ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ŘÍDÍCI TECHNIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití robota LEGO MINDSTORMS – příprava robotického semináře pro střední školu

Praha, 2010

Autor: Jaroslav Marek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze, dne ……. ……..

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Hlinovskému, Ph.D za zapůjčení stavebnice LEGO, poskytnuté materiály a podnětné připomínky. Dále bych rád poděkoval své rodině a přítelkyni za jejich lásku, trpělivost a velikou podporu při studiu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce seznamuje se základním hardwarovým a softwarovým vybavením stavebnice LEGO MINDSTORMS. Obsahuje návod na instalaci a popis programovacího prostředí programu LEGO MINDSTORMS NXT. Seznamuje se základy programování v jazyce NXT-G. Práce dále obsahuje informace o výukových prezentacích a webových stránkách, které byly vytvořeny jako podpora pro výuku robotického semináře na střední škole.

Abstract

This bachelor thesis introduces the basic hardware and software equipment of LEGO MINDSTORMS robotics kit. It contains installation instructions and a description of the programming environment of LEGO MINDSTORMS NXT software. It introduces the basics of programming language NXT-G. The thesis also includes information about educational presentations and web pages that were created as a support for teaching of robotic workshops at secondary school.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Jaroslav Marek**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Využití robota Lego Mindstorms - příprava robotického semináře pro střední školu**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s možnostmi robota Lego Mindstorms (současný stav, HW a SW vybavení).
2. Nastudujte možnosti programování robota LEGO Mindstorms a připravte prezentaci v powerpointu a návod v pdf formátu a ve formě webových stránek pro NXT-G.
3. Připravte výuku robotnického semináře pro střední školu (gymnázium) v rozsahu 40 hodin výuky (příprava osnovy jednotlivých seminářů, výukových materiálů, příkladů, testování a zkoušení studentů atd.).
4. Vytvořte potřebné webové stránky k robotnickému semináři.

Seznam odborné literatury:

Dodá vedoucí práce

Vedoucí: Ing. Martin Hlinovský, Ph.D.

Platnost zadání: do konce zimního semestru 2010/2011

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

L.S.

doc. Ing. Boris Šimák, CSc.
děkan

V Praze dne 26. 10. 2009

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ VIII

SEZNAM TABULEK X

1 ÚVOD DO BAKALÁŘSKÉ PRÁCE 1

1.1 Cíl práce 1

1.2 Obsah práce 1

2 HARDWAROVÉ VYBAVENÍ 2

2.1 NXT kostka 2

2.2 Senzory 3

2.2.1 Dotykový senzor 3

2.2.2 Světelný senzor 4

2.2.3 Zvukový senzor 5

2.2.4 Ultrazvukový senzor 5

2.3 Efektory 6

2.3.1 Servomotory 6

2.3.2 Svítidla 8

3 PROGRAMOVÁNÍ NXT KOSTKY 9

3.1 Seznámení se základními pojmy 10

3.2 NXT – G 11

3.3 Začínáme s programem LEGO MINDSTORMS NXT 11

3.3.1 Instalace a první spuštění 13

3.3.1.1 Systémové požadavky 13

3.3.1.2 Instalace 14

3.3.1.3 Spuštění 19

3.3.2 Popis jednotlivých částí programu 20

3.3.3 Vytvoření nového programu 23

3.3.4 Uložení programu 24

3.3.5 Otevření programu 25

3.3.6 Programovací bloky 26

3.3.7 Data hubs 30

3.3.8 Startovní bod 31

3.3.9 Sequence beam 32

3.3.10 Tvorba vlastních bloků 33

3.3.10.1 Vytvoření vlastního bloku 33

3.3.10.2 Úprava vytvořeného bloku ... 35
3.3.10.3 Správa palety *Custom* ... 36
3.3.11 Práce s proměnnými ... 36
3.3.11.1 Vytvoření proměnné ... 36
3.3.11.2 Použití proměnné ... 37
3.3.12 Správa souborů a paměti NXT kostky ... 38
3.3.12.1 Smazání souboru ... 38
3.3.12.2 Smazání všech vytvořených souborů ... 38

4 ROBOTICKÝ SEMINÁŘ ... 39

5 WEBOVÉ STRÁNKY ... 43

6 ZÁVĚR ... 44

LITERATURA ... 45

A PŘÍLOHA CD ... I

Seznam obrázků

Obr. 2.1: NXT programovatelná kostka 3
Obr. 2.2: NXT dotykový senzor 4
Obr. 2.3: NXT světelný senzor 4
Obr. 2.4: NXT zvukový senzor 5
Obr. 2.5: NXT ultrazvukový senzor 6
Obr. 2.6: NXT interaktivní servomotor 6
Obr. 2.7: Vnitřní struktura NXT servomotoru 7
Obr. 2.8: PWM signál se střídou 25:75 7
Obr. 3.1: Maloobchodní verze programu LEGO MINDSTORMS NXT s Robo Center 12
Obr. 3.2: Výuková verze programu LEGO MINDSTORMS NXT v2.0 s Robot Educator 13
Obr. 3.3: Úvodní instalační okno pro výběr jazyka použitého při instalaci 15
Obr. 3.4: Okno s průběhem načítání dalších komponent 15
Obr. 3.5: Okno s průběhem načítání 16
Obr. 3.6: Okno s licenčními podmínkami 17
Obr. 3.7: Okno s přehledem položek pro instalaci 17
Obr. 3.8: Okno s průběhem instalace 18
Obr. 3.9: Okno po dokončení instalace 18
Obr. 3.10: Okno pro dokončení instalace 19
Obr. 3.11: Průvodce Getting Started a System Overview 20
Obr. 3.12: Prostředí programu s vyznačenými částmi 20
Obr. 3.13: Sekce Start New Program 23
Obr. 3.14: Záložky pro přepínání mezi programy 24
Obr. 3.15: Simple Text – podporované znaky 24
Obr. 3.16: Okno pro uložení souboru 25
Obr. 3.17: Sekce Open Recent Program 25
Obr. 3.18: Move block 26
Obr. 3.19: Record/Play block 26
Obr. 3.20: Sound block 26
Obr. 3.21: Display block 27
Obr. 3.22: Wait block 27
Obr. 3.23: Loop block 27
Obr. 3.24: Switch block 27
Obr. 3.25: Common blocks 28
Obr. 3.26: Action blocks 28
Obr. 3.27: Sensor blocks 28
Obr. 3.28: Flow blocks 28
Obr. 3.29: Data blocks 29
Obr. 3.30: Advanced blocks 29
Obr. 3.31: My Blocks 29
Obr. 3.32: Web Downloads 29
Obr. 3.33: Zde klikněte pro otevření Data hub nabídky 30
Obr. 3.34: Data hub nabídka bloku Move se vstupními a výstupními zástrčkami 31
Obr. 3.35: Startovní bod a oblast pro umístění prvního bloku 31

Obr. 3.36: Příklad paralelního běhu programu 32
Obr. 3.37: Výběr bloků pro sloučení do jednoho bloku 33
Obr. 3.38: Úvodní okno průvodce My Block Builder 34
Obr. 3.39: Okno průvodce My Block Builder pro editaci vzhledu nové ikony 35
Obr. 3.40: Záložka Memory okna NXT 38

Seznam tabulek

Tab. 1.1: Přehled programovacích jazyků a jejich vlastností 9

1 Úvod do bakalářské práce

1.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je seznámit čtenáře se základním hardwarovým vybavením stavebnice LEGO MINDSTORMS a s možnostmi programování NXT kostky. Dalším cílem je vytvoření návodu na programování v NXT-G pro začátečníky ve formátu pdf, ve formě prezentace v PowerPointu a webových stránek. Posledním cílem je vytvoření výukových prezentací a webových stránek pro robotický seminář, který bude vyučován na střední škole.

Toto téma jsem si vybral proto, že mě roboti vždy zajímali. Stavebnice LEGO MINDSTORMS dává tu pravou příležitost, jak se s roboty naučit pracovat. Doufám, že vše co bylo vytvořeno v rámci této bakalářské práce, bude využito v praxi při výuce studentů.

1.2 Obsah práce

Pokud nepočítám úvod a závěr, tak je bakalářská práce rozdělena na čtyři části. Druhá kapitola pojednává o základním hardwarovém vybavení stavebnice LEGO MINDSTORMS. Ve třetí kapitole nalezneme tabulku s přehledem možností programování NXT kostky a návod na instalaci a programování v programu LEGO MINDSTORMS NXT. Ve čtvrté kapitole jsou informace o robotickém semináři a kapitola pátá se zabývá webovými stránkami.

2 Hardwarové vybavení

V LEGO MINDSTORMS robotické stavebnici se kromě různorodých součástek pro sestavení robota také nachází tyto hardwarové prvky: NXT kostka s dobíjecí baterií, 2 dotykové senzory, zvukový senzor, světelný senzor, ultrazvukový senzor, 3 servomotory a 3 svítidla.

2.1 NXT kostka

Je to inteligentní LEGO® kostka, která je mozkem LEGO MINDSTORMS robotů. Uvnitř NXT kostky, která je vidět na Obr. 2.1, se nachází dva mikroprocesory. Hlavní řídící jednotkou je 32-bitový mikroprocesor ARM7 s pracovní frekvencí 48 MHz, 256 kB Flash paměti a 64 kB RAM paměti. Druhý je 8-bitový mikroprocesor ATmega48 s pracovní frekvencí 8 MHz, 4 kB Flash paměti a 512 B RAM paměti. Výhodou Flash paměti je, že při vypnutí nebo případném vyjmutí baterie zůstane v paměti vše, co jste tam předtím nahráli.

Na vrchní straně NXT kostky jsou 3 výstupní porty pro připojení servomotorů. Tyto porty jsou označeny velkými písmeny A, B a C. Také je zde umístěn USB port pro připojení USB kabelu, který se svým druhým koncem připojí do počítače. Tímto způsobem lze přenášet programy z počítače do robota nebo naopak nahrát data z robota do počítače. Můžete i využít bezdrátové Bluetooth připojení. Bluetooth v NXT kostce může pracovat ve dvou módech, „master“ nebo „slave“. Při připojení k počítači je vždy v módu „slave“, ale může také pracovat v módu „master“, zatímco je připojen k dalším „slave“ NXT kostkám. Ke každé kostce v módu „master“ lze připojit až 4 kostky v módu „slave“. Každá NXT kostka má unikátní Bluetooth jméno, které se zobrazuje na prvním řádku displeje.

Na spodní straně NXT kostky jsou 4 vstupní porty, které jsou označeny číslicemi 1, 2, 3, 4 a jsou určeny pro zapojení senzorů.

NXT kostka má na čelní straně jednobarevný LCD displej s rozlišením 100 x 64 pixelů. Na displeji lze zobrazovat text nebo jednoduché obrázky. Pod displejem jsou čtyři tlačítka. Oranžové tlačítko slouží k zapínaní, potvrzování volby v NXT menu a spouštění programů. Pod ním se nachází tmavě šedé tlačítko, kterým lze smazat soubor nebo vrátit se o krok zpět v NXT menu. Dvojice světle šedých šipek je určena pro pohyb vlevo a vpravo v NXT menu. Na zadní

straně kostky je vyhrazeno místo pro 6 AA baterií nebo místo nich lze umístit dobíjecí lithiovou baterii, což tvoří napájení NXT kostky.

Ještě je třeba zmínit, že NXT kostka může produkovat různé zvuky, což umožňuje reproduktor, který je umístěn na pravém boku.

Obr. 2.1: NXT programovatelná kostka

2.2 Senzory

Senzory poskytují robotovi zpětnou vazbu a podávají mu informaci o okolním prostředí. Pro NXT kostku byla speciálně navrhnuta řada senzorů. V základním balení stavebnice je k dispozici 5 typů senzorů: dotykový, světelný, zvukový, ultrazvukový a rotační (o posledním zmíněném senzoru se dozvíte více v části o servomotorech).

2.2.1 Dotykový senzor

NXT dotykový senzor, který je vidět na Obr. 2.2, je pravděpodobně nejjednodušší z rodiny LEGO senzorů. Je tvořený deskou s tištěnými spoji (PCB – Printed Circuit Board), na kterou je namontované tlačítko. Dále se zde nachází konektor a rezistor, který je v sérii s tlačítkem, aby nedošlo ke zkratu při náhodném zapojení do výstupního portu. Vše je zapouzdřeno v plastovém krytu. Pokud je tlačítko stlačeno, tak se uzavře obvod a začne přes něj protékat elektrický proud. NXT kostka je schopná detekovat tento průchod proudu a váš program může přečíst stav dotykového senzoru. Jedna z nejpoužívanějších aplikací tohoto senzoru je využit ho jako nárazník. Umožňuje robotovi detekovat překážku, když do ní narazí a změnit své chování.

Obr. 2.2: NXT dotykový senzor

2.2.2 Světelný senzor

NXT světelný senzor (Obr. 2.3) obsahuje senzor světla a světelnou LED diodu, která může být v programu zapnuta nebo vypnuta. Světelný senzor umožňuje měřit intenzitu buď LED světla odraženého od objektu nebo okolního světla dopadajícího na senzor. Skládá se z těchto součástek: červená LED dioda, fototranzistor a konektor, který je namontovaný na vrchní straně PCB desky. Elektronické součástky jsou namontovány na spodní straně desky. Světlo, které dopadá na fototranzistor, je převedeno na elektrický signál, který je dále v NXT kostce převeden na číslo v rozsahu 0 - 1023. V programovacím prostředí LEGO MINDSTORMS NXT se využívá rozsah 0 – 100 %. Fototranzistor ve světelném senzoru je mnohem více citlivější na infračervené barvy světla než poměrně úzké spektrum, které vidí lidé. To může být matoucí, protože tepelné světelné zdroje jako jsou žárovky, vidí světelný senzor mnohem jasněji než my.

