lite version upevněný k NXT kostce[15].....	47
Obr. 57. NXT trezor v otevřeném stavu[17].....	49
Obr. 58. Zadávání kódu[17].....	50
Obr. 59. Detail kulatých závor ve dvířkách trezoru[17]	51
Obr. 60. TAS V.01[18]	52
Obr. 61. Závory dvířek v poloze odemčeno[18].....	53
Obr. 62. Závory dvířek v poloze zamčeno[18]	53

Obr. 63. V popředí je Techbricks NXT bot a v pozadí je druhá NXT kostka se senzorem akcelerace[20]	55
Obr. 64. V popředí je gamepad konzole PS2 a v pozadí je Techbricks NXT bot s kontrolním rozhraním pro PS2[20].....	56
Obr. 65. Room guard[18].....	57
Obr. 66. Auto gate s uzavřenou bránou[18].....	58
Obr. 67. Auto gate s přiloženou koulí a otevřenou bránou[18]	59
Obr. 68 Graf závislosti výstupních hodnot IR senzoru na vzdálenosti IR koule při umělém osvětlení.....	64
Obr. 69. Graf závislosti výstupních hodnot IR senzoru na vzdálenosti IR koule bez umělého osvětlení.....	65
Obr. 70. Program na měření citlivosti IR senzoru – část 1	66
Obr. 71. Program na měření citlivosti IR senzoru - část 2.....	67
Obr. 72. Detekční oblast	68
Obr. 73. Program pro určování směru IR záření.....	69
Obr. 74. Směr posunu IR koule v detekčním trojúhelníku	70
Obr. 75. Vývojový diagram hlavního programu	71
Obr. 76. Začátek hlavního programu	72
Obr. 77. Hlavní program – část 2 – pokračování cyklu 1	73
Obr. 78. Hlavní program – část 3.....	74
Obr. 79. Hlavní program – část 4 – cyklus 2	75
Obr. 80. Hlavní program – část 5 – cyklus 3	76
Obr. 81. Hlavní program – část 6 – konec	77

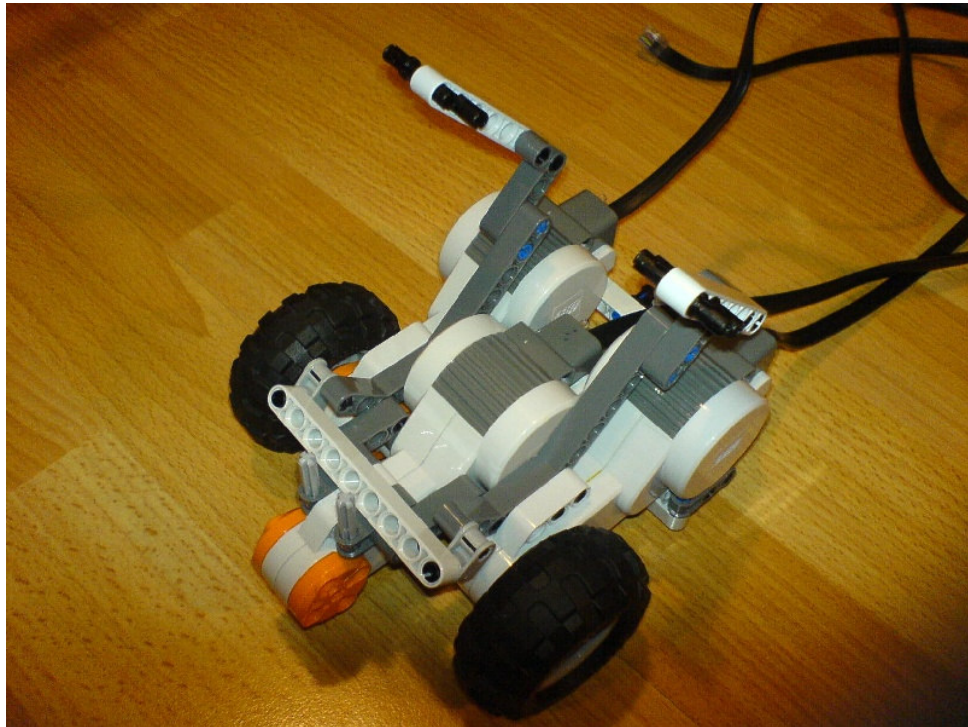
SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Tabulka citlivosti IR senzoru při umělém osvětlení.....	63
Tab. 2. Tabulka citlivosti IR senzoru bez umělého osvětlení.....	65
Tab. 3. Tabulka hodnot při vychýlení z přímé osy.....	70