Obr. 2.3: NXT světelný senzor

2.2.3 Zvukový senzor

NXT zvukový senzor (Obr. 2.4) je konstruován podobným způsobem jako světelný senzor. Skládá se z mikrofonu, který je zasazen do molitanu, dále z kondenzátoru a konektoru, který je namontovaný na vrchní straně PCB desky. Zbytek elektronických součástek je na spodní straně desky. Hlasitost zvuku nebo hladina akustického tlaku (SPL) se měří v jednotkách nazývané decibely (dB). Decibely určují, o kolik je hladina zvuku relativně hlasitější nebo tišší než nějaký jiný zvuk. Potom 0 dB je nejslabší zvuk, který slyší průměrný člověk. Zvukový senzor dokáže měřit hlasitost zvuku až do 90 dB. Lidé mají sluch nejvíce citlivý při frekvenci 3 kHz. Citlivost klesá k nule pro frekvenci 20 Hz a 20 kHz. Zvukový senzor může být přepnut do dBA módu, kdy naměřený zvuk pak velice koresponduje s lidským sluchem.

Obr. 2.4: NXT zvukový senzor

2.2.4 Ultrazvukový senzor

NXT ultrazvukový senzor (Obr. 2.5) je vhodné použít v situacích, když chceme, aby se robot vyhnul nějaké překážce, aniž by se jí dotknul. Skládá se ze dvou válcových objektů, kterými jsou ultrazvukový reproduktor a mikrofon. Pomocí drátu jsou připojeny k PCB desce, na které se dále nachází konektor. Jedná se o složitější senzor, který potřebuje vlastní mikroprocesor a díky němu udává vzdálenost v absolutních jednotkách. Odlišuje se tak od světelného a zvukového senzoru, které mají relativní stupnicí. Měří vzdálenost v centimetrech nebo palcích. Umožňuje měřit vzdálenost od 0 centimetrů do 255 centimetrů s přesností +/- 3 centimetry. Senzor pracuje podobně jako sonar. Vyšle krátkou dávku ultrazvukového zvuku na frekvenci 40 kHz a měří čas od vyslání do přijetí signálu, který se šířil prostředím, odrazil se od překážky a vrátil se zpátky k senzoru. Stejný princip využívají netopýři při navigaci a pro nalezení kořisti. Pro detekci velkých objektů, jako je například stěna, je senzor v měření docela spolehlivý. Pokud je scéna složitější a nachází se v ní malé objekty, tak příliš spolehlivě nepracuje.

Obr. 2.5: NXT ultrazvukový senzor

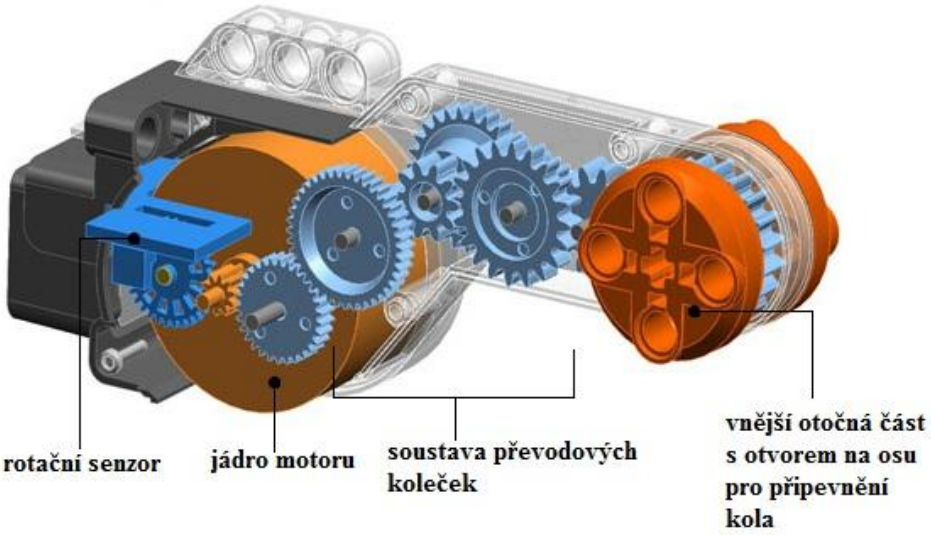
2.3 Efektory

Pomocí efektorů může robot působit na okolní prostředí. Typickým příkladem je elektromotor. V LEGO MINDSTORMS NXT stavebnici máme k dispozici 3 interaktivní servomotory.

2.3.1 Servomotory

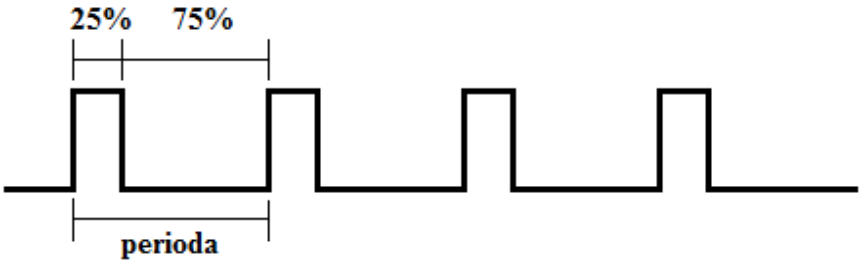
Díky NXT stejnosměrným servomotorům (Obr. 2.6) se může robot hýbat. Otočná část servomotoru se může pohybovat rychle, ale i velice pomalu, což je umožněno díky soustavě osmi převodových koleček. Pro přesné ovládání má každý motor zabudovaný rotační senzor (enkodér). Tento senzor měří otočení motoru ve stupních s přesností +/- 1 stupeň nebo dokáže měřit počet celých otáček. Jedno otočení odpovídá 360 stupňům. Ve vnitřní struktuře servomotoru (Obr. 2.7) si můžete všimnout, že enkodér je umístěn na levé části oranžového „bubnu“ – motor. Ve skutečnosti se jedná o černé kolečko s 12 štěrbinami. Z jedné strany kolečka je z optického senzoru (čtvercová krabička překrývající kolečko enkodéru) generován světelný paprsek, který prochází skrz kolečko a dopadá na fotočlánek na druhé straně. Jak se motor otáčí, tak se otáčí i kolečko enkodéru a fotočlánek je schopen přečíst 24 *on/off* stavů při jedné otáčce.

Obr. 2.6: NXT interaktivní servomotor



Obr. 2.7: Vnitřní struktura NXT servomotoru

Pro řízení rychlosti servomotorů se používá tzv. pulzní šířková modulace (PWM – Pulse Width Modulation). Ve skutečnosti se pomocí PWM ovládá výkon motoru v rozmezí 0 – 100 %. Lze si to jednoduše představit tak, že výkon motoru závisí na tom, jak dlouho je zapnut (připojen k napětí) za daný cyklus. Pokud je zapnut po menší časový úsek v cyklu, tak bude výkon motoru menší a pokud po delší časový úsek, tak bude výkon větší. Výkon, s tím související rychlost, závisí na poměru mezi stavem *on* a *off* (zapnut a vypnut). Tento poměr se nazývá střída. Cyklus, za který dojde k přenosu jedné střídy se nazývá perioda. Pokud například požadujeme, aby výkon motoru byl 25 %, tak střída PWM signálu je 25:75, a to znamená, že stav *on* trvá 25 časových jednotek a stav *off* zbylých 75 časových jednotek. Pro lepší představu je to znázorněné na Obr. 2.8. Aby byl výkon motoru 100 % a tedy maximální rychlost, tak musí být střída 100:0 a stav *on* pak trvá 100 časových jednotek a stav *off* 0 časových jednotek. Vnitřní řídící jednotka přepíná mezi *on* a *off* stavem velice rychle (jeden *on/off* puls je každou milisekundu), a tak se motor zdánlivě otáčí normálním způsobem.



Obr. 2.8: PWM signál se střídou 25:75

2.3.2 Svítidla

Možná někoho zarazí, že jsem svítidla zařadil mezi efektory, ale senzor to není a určitě nějakým způsobem svoje okolí ovlivňují. Střídavým zapínáním a vypínáním svítidel lze vytvořit blikající světelné vzory. Mohou být také použita pro aktivování světelného senzoru. Lze díky nim třeba ukázat, že je motor zapnutý. Mohou se využít jako estetický prvek, například pro napodobení očí robota nebo jiných rysů.

3 Programování NXT kostky

Existuje mnoho odlišných způsobů pro psaní programů, které budou NXT kostkou vykonány. V Tab. 1.1 jsou shrnuty základní charakteristiky nejpoužívanějších programovacích jazyků.

Název jazyka	**NXT - G**	**ROBOLAB**	**NXC**	**ROBOTC**	**leJOS NXJ**	**leJOS OSEK**
Typ jazyka	Grafický	Grafický	Not Exatly C	C	Java	ANSI C/C++
Platformy	Windows, Mac OSX	Windows, Mac OSX	Windows, Mac OSX, Linux	Windows	Windows, Mac OSX, Linux	Windows
Firmware	Standardní	Standardní	Standardní	Standardní	Uživatelský	Uživatelský
IDE	Ano	Ano	Ano	Ano	pluginy pro Eclipse a Netbeans	Eclipse CDT (GCC+ATMEL SAM-BA
Podpora událostí	Ne	Ano	Ne	Ano	Standardní Java events	Ano (OSEK RTOS)
Podpora více vláken	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano (OSEK RTOS)
Datový typ float	Ne	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano
Podpora Bluetooth	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano
Cena	0$ - *retail* verze 50$ - *education* verze	50$	Zdarma	30$ - web 50$ - CD	Zdarma	Zdarma

Tab. 1.1: Přehled programovacích jazyků a jejich vlastností

3.1 Seznámení se základními pojmy

Dříve než se seznámíme s vývojovým prostředím softwaru LEGO MINDSTORMS NXT a se základy programování v jazyku NXT – G, je potřeba vysvětlit několik základních pojmů, bez kterých se neobejdete. Ti z vás, kteří tyto pojmy již znají a nechtějí se jimi více zabývat, mohou tuto část přeskočit.

Základní pojmy:

- **Robot** - Existuje nespočetné množství definic pojmu robot**.** Jedna z definic říká, že je to elektrické zařízení, které funguje nezávisle na tom, aniž by ho řídil člověk. Můžeme také říci, že robot je stroj, který vykonává podobné činnosti jako člověk, především však činnosti pohybové a manipulační. Většinou musí takový stroj získávat informace o prostředí, ve kterém se pohybuje. Musí být schopen toto prostředí ovlivňovat jak fyzikálně, tak i mechanicky. Informace z prostředí získává pomocí senzorů. Senzor je zařízení, které je schopné měřit nějakou vlastnost prostředí. Senzorem může být třeba i obyčejný spínač. Tento spínač může robot například využít jako nárazník. Naopak působit na okolní prostředí může robot pomocí efektorů. Typickým příkladem efektoru je elektromotor. Po jeho připojení na kolo umožňuje robotovi pohyb. V závislosti na velikosti robota se můžeme setkat i s dalšími typy efektorů, ať už to jsou spalovací motory či hydraulika. Každý robot také musí mít zdroj energie, kterým je nejčastěji akumulátor. Ten poskytuje energii senzorům, řídící jednotce i většině efektorů.

- **Algoritmus** – Je to schematický postup, který je určený pro řešení určitých druhů problémů a který je prováděn pomocí konečného množství přesně definovaných kroků.

- **Program** – Postup operací, který popisuje realizaci dané úlohy. Jednoduše se dá říci, že se jedná o posloupnost instrukcí pro našeho robota. Program je vytvářen osobou - programátorem, zápisem algoritmu v nějakém programovacím jazyku.

- **Programovací jazyk –** Jedná se o jazyk sloužící k tvorbě programů. Je to prostředek pro zápis algoritmů a slouží jako komunikační nástroj mezi programátorem a počítačem. Jako lidé mluví různými jazyky, tak i roboti (ale i počítače a další zařízení) mluví různými jazyky. Například lidé na naší planetě mluví angličtinou, němčinou, ruštinou, španělštinou, atd. I NXT programovací kostka rozumí různým jazykům. Mým rodným

jazykem je čeština. Pro NXT kostku je „rodným“ jazykem NXT – G. Ve škole jsem se naučil mluvit anglicky, ale můj rodný jazyk to není. NXT kostka se také může naučit „rozumět“ dalším jazykům. Jako u lidí, tak i zde platí, že dříve než se začneme učit cizímu jazyku, tak je potřeba dokonale rozumět jazyku rodnému.

- **Programování –** Označuje činnost, při které je vytvářen (psán) program.
- **Software =** programové vybavení

3.2 NXT – G

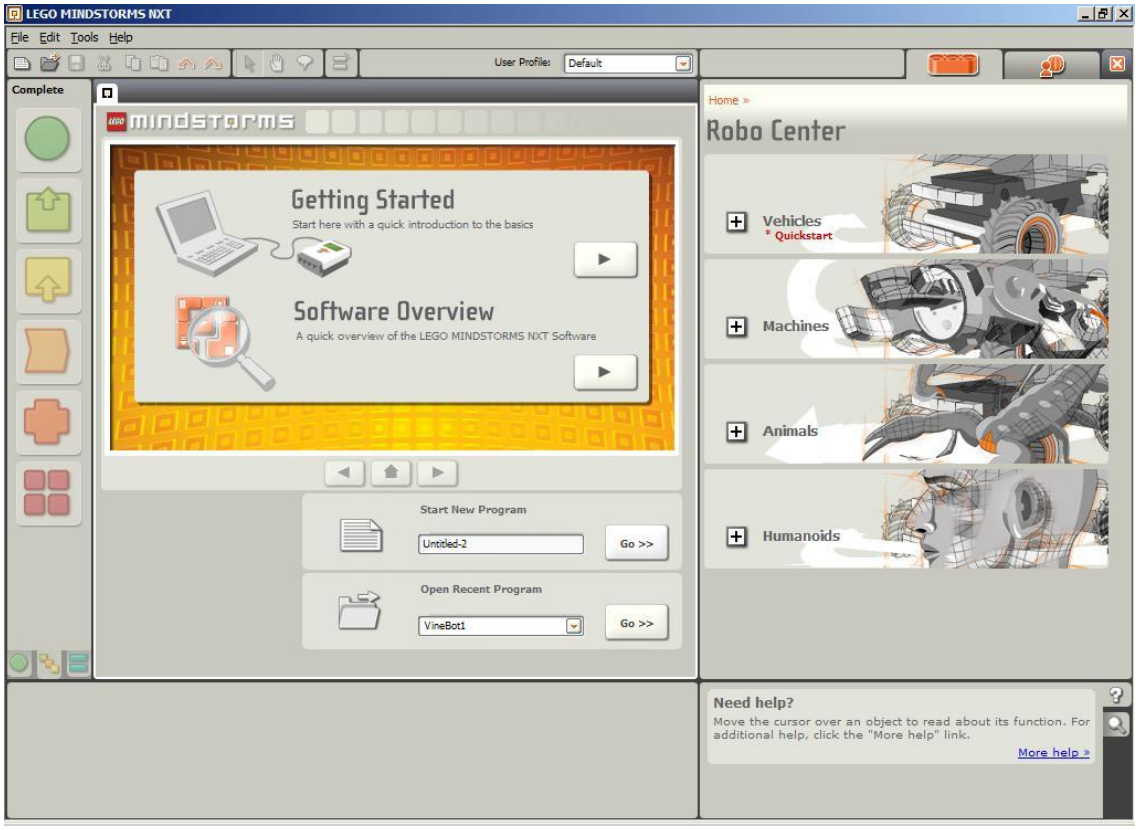
NXT – G je nástroj, který slouží k tomu, abyste vašemu robotovi řekli, co má dělat. Tento nástroj vám dovolí vytvářet programy, které pak nahrajete do vašeho MINDSTORMS robota. Může se jednat o jednoduché instrukce nebo o rozsáhlé a náročné programy. V názvu tohoto programovacího jazyka se za pomlčkou vyskytuje písmeno „G“, což je začáteční písmeno anglického slova *Graphical*. To znamená, že program není složen z instrukcí, které jsou v textové podobě, ale program je vytvářen v grafickém prostředí pomocí programovacích bloků. Ty se jednoduše řečeno skládají za sebou.

3.3 Začínáme s programem LEGO MINDSTORMS NXT

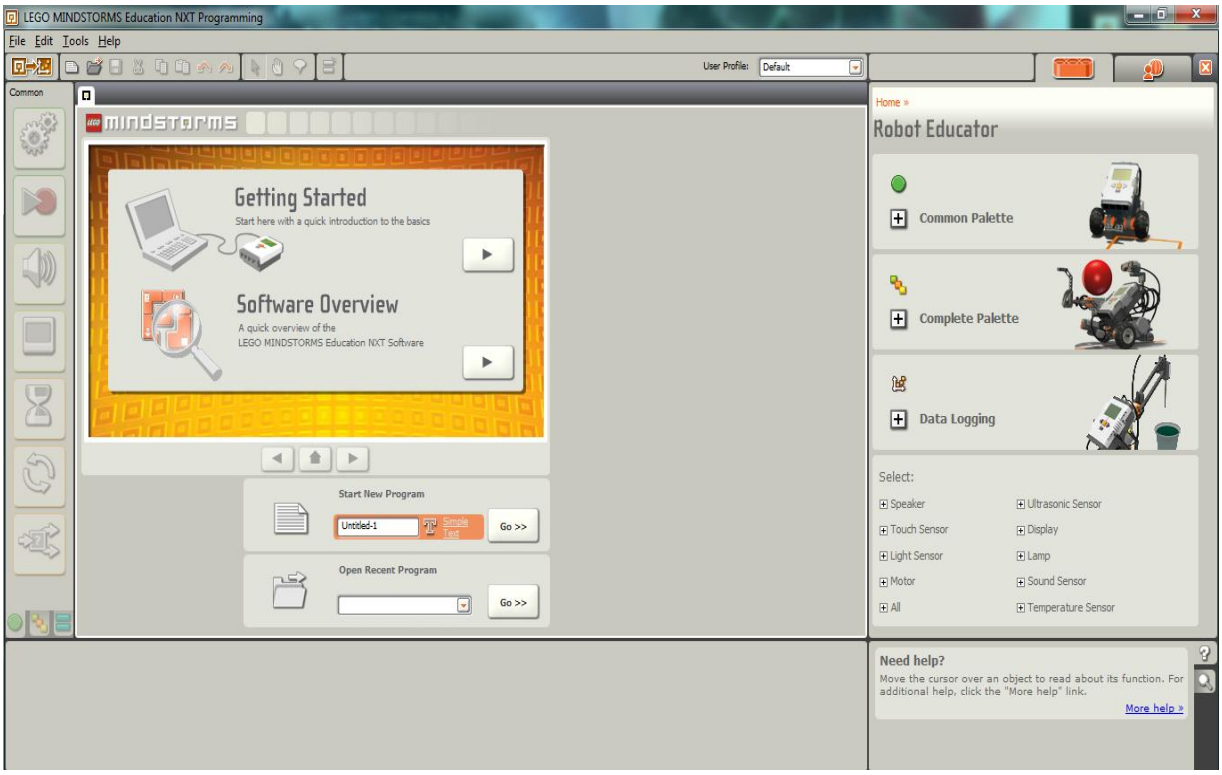
Programovací prostředí LEGO MINDSTORMS NXT bylo kompletně vytvořeno podle grafického programovacího softwaru LabVIEW, který je určen pro návrh automatických měřících a řídících systémů. Uživatelé LabVIEW si mohou všimnout mnoha podobenství mezi programem LEGO MINDSTORMS NXT a LabVEW, protože National Instruments a LEGO spolupracovali na tom, aby byly zachovány všechny klíčové grafické programovací prvky používané v LabVIEW proto, aby bylo uživatelské rozhraní optimalizováno i pro „nováčky“ v užívání počítačů. Programování je založeno na principu *drag-and-drop* („táhni a pusť“). Pomocí tohoto principu jsou z panelu na levé straně obrazovky přesouvány programovací bloky na programovací plochu programu. Každý blok má unikátní funkci jako například pohyb motorů, detekce zvuku, zobrazení zprávy nebo třeba měření vzdálenosti. Různými kombinacemi bloků se vytvoří program, který poté nahrajete do NXT kostky. Zkompilovaný program je do NXT kostky přenesen pomocí USB kabelu nebo pomocí Bluetooth bezdrátového připojení.

Existují dvě podoby softwaru LEGO MINDSTORMS NXT. První je součástí NXT robotické stavebnice, kterou lze koupit v kamenném obchodě. Tato verze se někdy označuje jako

retail - maloobchodní. Druhá je součástí NXT stavebnice, která se dá pořídit v *LEGO Educational Division* a má v názvu doplněno *education* - výuková. Výuková verze je hlavně pořizována školami nebo školícími centry, ale koupit přes internet si ji samozřejmě může kdokoliv. Na Obr. 3.1 je vidět maloobchodní verze se sekcí *Robo Center* a na Obr. 3.2 je výuková verze se sekcí *Robot Educator* . *Robo Center* je průvodce, kde jsou krok po kroku instrukce pro sestavení a naprogramování čtyř NXT robotických modelů. *Robot Educator* je místo, kde se naučíte programovat vašeho robota pomocí 39 programovacích příkladů. Maloobchodní a výuková verze jsou v 90 procentech stejné a liší se pouze v pár funkcích. Ovládání programu je velmi jednoduché a intuitivní.



Obr. 3.1: Maloobchodní verze programu LEGO MINDSTORMS NXT s Robo Center



Obr. 3.2: Výuková verze programu LEGO MINDSTORMS NXT v2.0 s Robot Educator

3.3.1 Instalace a první spuštění

V následujícím textu se už budu pouze zabývat programem LEGO MINDSTORMS NXT ve verzi 2.0 - výuková verze. Instalační balíček mi zapůjčil vedoucí bakalářské práce, pan Ing. Martin Hlinovský, Ph.D. K dispozici je CD, kterým lze provést instalaci na operačním systému Microsoft Windows. Na druhém CD je NXT uživatelská příručka. Dále balíček obsahuje DVD, pomocí něhož program lze nainstalovat na počítačích se systémem Apple Macintosh. Já jsem provedl instalaci na svém notebooku se 64 bitovým operačním systémem Windows 7 Home Premium.

3.3.1.1 Systémové požadavky

- **Microsoft Windows**
  - Windows XP Professional nebo Home Edition se Service Packem 2 nebo novější
  - procesor Intel® Pentium® nebo kompatibilní, minimálně 800 MHz (doporučeno 1,5 GHz nebo lepší)
  - Windows Vista Service Pack 1 nebo novější

- procesor Intel® Pentium® nebo kompatibilní, minimálně 1 GHz (doporučeno 1,5 GHz nebo lepší)
- CD-ROM mechanika
- operační paměť: 512 MB RAM – minimálně
- alespoň 700 MB volného místa na pevném disku
- XGA displej (1024x768)
- 1 USB port
- kompatibilní Bluetooth adaptér – podporované programy pro Bluetooth jsou Widcomm Bluetooth pro Windows ve verzi novější než v. 1.4.2.10 SP5, Bluetooth „stacks“ zahrnuté v Microsoft Windows XP se Service Packem 2 nebo Service Packem 3, Windows Vista nebo Vista Service Pack 1

- **Apple Macintosh**
  - Apple MacOS X verze 10.3.9, 10.4 nebo 10.5
  - Power PC® G3,G4, G5 procesor, minimálně 600 MHz (doporučeno 1.3 GHz nebo lepší)
  - Apple MacOS X verze 10.4 nebo 10.5
  - Intel procesor
  - DVD mechanika
  - aspoň 700 MB volného místa na pevném disku
  - XGA displej (1024x768)
  - 1 USB port
  - kompatibilní Bluetooth adaptér - , Bluetooth „stacks“ zahrnuté v Apple MacOS X 10.3.9, 10.4 a 10.5

Poznámka: V následujícím textu budu používat pojem „kliknout“. Tím myslím, že na příslušný objekt najedete kurzorem myši a krátce stisknete a pustíte levé tlačítko.

3.3.1.2 Instalace

1. Zavřete všechny otevřené programy.
2. Vložte instalační CD do mechaniky vašeho počítače.
3. Pokud se CD automaticky nenačte, tak na ploše dvakrát klikněte na ikonu „Můj počítač“. Najděte disk s názvem „Mindstorms® NXT“ a dvakrát na něj klikněte.
4. Spustí se úvodní instalační okno (Obr. 3.3), ve kterém si zvolíte jazyk instalace.

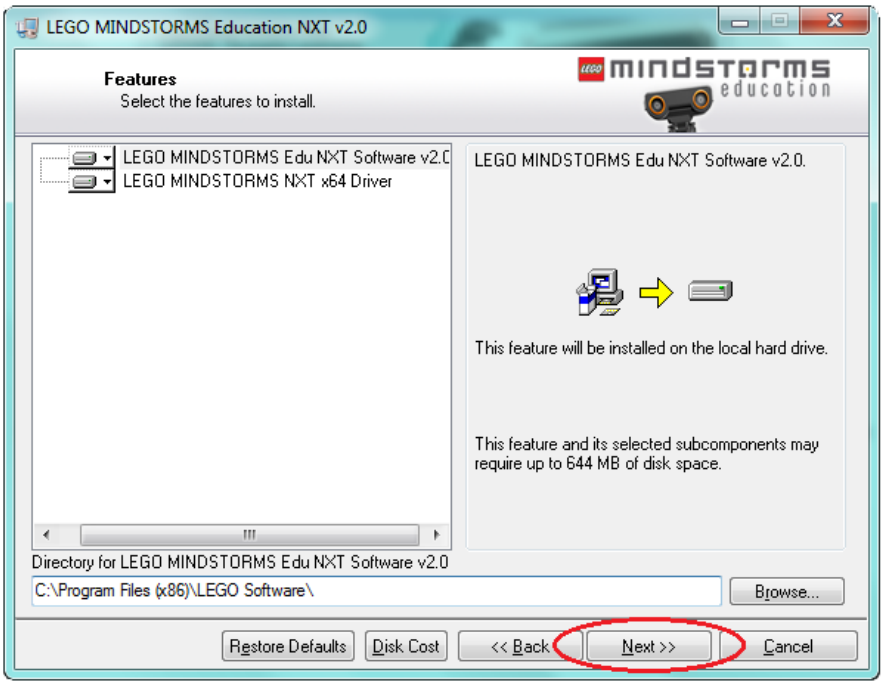
Obr. 3.3: Úvodní instalační okno pro výběr jazyka použitého při instalaci

5. Já si zvolil angličtinu. Jaký jazyk si zvolíte vy, je na vás. Kliknutím na tlačítko s příslušným jazykem se objeví další okno (Obr. 3.4), ve kterém je vidět průběh inicializace instalátoru.