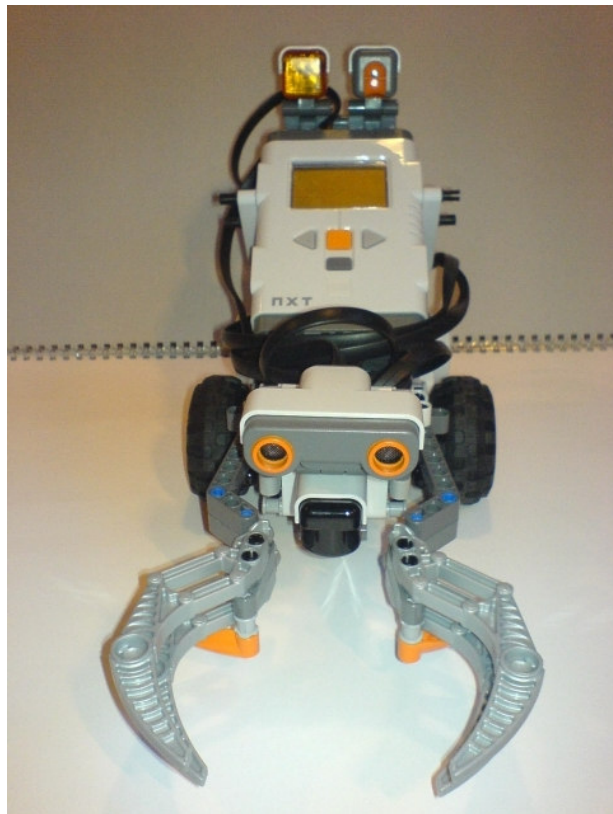
SEZNAM PŘÍLOH

P I Obrázky konstrukce robota

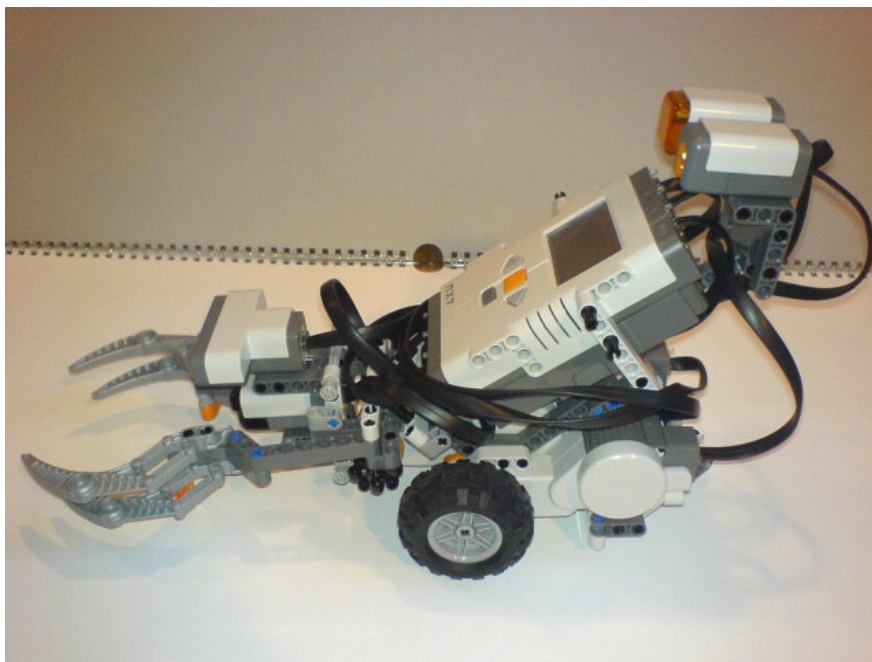
PŘÍLOHA P I: OBRÁZKY KONSTRUKCE ROBOTY



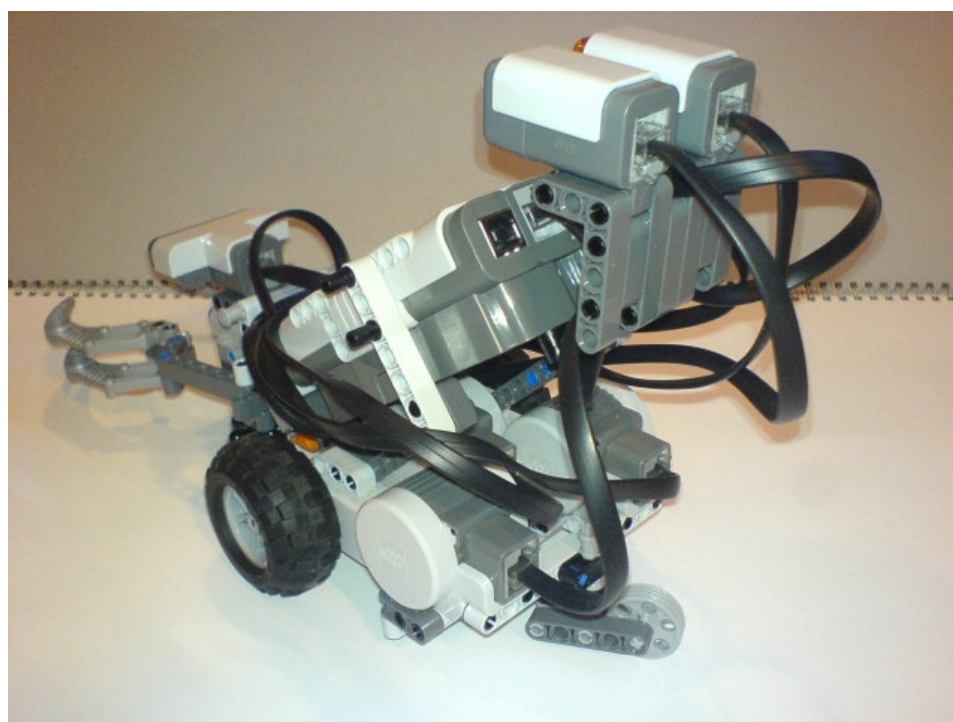
Podvozek se třemi servomotory a konstrukcí pro NXT kostku