Obr. 3.4: Okno s průběhem načítání dalších komponent

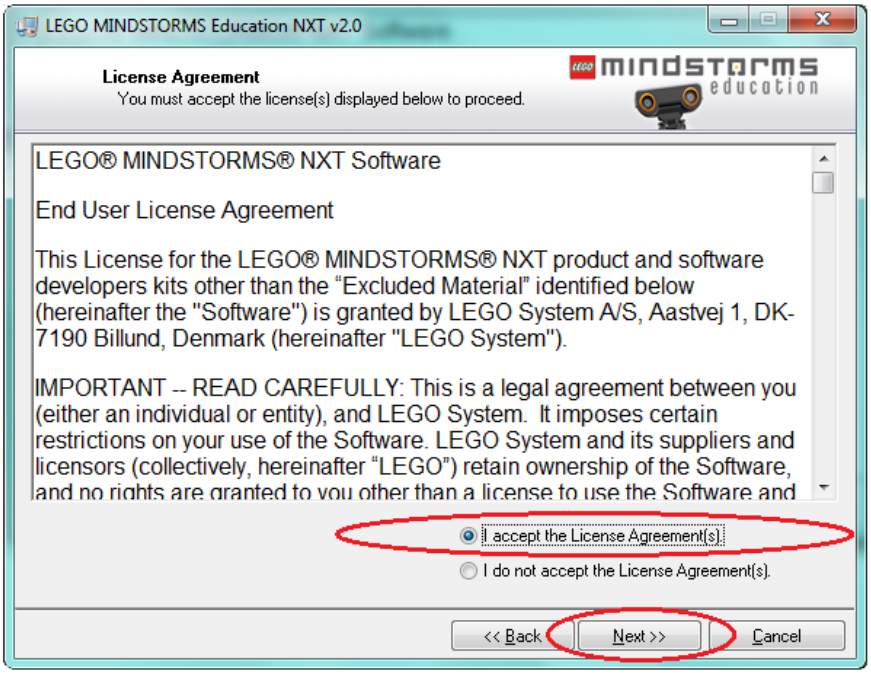
6. Jakmile doběhne „zelený indikátor“, který je umístěný v dolní části okna, až na konec, tak se objeví okno (Obr. 3.5), ve kterém si můžete zvolit, jaké části programu chcete nainstalovat a cílový adresář pro instalaci. Pokud máte 64 bitový operační systém, tak určitě nechte druhou položku „LEGO MINDSTORMS NXT x64 Driver“ zatrhnutou,

aby se nainstalovala, jinak by vám pak program nefungoval. Dále se v levé části okna nachází informace o tom, že se dané položky nainstalují na místní pevný disk a kolik je potřeba volného místa. Pokud jste spokojeni s předdefinovaným cílovým adresářem „C:\Program Files (x86)\LEGO Software\“, můžete kliknout na tlačítko *Next*. Pokud nejste spokojeni a chcete změnit cílový adresář, tak klikněte na tlačítko *Browse*. Objeví se okno s adresářovou strukturou vašeho počítače, kde si zvolíte, kam chcete program nainstalovat. Po navolení klikněte na tlačítko *OK*.



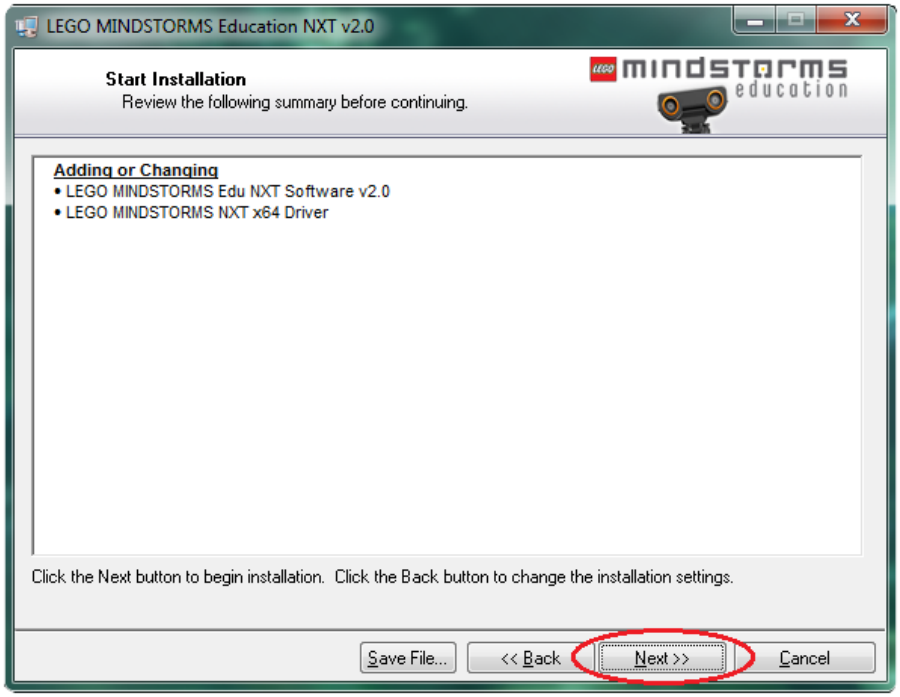
Obr. 3.5: Okno s průběhem načítání

7. V následujícím okně (Obr. 3.6) jsou k přečtení licenční podmínky. Pro přejití na další okno je potřeba souhlasit s licenčními podmínkami kliknutím na přepínač s textem *“I accept the License Agreement(s)“* . Pak již můžete kliknout na tlačítko *Next*.



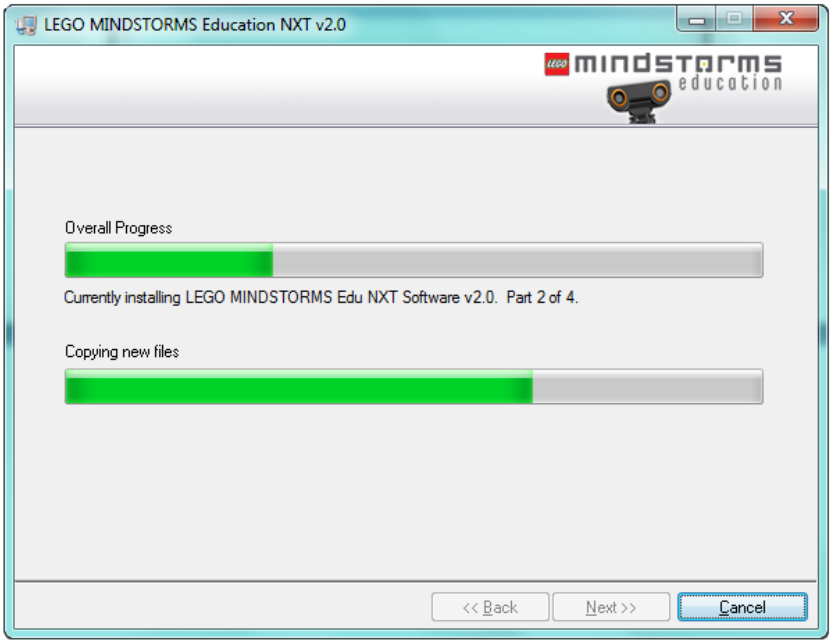
Obr. 3.6: Okno s licenčními podmínkami

8. Objeví se okno (Obr. 3.7) s přehledem, které položky se nainstalují. Pro přejití k samotné instalaci stačí kliknout opět na tlačítko *Next*.



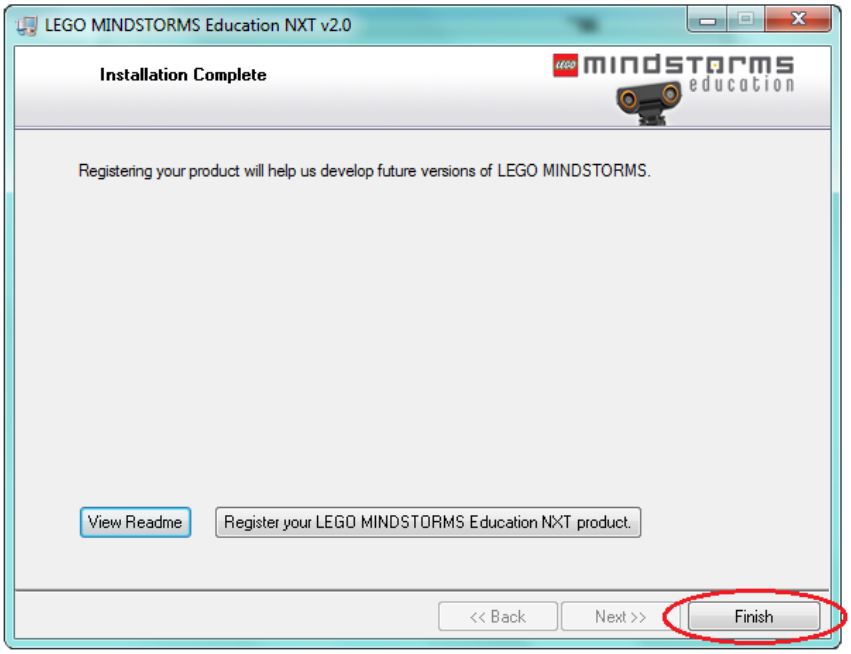
Obr. 3.7: Okno s přehledem položek pro instalaci

9. V následujícím okně (Obr. 3.8) je vidět průběh instalace.



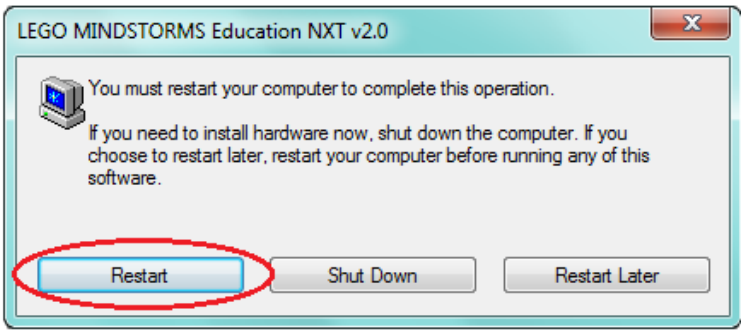
Obr. 3.8: Okno s průběhem instalace

10. Po „doběhnutí“ indikátoru průběhu instalace se objeví poslední okno (Obr. 3.9), kde můžete kliknutím na tlačitko *View Readme* otevřít poznámkový blok s informacemi o právě nainstalovaném programu. Vedlejší velké tlačítko slouží k registraci programu. Pro dokončení instalace klikněte na tlačítko *Finish* umístěné v levém dolním rohu okna.



Obr. 3.9: Okno po dokončení instalace

11. Po kliknutí na tlačítko *Finish* se objeví ještě jedno okno, které vidíte na Obr. 3.10. Před prvním spuštěním programu musíte restartovat počítač, a proto klikněte na tlačítko *Restart*. Pokud chcete restartovat počítač později, tak klikněte na tlačítko *Restart Later*. Pro instalaci hardwaru musíte nejprve vypnout počítač. To se vykoná po kliknutí na prostřední tlačítko *Shut Down*.



Obr. 3.10: Okno pro dokončení instalace

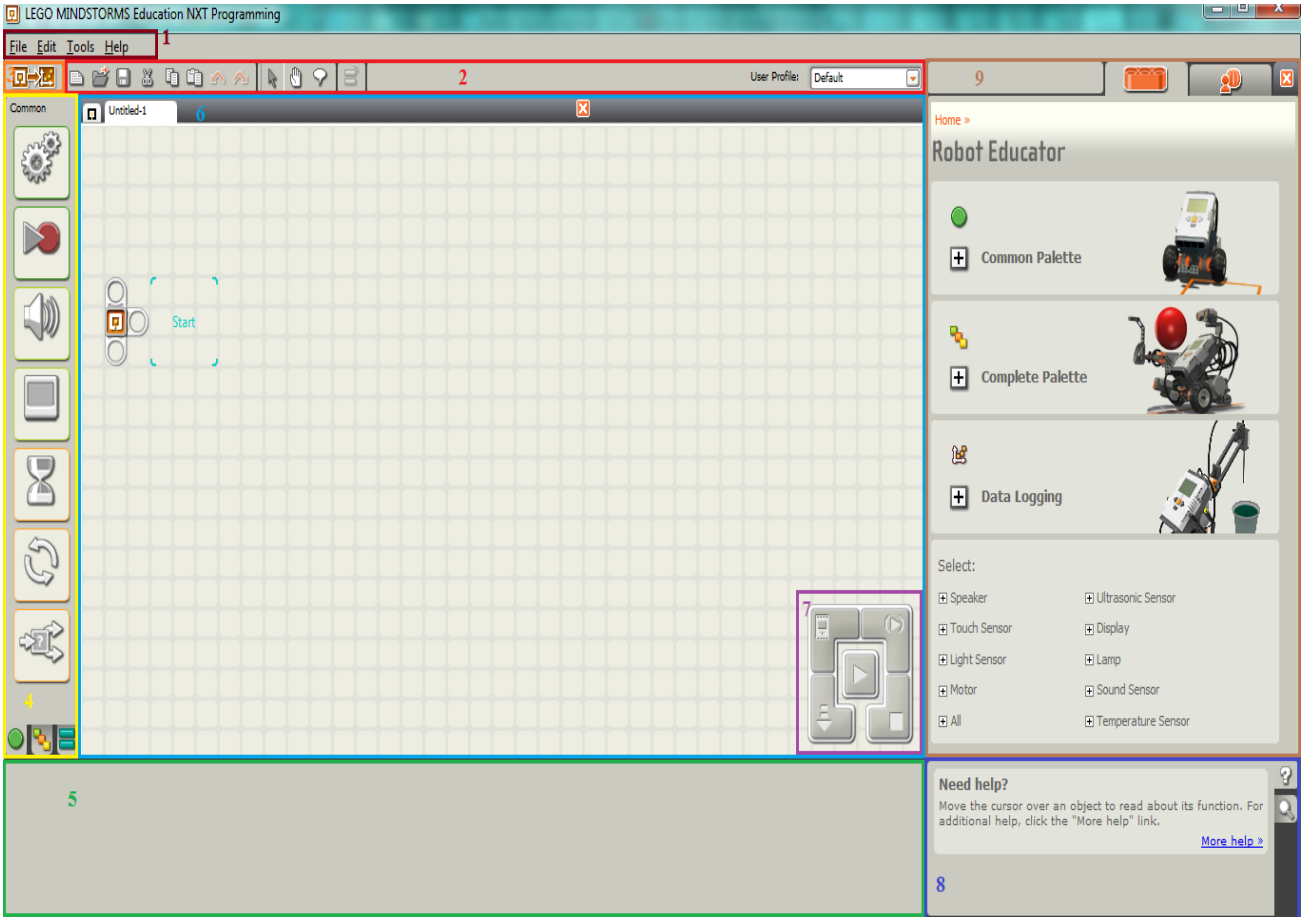
3.3.1.3 Spuštění

Po úspěšně dokončené instalaci a restartování počítače se na pracovní ploše vašeho monitoru budou nacházet dvě nové ikony. Ikona s názvem *„NXT 2.0 Programming“* slouží ke spuštění programu LEGO MINDSTORMS NXT, ve kterém budete vytvářet programy pro vašeho LEGO robota a druhá ikona s názvem *„NXT 2.0 Data Logging“* je určena ke spuštění programu, který slouží pro záznam dat.

Dvojím klinutím na první zmíněnou ikonu dojde ke spuštění programu, jehož prostředí můžete vidět na Obr. 3.2. V prostřední části obrazovky se nachází úvodní okno s dvěma animovanými průvodci *Getting Started* a *System Overview* (Obr. 3.11). Průvodce *Getting Started* poskytuje rychlý návod na vytvoření programu a další práci s ním. Druhý průvodce *System Overview* stručně popisuje jednotlivé části NXT programovacího prostředí. Pod těmito průvodci jsou dvě sekce. První z nich slouží pro vytvoření nového programu a druhá pro otevření nedávno vytvořených programů.

Obr. 3.11: Průvodce Getting Started a System Overview

3.3.2 Popis jednotlivých částí programu



Obr. 3.12: Prostředí programu s vyznačenými částmi

1 – Roletové nabídky

Na vrchní liště okna se nachází 4 roletové nabídky s dalšími podnabídkami:

- *File* - *New*
  - *Open*
  - *Close*
  - *Save*
  - *Save As*
  - *Page Setup*
  - *Print*
  - *Exit*
- *Edit* - *Make a New My Block*
  - *Edit Selected My Block*
  - *Edit My Block Icon*
  - *Manage Custom Pallete*
  - *Manage Profiles*
  - *Define Constants*
- *Tools* - *Calibrate Sensors*
  - *Update NXT Firmware*
  - *Block Import and Export Wizard*
  - *Download to Multiple NXTs*
- *Help* - *Contents and Indexes*
  - *Online Support*
  - *Online Updates*
  - *Register Product*
  - *About LEGO MINDSTORMS Edu NXT*

Nabídky obsahují často používané funkce a lze je aktivovat buď pomocí levého tlačítka myši nebo kombinací Alt + podtržené písmeno. Obdobným způsobem lze aktivovat i jednoduché příkazy v nabídce.

Postup:

- Kurzor myši nastavte na příslušný název nabídky a klikněte.
- Po otevření nabídky vyberte kurzorem žádanou funkci a opět na ni klikněte.

- Alternativně přidržte stisknutou klávesu Alt a stiskněte klávesu odpovídající podtrženému písmenu v názvu nabídky.

2 – Lišta s tlačítky pro rychlé spuštění

3 – Tlačítko pro přepínání mezi programem NXT Data Logging a NXT Programming Software

4 – Paleta s programovacími bloky

Programovací paleta obsahuje všechny programovací bloky, které budete potřebovat pro vytváření vašich programů. Pro jednoduché používání je programovací paleta rozdělena do tří menších palet, mezi kterými se přepíná pomocí záložek ve spodní části této sekce. Palety jsou následující:

- *Common palette* – Je to paleta, která obsahuje nejpoužívanější bloky. Primárně je nastavena jako výchozí bod.
- *Complete pallete* – Tato paleta obsahuje kompletně všechny programovací bloky.
- *Custom pallete* – V této paletě najdete stažené bloky z webu a vlastně vytvořené.

5 – Oblast pro konfigurační panel – V této části obrazovky se zobrazuje konfigurační panel. Každý programovací blok má svůj unikátní konfigurační panel, kde můžete specifikovat nastavení vybraného bloku.

6 – Programovací okno – Nachází se zde programovací plocha, na níž budete spojovat bloky do sekvence. Mezi jednotlivými programy se přepíná pomocí záložek v horní části programovacího okna. Pro uzavření aktivní programovací plochy slouží „křížek“ napravo od záložek.

7 - *Controller* – Obsahuje pět tlačítek, která slouží ke komunikaci mezi počítačem a NXT kostkou. Pomocí nich můžete stáhnout program (nebo jen jeho část) do NXT kostky. Jedno z pěti tlačítek je určené k otevření okna s informacemi o NXT kostce.

- *NXT window button* – Toto tlačítko, které je na *Controlleru* vlevo nahoře, otevře NXT okno, které obsahuje záložku *Memory* určenou pro správu paměti NXT kostky a záložku *Communications* s přehledem zařízení připojených k PC.
- *Download button* – Tímto tlačítkem, které je vlevo dole, stáhnete program do NXT kostky a následně ho z ní můžete spustit.

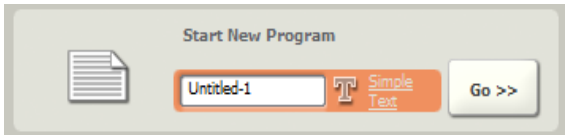
- *Download and run button* – Toto tlačítko, které se nachází uprostřed *Controlleru,* stáhne program do NXT kostky a poté ho spustí.
- *Download and run selected button* – Tímto tlačítkem, které najdete vpravo nahoře, stáhnete a spustíte jen část vašeho programového kódu. Může se jednat o jeden nebo několik bloků. Tak můžete vyzkoušet, jak bude fungovat jen malá část vašeho programu, aniž byste museli stáhnout celý program.
- *Stop button* – Toto tlačítko se nachází vpravo dole a slouží k zastavení běžícího programu.

8 - *Help & Navigation* – V této části se můžete přepínat pomocí dvou záložek mezi dvěma sekcemi. První záložka s názvem *Help tab* slouží jako nápověda. *Map tab* je druhá záložka, která slouží k získání přehledu nad vaším programem.

9 – *Robot Educator & My Portal* – Tato část má také dvě záložky. První záložka je průvodce *Robot Educator*, kde najdete instrukce pro programování modelů *Robot Educator*. V druhé záložce *My portal* jsou dvě tlačítka, která slouží pro přístup na webové stránky, první na www.mindstormseducation.com a druhé na www.legoengineering.com.

3.3.3 Vytvoření nového programu

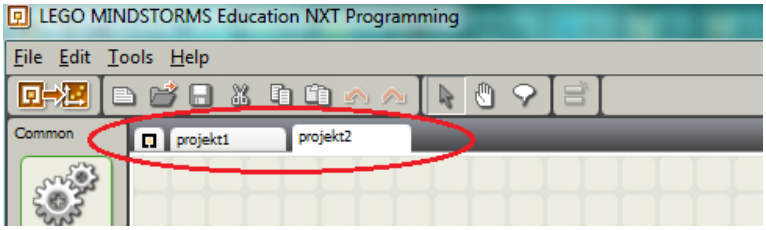
1. Klikněte do textového pole s předdefinovaným názvem „*Untitled-1*“ umístěné v sekci *Start New Program* v úvodním okně (Obr. 3.13).



Obr. 3.13: Sekce Start New Program

2. Smažte předdefinovaný text a napište název vašeho nového programu, nebo můžete ponechat původní název.
3. Klikněte na tlačítko „*Go>>*“ a úvodní okno se přepne na programovací plochu, kde budete umísťovat programovací bloky. Při vytváření nového programu si všimněte, že v horní části programovacího okna se vytvořila záložka s názvem, který jste dali vašemu programu. Můžete vytvořit více programů a pak mezi nimi přepínat pomocí těchto záložek nebo pomocí ikony programu LEGO MINDSTORMS NXT se přepnout zpět na úvodní okno. Záložku lze zavřít „křížkem“, který je umístěný uprostřed horní části programovacího okna. Záložky

pro přepínání mezi programovacími plochami a úvodním oknem jsou vidět na Obr. 3.14.



Obr. 3.14: Záložky pro přepínání mezi programy

Nový program lze také vytvořit tak, že kliknete na roletovou nabídku *File* a zvolíte volbu *New*. Nebo můžete také využít první tlačítko zleva, které je umístěné na liště pro rychle spuštění. Poslední možností pro vytvoření nového programu je použití klávesová zkratky Ctrl+N. Nově vytvořený program si vždy uložte, než ho budete chtít nahrát do NXT kostky.

Pokud je textové pole označeno jako na Obr. 3.13, tak podporuje pouze *Simple Text*. Jestliže textové pole není takto označeno, tak podporuje celý text, zahrnující znaky s diakritikou a asijské znaky. *Simple Text* znamená, že podporované znaky jsou velká a malá písmena A-Z, číslice 0-9, interpunkce a symboly, které jsou na Obr. 3.15. Pokud *Simple Text* textové pole obsahuje jiné než dovolené znaky a symboly, tak bude místo nich zobrazeno prázdné místo.

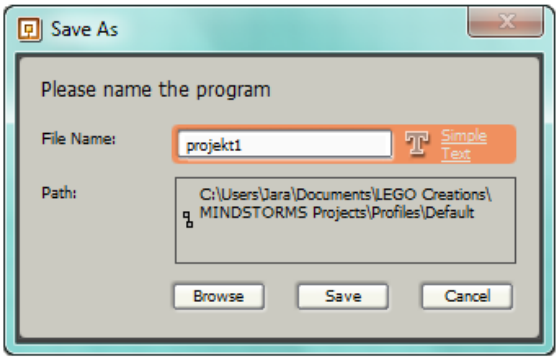
Obr. 3.15: Simple Text – podporované znaky

3.3.4 Uložení programu

1. Klikněte na roletovou nabídku *File* a vyberte volbu *Save as*.
2. Objeví se okno s názvem (Obr. 3.16), kde po kliknutí do textového pole *File Name* můžete napsat vámi vymyšlený název programu. Uložený program bude mít příponu *.rbt. Do textového pole můžete napsat název programu i bez této přípony. Ta se pak sama automaticky po uložení připojí.
3. Pod textovým polem je textová oblast s názvem *Path*, kde je napsaná předdefinovaná cesta pro uložení nového programu. Cestu můžete změnit pomocí tlačítka *Browse*.

4. Pro dokončení procesu uložení klikněte na tlačítko *Save*. Pokud jste si to s uložením rozmysleli, tak pro uzavření okna klikněte na tlačítko *Cancel*.

K uložení programu lze také využít třetí tlačítko zleva, které se nachází na liště pro rychlé spuštění. Kliknutím na něj se opět objeví okno *Save As* pro uložení. Při prvém použití klávesové zkratky Ctrl+S se také vyvolá okno pro uložení. Při opětovném použití klávesové zkratky Ctrl+S se bude program průběžně ukládat.

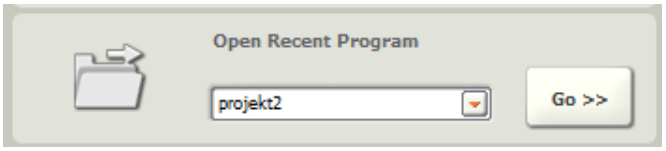


Obr. 3.16: Okno pro uložení souboru

3.3.5 Otevření programu

1. V úvodním okně v sekci *Open Recent Program* (Obr. 3.17) se nachází rozbalovací nabídka. Klikněte na šipku umístěnou na levé straně rozbalovací nabídky.
2. Rozbalí se seznam, kde jsou názvy programů, na kterých jste nedávno pracovali.
3. Klikněte na název programu, který chcete otevřít.
4. Stiskněte tlačítko *„GO>>“* a otevře se daný program.