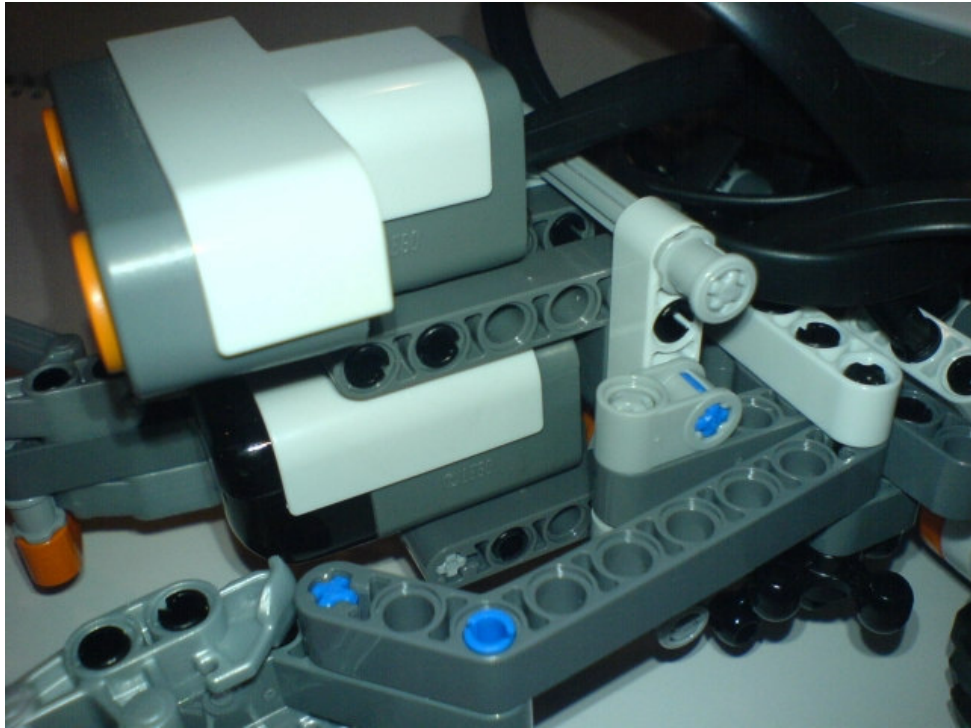
Pohled na robota zepředu



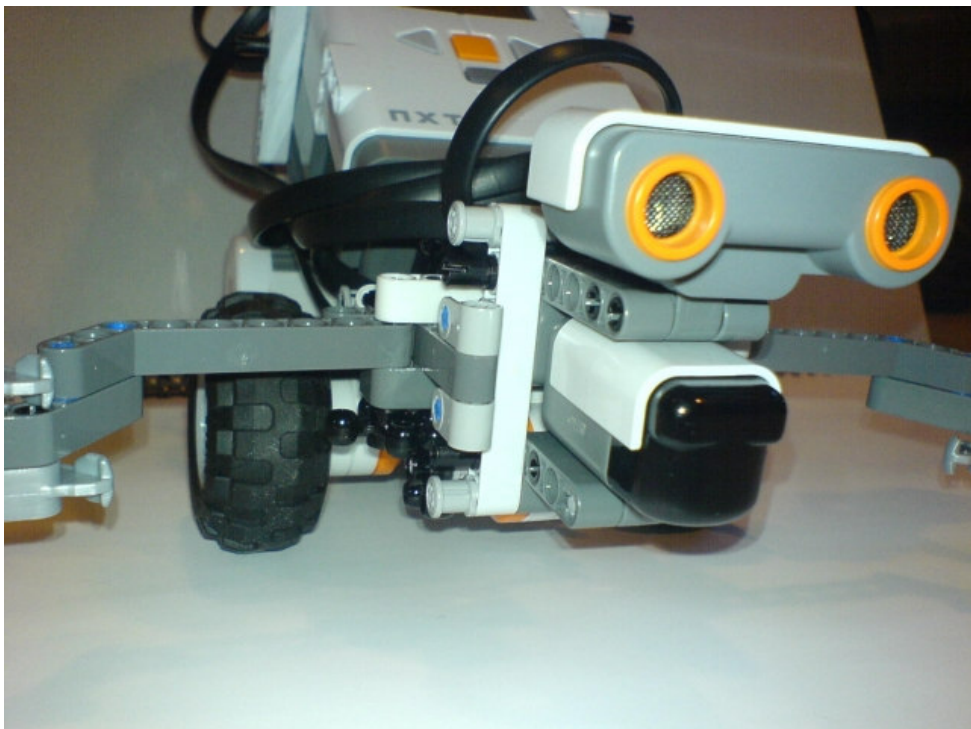
Pohled na robota ze strany



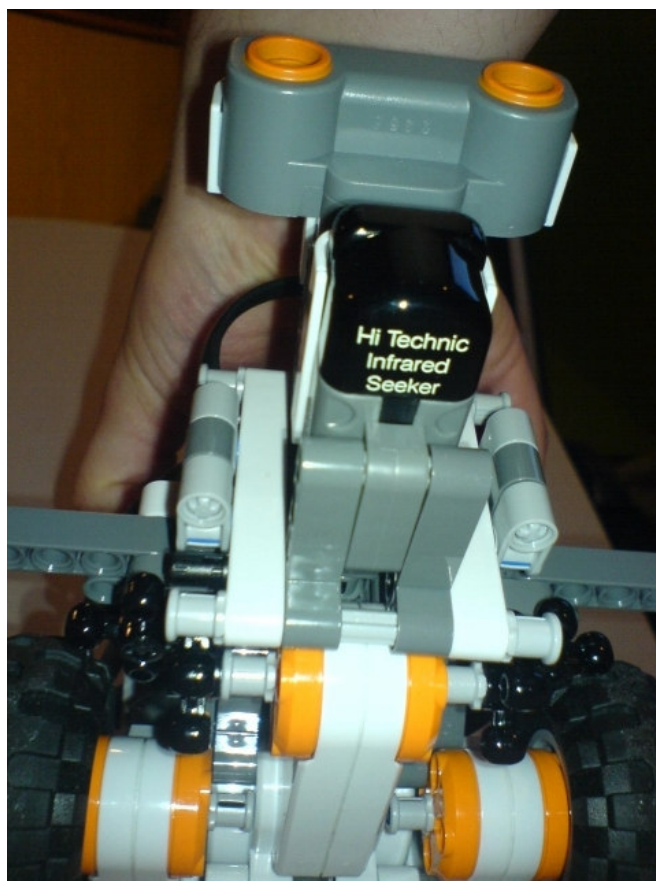
Pohled na robota zezadu



Detail uchycení předního IR a US senzoru



Pohled na robota zepředu s rozevřenými rameny



Pohled na robota zepředu a zespodu