Jako bylo více způsobů pro vytvoření a uložení programu, tak i pro otevření existuje více způsobů. Jednou z dalších možností, jak lze otevřít program je, že kliknete na roletovou nabídku *File* a vyberete volbu *Open*. Otevře se okno s adresářovou strukturou, kde si najdete soubor, který chcete otevřít a stisknete tlačítko *OK*. Okno s adresářovou strukturou lze také vyvolat pomocí klávesové zkratky Ctrl+O nebo kliknutím na druhé tlačítko zleva na liště pro rychlé spuštění.



Obr. 3.17: Sekce Open Recent Program

3.3.6 Programovací bloky

Jak bylo již zmíněno, programovací paleta se skládá z palet *Commnon*, *Complete* a *Custom*. Jaké programovací bloky se nacházejí v jednotlivých paletách si popíšeme v následujícím textu.

Paleta *Commnon* obsahuje nejpoužívanější bloky: *Move*, *Record/Play*, *Sound*, *Display*, *Wait*, *Loop* a *Switch*.

Move block (Obr. 3.18) – Tento blok uvádí motory do pohybu nebo zapíná svítidla.

Obr. 3.18: Move block

Record/Play block (Obr. 3.19) – Pomocí tohoto bloku můžete naprogramovat robota fyzickým pohybem a později pohyb přehrát jinde v programu.

Obr. 3.19: Record/Play block

Sound block (Obr. 3.20) – *Sound* blok umožňuje, aby robot vydával zvuky. Lze použít přednahrané zvuky.

Obr. 3.20: Sound block

Display block (Obr. 3.21) – *Display* blok vám dává možnost ovlivnit, co bude zobrazeno na displeji NXT kostky. Muže být zobrazen text, ikony nebo můžete sami něco nakreslit. Umístěním několika bloků za sebou můžete vytvářet velmi složité motivy.

Obr. 3.21: Display block

Wait block (Obr. 3.22) – Tento blok donutí robota čekat, dokud není splněna určitá podmínka. Robot může například čekat, dokud zvukový senzor nezaregistruje nějaký zvuk, nebo dokud neuplyne přednastavený čas a další nastavené možnosti. V paletě *Common* to je jediný blok, který má takovou funkci, že když najedete kurzorem myši nad ikonu s přesýpacími hodinami, tak se rozbalí nabídka s pěti druhy *Wait* bloků, které se od sebe liší podmínkou čekání.

Obr. 3.22: Wait block

Loop block (Obr. 3.23) – *Loop* blok je určen k tomu, aby robot dělal určitou činnost znovu a znovu. Například, aby se pohyboval pořád dopředu, dokud nebude stlačen dotykový senzor.

Obr. 3.23: Loop block

Switch block (Obr. 3.24) – Díky tomuto bloku může robot dělat rozhodnutí. Například, aby zahnul vpravo, pokud uslyší hodně hlasitý zvuk, aby zahnul vlevo, když uslyší málo hlasitý zvuk.

Obr. 3.24: Switch block

Paleta *Complete* obsahuje kompletně všechny programovací bloky. Skládá se ze šesti sekcí, na které když najedete kurzorem myši, tak se rozbalí nabídka s bloky, které patří do dané sekce. Sekce jsou následující: *Common, Action, Sensor, Flow, Data* a *Advanced blocks*.

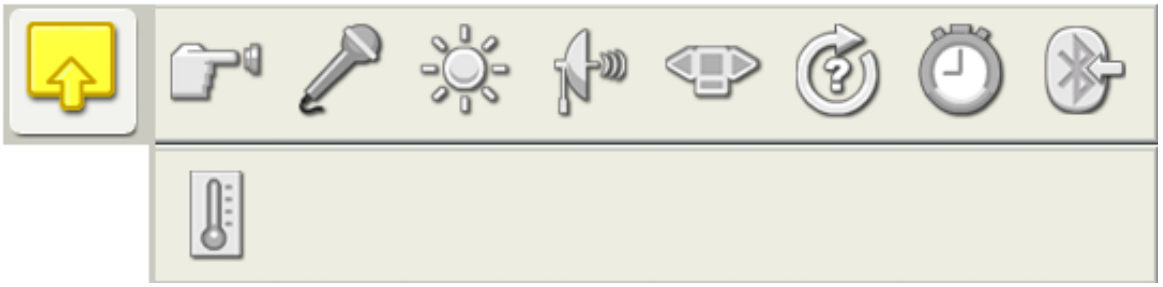
Common blocks (Obr. 3.25) – Tato skupina bloků je shodná s těmi, které jsou dostupné na paletě *Commnon.*

Obr. 3.25: Common blocks

Action blocks (Obr. 3.26) – Tyto bloky umožňují ovládat chování výstupních zařízení: interaktivní servomotor, NXT reproduktor, NXT displej, Bluetooth (odeslání) a svítidla.

Obr. 3.26: Action blocks

Sensor blocks (Obr. 3.27) – Kombinací těchto bloků se senzory umístěnými na vašem robotovi lze řídit jeho chování. Bloky odpovídají dotykovému, zvukovému, světelnému a ultrazvukovému senzoru; NXT tlačítka; otáčení servomotorů; časovače; Bluetooth (příjem) a volitelný teplotní senzor.



Obr. 3.27: Sensor blocks

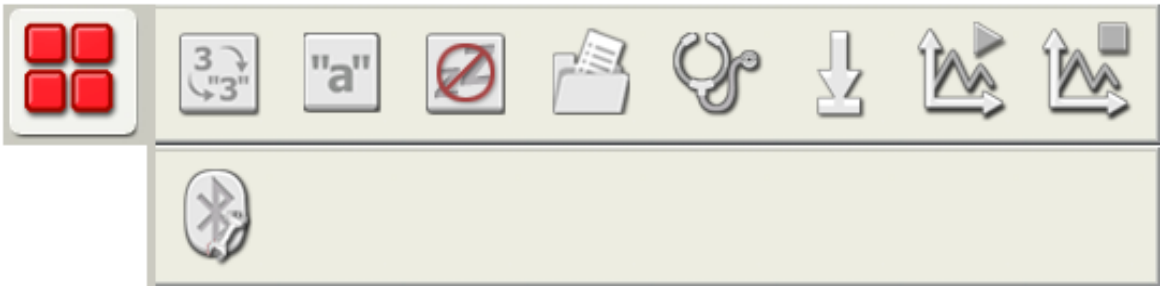
Flow blocks (Obr. 3.28) – Tyto bloky umožňují vytvářet více komplexní chování robota. Jsou zde bloky pro čekání, opakování, rozhodování a blok pro zastavení určité činnosti nebo pro logický tok v programu.

Obr. 3.28: Flow blocks

Data blocks (Obr. 3.29) – Slouží pro nastavení booleovské logiky, matematiky, porovnání, rozsahu, náhodných podmínek, proměnných nebo konstant.

Obr. 3.29: Data blocks

Advanced blocks (Obr. 3.30) – Používají se pro konvertování dat na text, přidání textu, ovládání funkce *sleep* na NXT kostce, ukládání souborů v NXT kostce, kalibraci senzorů, resetování motorů, zahájení a ukončení záznamu dat nebo připojení pomocí Bluetooth.



Obr. 3.30: Advanced blocks

Paleta *Custom* obsahuje dvě ikony: *My Blocks* a *Web Downloads.*

My Blocks (Obr. 3.31) – Zde najdete bloky, které jste si sami vytvořili. Můžete několik bloků sloučit do jednoho a pak ho využít v dalších programech.

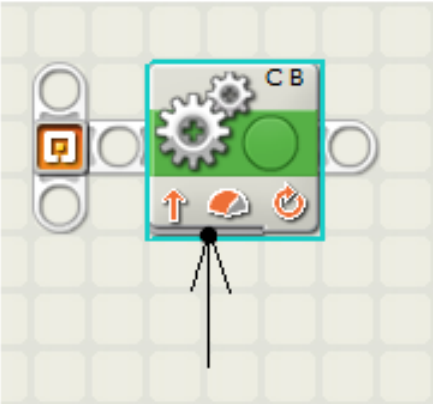
Obr. 3.31: My Blocks

Web Downloads (Obr. 3.32) – V této sekci se nachází bloky, které jste stáhnuli z emailu, portálu nebo z webových stránek jako je například www.MINDSTORMSeducation.com.

Obr. 3.32: Web Downloads

3.3.7 Data hubs

Většina programovacích bloků přichází s funkcionalitou, která se nazývá *Data hub*. Pokud najedete kurzorem myši nad levou spodní část programovacího bloku (Obr. 3.33), který je již umístěn na programovací ploše, tak se objeví oboustranná šipka. Kliknutím se rozbalí *Data hub* nabídka (Obr. 3.34). Pokud znovu kliknete na stejné místo, tak se nabídka zavře. V levé části této nabídky se nachází vstupní zástrčky a v pravé výstupní zástrčky. Po najetí kurzoru myši nad zástrčku se šipka změní v symbol, který vypadá jako „svazek drátu“. Po kliknutí přejdete do režimu „kreslení“ datového spojení a můžete tak vytvořit spojení z výstupní zástrčky jednoho bloku do vstupní zástrčky druhého bloku. Datovým spojením lze přenášet informaci ve formě čísla, textu nebo formě jiných hodnot. Správně vytvořené spojení je znázorněno plnou čarou. Spojení pro přenos číselných dat je označeno žlutou čarou, textová data oranžovou čarou a data ve formě logických hodnot zelenou čarou. Nesprávné propojení dvou zástrček je znázorněné tečkovanou šedou čarou.

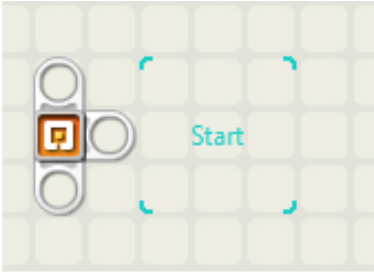


Obr. 3.33: Zde klikněte pro otevření Data hub nabídky

Obr. 3.34: Data hub nabídka bloku Move se vstupními a výstupními zástrčkami

3.3.8 Startovní bod

Když začnete vytvářet program, tak první blok se vždy umísťuje na programovací ploše do místa, kde je modrým písmem napsáno *„Start“*. Toto místo je spojené s oblastí, která se nazývá „startovní bod“ (Obr. 3.35). Poznáte ho podle symbolu LEGO MINDSTORMS NXT programu. Pokud kliknete na tlačítko pro stažení programu do NXT kostky, tak budou staženy jen ty bloky, které jsou spojené se „startovním bodem“. Ostatní bloky, které se nachází volně na programovací ploše, staženy nebudou.

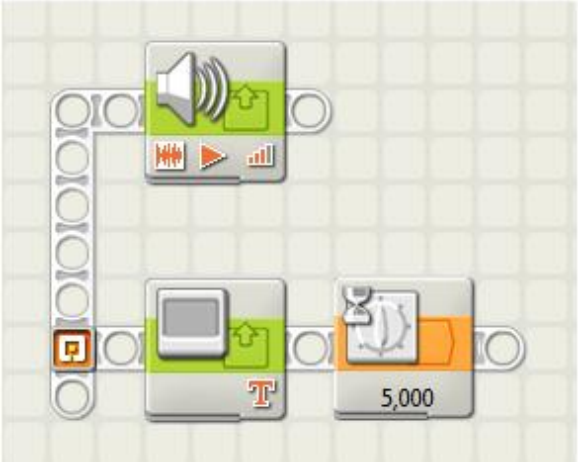


Obr. 3.35: Startovní bod a oblast pro umístění prvního bloku

Při kliknutí na „startovní bod“ nebo při pouhém najetí kurzoru myši nad něj se v konfiguračním panelu objeví textové pole, kde můžete napsat poznámky ke svému programu. Tyto poznámky jsou uloženy společně s programem.

3.3.9 Sequence beam

Tento anglický výraz lze doslova přeložit jako „sekvenční paprsek“. Protože mě do češtiny nenapadl žádný lepší překlad, tak budu používat doslovný překlad uvedený výše. Abyste lépe pochopili, o co se jedná, musíte se podívat na Obr. 3.35. Jsou to tři bílé výběžky s kruhovým otvorem, které vychází ze „startovního bodu“. Hlavní „sekvenční paprsek“ je spojen s místem, kam se umístí první blok. „Sekvenční paprsek“ řídí tok vašeho programu. Určuje pořadí, v jakém budou jednotlivé bloky vykonány. Bloky, které jsou spojeny „sekvenčním paprskem“, který vychází ze startovního bodu, mohou být staženy do NXT kostky. Ostatní bloky, které nejsou takto spojeny, staženy nebudou. Ze „startovního bodu“ lze vytvořit paralelní „sekvenční paprsek“, který umožní současné vykonávání bloků. Například NXT kostka může vydávat nějaký zvuk a zároveň na displeji může být zobrazen nějaký text (Obr. 3.36).



Obr. 3.36: Příklad paralelního běhu programu

Paralelní větev vytvoříte tak, že najedete kurzorem myši na horní nebo spodní výběžek ze „startovního bodu“ a šipka se změní ve „svazek drátu“, jako tomu bylo u *data hubs*. Kliknutím a pohybem myši začnete vytvářet nový „sekvenční paprsek“, který můžete připojit k programovacím blokům. Když stáhnete program do NXT kostky a spustíte jej, tak bloky na obou „sekvenčních paprscích“ budou vykonávány současně. Použitím datových spojení mohou bloky na paralelních větvích spolu komunikovat.

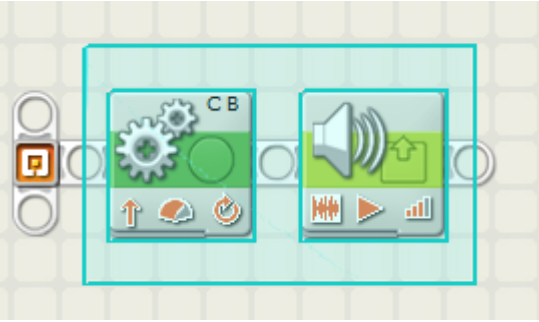
Paralelní větev nemusíte vytvářet jen ze „startovního bodu“, ale také i z jiného místa ve vašem programu. Uděláte to tak, že kurzor myši přesunete na místo, odkud chcete vytvořit nový „sekvenční paprsek“. Zobrazí se oboustranná šipka. Musíte držet stisknutou klávesu Shift, aby se objevil již zmiňovaný „svazek drátu“. Kliknutím a pohybem myši můžete začít vytvářet nový „sekvenční paprsek“.

3.3.10 Tvorba vlastních bloků

My block builder je funkcionalita, která vám dovoluje označit skupinu bloků na programovací ploše a sloučit je do jednoho bloku. Pro nový blok si můžete nastavit vlastní vzhled a po dokončení ho budete moci najít na paletě *Custom* pod ikonou *My blocks.* Například můžete vytvořit vlastní blok, který se bude jmenovat „Pohyb robota“. Tento váš blok vznikne sloučením bloku *Move*, který bude řídit pohyb robota a bloku *Sound,* kdy robot bude vydávat nějaký zvuk při svém pohybu. To vám usnadní práci, pokud budete chtít u jiných robotů naprogramovat tu samou činnost. Vše budete mít nastavené a vy jen blok přetáhnete z palety *Custom* na programovací plochu.

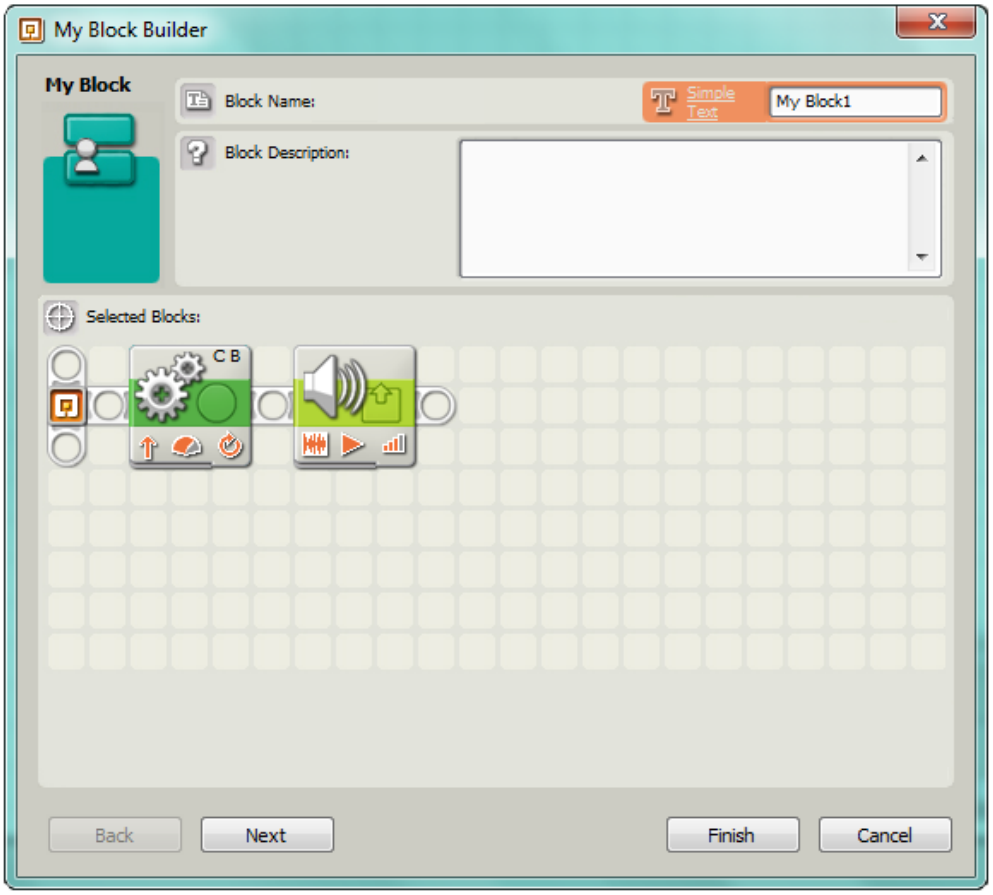
3.3.10.1 Vytvoření vlastního bloku

1. Nejprve na programovací plochu umístěte bloky, které logicky patří k sobě.
2. Vyberte bloky tak, že umístíte kurzor myši do jednoho rohu pomyslného obdélníku, který bude obklopovat všechny bloky, které chcete sloučit. Podržte stisknuté tlačítko myši a přejeďte kurzorem myši do protějšího rohu pomyslného obdélníku tak, aby byly ohraničeny všechny požadované bloky. Po uvolnění tlačítka myši by měly být všechny bloky, které budou tvořit nový blok, označeny. Poznáte to tak, že hrany bloků budou zbarveny modře. Pamatujte si, že výběr, který bude zahrnovat bloky jen částečně, způsobí také jejich označení. Výběr bloků můžete vidět na Obr. 3.37.



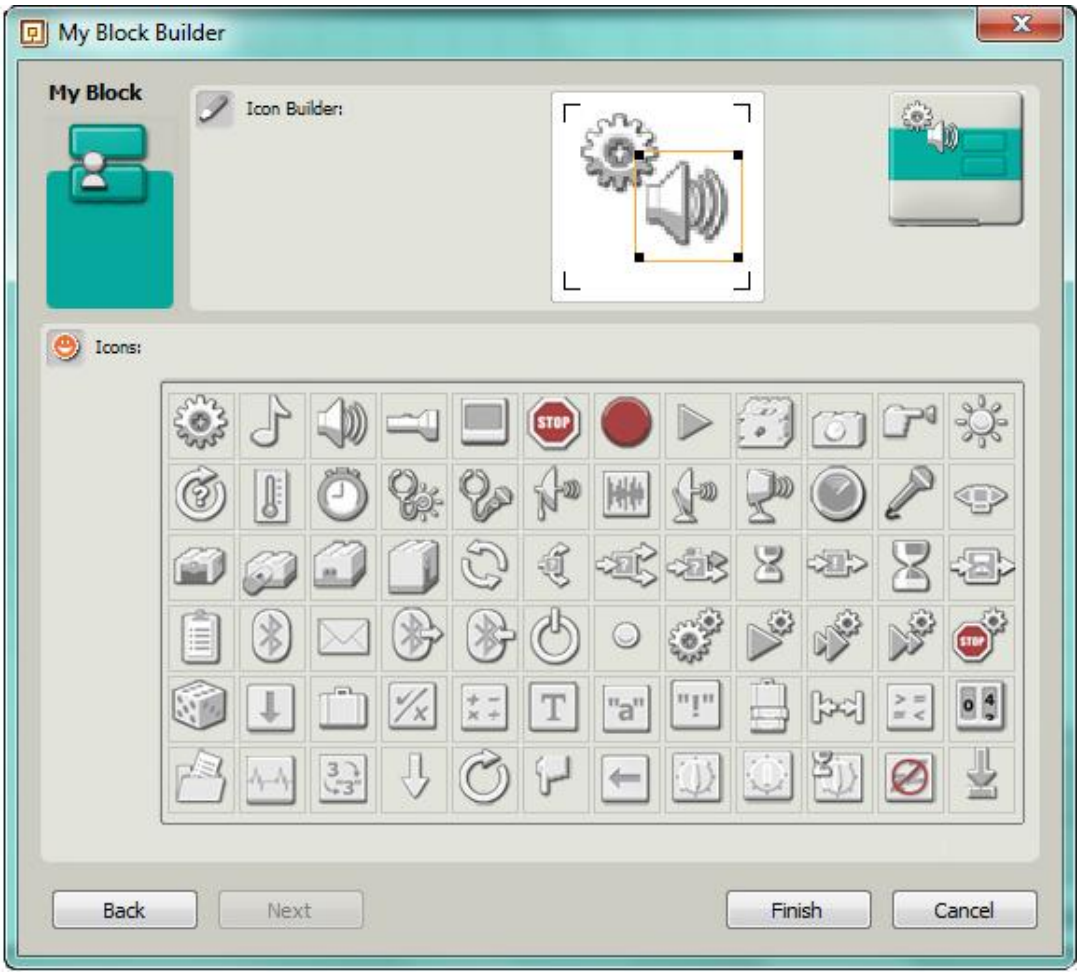
Obr. 3.37: Výběr bloků pro sloučení do jednoho bloku

3. Pokud se vám povedlo bloky označit, tak klikněte na roletovou nabídku *Edit* a poté klikněte na podnabídku *Make a New My Block*. Zobrazí se okno průvodce *My Block Builder* (Obr. 3.38). Toto okno můžete také otevřít klinutím na tlačítko, které je první zleva na liště s tlačítky pro rychle spuštění.



Obr. 3.38: Úvodní okno průvodce My Block Builder

4. V sekci *Block Name* je textové pole, kam napište název vašeho nového bloku. V další sekci, která je pojmenována *Block Description*, se nachází textové pole, kde můžete napsat krátký popis, co váš nový blok dělá. Poslední sekce *Selected Blocks* vám ukazuje bloky, které jste vybrali.
5. Klikněte na tlačítko *Next* a přejdete k návrhu ikony nového bloku (Obr. 3.39). Přetažením můžete dostat jednu nebo dvě ikony ze sekce *Icons* do editovací oblasti v sekci *Icon Builder*. Klávesovými šipkami lze doladit umístění ikony (nebo ikon) do finální pozice. Velikost ikony v editovací oblasti změníte tak, že kurzor myši přesunete na jeden z jejích rohů, kde je černý obdélníček. Stiskněte a držte levé tlačítko myši. Pohybem myši upravujete velikost ikony. Napravo od editovací oblasti je ukázán náhled, jaký bude vzhled vašeho nového bloku.



Obr. 3.39: Okno průvodce My Block Builder pro editaci vzhledu nové ikony

6. Kliknutím na tlačítko *Finish* dokončíte tvorbu vašeho nového bloku a na programovací ploše se již bude nacházet vámi vytvořený blok. Když byste chtěli blok například využít v jiném programu, tak ho najdete na programovací paletě v záložce *Custom* pod ikonou *My Blocks.*

Je dobré si uvědomit, že každé vstupní a výstupní datové spojení, které překročilo pomyslný obdélník při výběru bloků, bude tvořit vstupní a výstupní zástrčku na v *Data hub* nabídce nového bloku. Pokud chcete změnit dispozice zástrček u nového bloku, tak ho budete muset vytvořit znovu, ale tentokrát se správnými zástrčkami a tomu odpovídající datová spojení, která vychází z oblasti výběru pomyslným obdélníkem.

3.3.10.2 Úprava vytvořeného bloku

Když byste chtěli změnit obsahu vašeho vytvořeného bloku, tak to provedete tak, že na něj na programovací ploše dvakrát kliknete nebo ho označíte kliknutím na něj a z roletové nabídky *Edit* vyberete podnabídku *Edit Selected My Block*. Pokud chcete změnit pouze vzhled

programovacího bloku, tak na něj na programovací ploše klikněte. Pak z roletové nabídky *Edit* vyberte podnabídku *Edit My Block Icon*. Tím se spustí *My block Builder,* kde můžete provést změny.

3.3.10.3 Správa palety *Custom*

Pro správu *Custom* palety je potřeba vykonat následující kroky:

1. Klikněte na roletovou nabídku *Edit* a vyberte podnabídku *Manage Custom Palette*.
2. Tím otevřete okno s adresářovou strukturou vašeho počítače a budete se nacházet ve složce *Blocks*, kde jsou dvě podsložky *My Blocks* a *Web Blocks*. Do složky *My Blocks* si můžete přidat bloky, které jste například od někoho obdrželi. Zároveň je zde také můžete smazat.

V paletě *Custom* se nachází dvě předdefinované podsekce *My Blocks* a *Web Downloads*. Vy máte možnost vytvořit vlastní podsekci a to tak, že ve složce *Blocks* vytvoříte novou složku. Máte možnost změnit vzhled vlastní podsekce tak, že do nově vytvořené složky, která odpovídá nové podsekci, umístíte dva obrázkové soubory s příponou PNG (Portable Network Graphics) o rozměrech 45x45 pixelů. První soubor musí být pojmenován *PaletteIcon.png* a druhý *PaletteIconHilight.png*. Pro specifikování nápovědy, která se zobrazí při najetí kurzoru myši nad novou podsekci, je potřeba do stejné složky umístit textový soubor s názvem *PaletteIcon.txt*, který bude obsahovat text nápovědy.

3.3.11 Práce s proměnnými

Proměnou si můžete představit jako místo pro uložení hodnoty ve vestavěné paměti NXT kostky. Programovací bloky mohou přečíst, ale i měnit proměnnou aktuální hodnotu připojením k bloku s datovými spojeními.

3.3.11.1 Vytvoření proměnné

1. Chcete-li vytvořit proměnnou, tak musíte kliknout na roletovou nabídku *Edit* a vybrat podnabídku *Define Variable*. Otevře se okno, které má název *Edit Variables*. V sekci *List* je uvedeno jméno a typ předdefinovaných proměnných. Pro vytvoření nové proměnné klikněte na tlačítko *Create* a získáte přistup do sekce *Name*, kde do textového pole napište název nové proměnné a v sekci *Data Type* vyberte z roletového seznamu typ proměnné. Proměnná může být typu text, číslo nebo logická.

2. Přetáhněte *Variable* blok z programovací palety na programovací plochu. V konfiguračním panelu v sekci *List* kliknutím vyberte proměnnou, kterou budete chtít použít.
3. V sekci *Action* můžete vybrat čtení – *Read* nebo zápis – *Write* do proměnné. Výběrem možnosti *Write* lze v průběhu času měnit hodnotu proměnné přepsáním její aktuální hodnoty novou informací. Pokud to chcete udělat, tak musíte vytvořit datové spojení do vstupní zástrčky v *data hub* nabídce, které přinese nové informace. Pokud chcete pouze číst konstantní hodnotu z bloku *Variable,* tak v sekci *Action* vyberte možnost *Write*, aby se vám zpřístupnila sekce *Value*, kde pomocí šipek nahoru nebo dolů můžete nastavit požadovanou číselnou hodnotu. Když nechcete klikat na šipky, tak stačí kliknout do textového pole a požadovanou hodnotu napsat přímo z klávesnice. Pokud se jedná o proměnnou typu text, tak do textového pole napíšete požadovaný text a v případě logické proměnné vyberete přepínačem hodnotu *True* - pravda nebo *False* – nepravda. Pak již stačí zpátky přepnout na možnost *Read*. Dejte si pozor, když by bylo do vstupní zástrčky připojeno datové spojení a *Variable* blok by měl nastavenou akci *Read*, tak nové informace, které by přicházely datovým spojením, by měly přednost před jakoukoliv konstantní hodnotou.

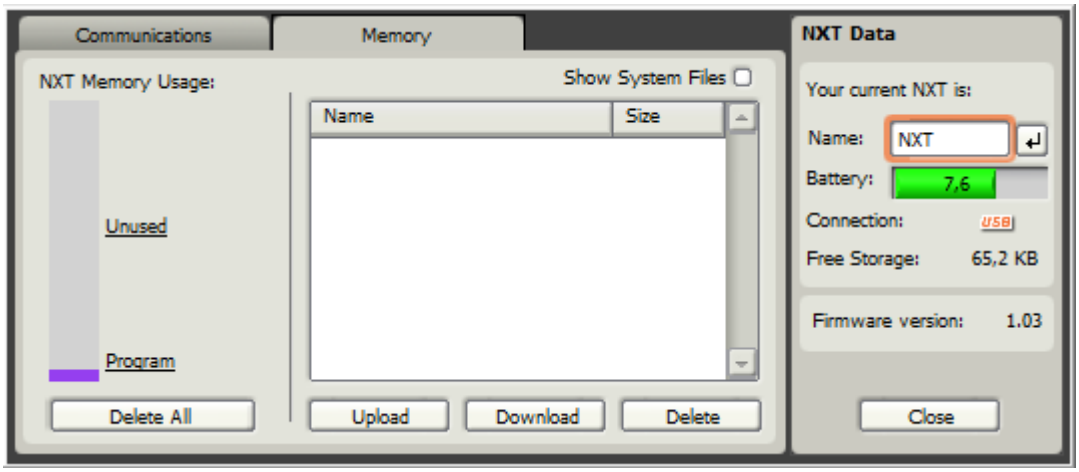
3.3.11.2 Použití proměnné

Hodnota proměnné se může měnit v průběhu času. Například chcete vytvořit proměnnou „Úroveň osvětlení“ a nastavíte jí počáteční hodnotu 50. Potom váš robot, který je vybaven světelným senzorem, přijede na určité místo a zde zaznamená úroveň osvětlení. Nabízí se zde příležitost využití bloku *Variable*, který musí být nastaven v režimu *Write*. Aby se do něj nahrála aktuální hodnota osvětlení v tom daném místě, tak musí být vytvořeno datové spojení z výstupní zástrčky bloku *Light sensor* do vstupní zástrčky bloku *Variable*. Později ve vašem programu budete moci použít *Variable* blok, který musí být nastaven v režimu *Read* a pomocí datového spojení mezi výstupní zástrčkou a vstupní zástrčkou jiného bloku budete moci přistoupit k nahrané hodnotě úrovně osvětlení.

Data hub nabídky bloku *Variable* se rozbalí automaticky, když je umístěn na programovací plochu. Pokud chcete přečíst aktuální hodnotu z bloku, tak musíte vytvořit datové spojení z výstupní zástrčky. Když budete chtít zapsat novou informaci do proměnné, tak musíte vytvořit spojení do vstupní zástrčky bloku *Variable*.

3.3.12 Správa souborů a paměti NXT kostky

Občas je zapotřebí spravovat soubory a paměť NXT kostky. Můžete to udělat ze záložku *Memory* z okna *NXT* (Obr. 3.40), které spustíte tlačítkem z *Controlleru* umístěným vlevo nahoře. Záložka *Memory* poskytuje grafický přehled využití paměti NXT kostky. Můžete poslat programy, zvuky, grafické a další soubory z počítače do NXT kostky. Také můžete kopírovat a mazat soubory, které jsou už na NXT kostce uložené.



Obr. 3.40: Záložka Memory okna NXT

Každá NXT kostka má dostupnou paměť o velikosti zhruba 130,7 kB. Část paměti je obsazena příkladovými programy, grafickými a zvukovými soubory, které jsou výrobcem nahrány na NXT zařízení. Zbývá asi 56 kB paměti pro soubory, které sami vytvoříte a stáhnete.

3.3.12.1 Smazání souboru

Pokud překročíte velikost volné paměti můžete smazat nějaké soubory z NXT kostky. Pomocí grafického přehledu využití paměti na levé straně záložky zjistíte, který typ souborů zabírá většinu paměti. Klikněte na jméno kategorie příslušného typu souborů a zobrazí se seznam souborů v dané kategorii. Klikněte na soubor ze seznamu, který chcete smazat a klikněte na tlačítko *Delete*.

3.3.12.2 Smazání všech vytvořených souborů

Můžete smazat všechny vaše vytvořené soubory a vyčistit paměť NXT kostky kliknutím na tlačítko *Delete All*. Smažete tak všechny soubory, které jste kdy poslali do NXT kostky a přeorganizuje se paměť tak, aby bylo co nejvíce volného místa pro nové soubory. Systémové soubory, které byly v továrně přednahrány, smazány nebudou.

4 Robotický seminář

V rámci bakalářské práce byly vytvořeny prezentace k výuce robotického semináře, který bude vyučován na střední škole. Seminář je rozdělen do 19 výukových lekcí. Poslední 20. lekce představuje rezervu v rozvrhu. Na každou lekci je připravena samostatná prezentace a je uložena na přiloženém CD. Rozsah prezentací je odlišný. Některé jsou velmi obsáhlé. Jiné jsou jen stručné, protože výukový program je značně různorodý.

Osnova výuky bude následující:

1. Úvod do předmětu; HW vybavení stavebnice LEGO
    - Seznámení s obsahem seminářů
    - Hardwarové vybavení stavebnice LEGO (NXT inteligentní kostka, dotykový, světelný, zvukový a ultrazvukový senzor, interaktivní servomotory, svítidla)
2. Prezentace o programování v NXT-G
    - Teoretický úvod o NXT-G
    - Seznámení s programovacím prostředím (obecný popis prostředí, *Controller*)
    - Vytvoření nového programu
    - Uložení programu
    - Otevření programu
    - Co je to *Simple Text*
    - Výčet programovacích bloků (*Common, Complete* a *Custom* paleta)
    - Jak programovat v NXT-G (obecné zásady, *Sequence Beam*, vytvoření paralelní větve v programu, smazání bloku z programovací plochy, přesun bloku po programovací ploše, *Data hubs*)
3. Stavba robota TASKBOT a programování daného pohybu robota v NXT-G
    - Návod pro sestavení robota TASKBOT
    - Programování pohybu robota po čtverci
    - Programování pohybu robota po spirále
4. Práce s NXT (pohyb na dotek, zvuk, základní pohyby, využití ultrazvukového čidla, sledování čáry)

- Práce s NXT (úloha 1 – využití dotykového senzoru, úloha 2 – využití ultrazvukového senzoru)
- Seznámení s principem úlohy sledování čáry a její zadání

5. Přezkoušení studentů ze znalosti programu NXT-G; Řešení úlohy sledování čáry
    - Přezkoušení studentů (k dispozici 5 variant testů)
    - Pokračování v řešení úlohy sledování čáry
6. Dokončení řešení úlohy sledování čáry pomocí NXT-G; Prezentace a vysvětlení programového prostředí NXC
    - Dokončení úlohy sledování čáry
    - Seznámení s *Bricx Command Center*
    - Obecné informace o NXC
    - Lexikální pravidla (komentáře, prázdné místo, číselné konstanty, textové řetězce, charakteristické konstanty, identifikátory, klíčová slova)
    - Struktura programu (úkoly, funkce, globální a lokální proměnné, struktury, pole)
    - Tvrzení - přiřazení a další operace s proměnnými
    - Preprocesor
7. Prezentace a výhody programového prostředí NXC; Příklady řešené v tomto prostředí
    - Řídicí struktury (podmínka *if* a *else*, cyklus *while* a *do-while*, cyklus *for*, cyklus *repeat*, přepínač *switch*, funkce *goto* a *until*)
    - Časové funkce
    - Ovládání servomotorů (základní pohyby, pokročilé metody pohybu)
    - Zhodnocení (výhody, nevýhody)
8. Dokončení výkladu programového prostředí NXC; Řešení jednoduchých úloh v NXC
    - Práce se senzory
    - Typy a módy senzorů
    - Dotykový senzor, světelný senzor, zvukový senzor, ultrazvukový senzor
    - Displej NXT kostky
    - Řešení úlohy 1 a úlohy 2
9. Řešení soutěžní úlohy „Sledování čáry s křížením“ (projekt č. 1)
    - Cíl úlohy
    - Technické prostředky
    - Pravidla pro průjezd dráhy
    - Podrobnosti o soutěžní dráze

- Ukázka vyřešené úlohy na videu

10. Pokračování v řešení soutěžní úlohy „Sledování čáry s křížením“ (projekt č.1); Dvoukolová soutěž v úloze „Sledování čáry s křížením“
    - Dokončení práce na robotovi
    - Dvoukolová soutěž a vyhlášení výsledků
11. Řešení soutěžní úlohy „Sumo“ (projekt č. 2)
    - Cíl úlohy
    - Technické prostředky
    - Průběh soutěže a další pravidla
    - Bodování
    - Hrací plocha
    - Videa ze soutěže v USA z roku 2007
    - Zahájení řešení úlohy
12. Pokračování v řešení soutěžní úlohy „Sumo“ (projekt č. 2)
    - Práce každého týmu na svém robotovi
13. Pokračování v řešení soutěžní úlohy „Sumo“ (projekt č. 2); Testování a úpravy softwaru na reálném modelu
    - Pokračování v práci na robotech
    - Možnost testování na reálném modelu
14. Pokračování v řešení soutěžní úlohy „Sumo“ (projekt č. 2); Dvoukolová soutěž všech týmů v úloze – „Sumo“
    - Dokončení práce týmů na svých robotech
    - Dvoukolová soutěž všech týmů
15. Finálová soutěž nejlepších týmů v soutěžní úloze „Sumo“
    - Finále nejlepších týmů a vyhlášení výsledků
16. Řešení speciálních úloh – skládání Rubikovy kostky, řešení Sudoku nebo řešení inverzního kyvadla
    - Skládání Rubikovy kostky (úvod, video, k dispozici materiály)
17. Pokračování v řešení speciálních úloh - skládání Rubikovy kostky, řešení Sudoku nebo řešení inverzního kyvadla
    - Dokončení stavby robota pro skládání Rubikovy kostky
    - Diskuze

18. Pokračování v řešení speciálních úloh - skládání Rubikovy kostky, řešení Sudoku nebo řešení inverzního kyvadla
    - Řešení Sudoku (úvod, video, k dispozici materiály)
19. Dokončení řešení speciálních úloh - skládání Rubikovy kostky, řešení Sudoku nebo řešení inverzního kyvadla
    - Řešení inverzního kyvadla (úvod, videa, návod na sestavení)
20. Rezerva

5 Webové stránky

Posledním úkolem bylo vytvořit webové stránky, které budou sloužit jako podpora pro výuku robotického semináře. Budou zde umístěny všechny prezentace pro jednotlivé vyučovací hodiny. Dále zde najdete návod na programování v NXT-G v podobě prezentace v PowerPointu a pdf formátu. Zdrojové kódy k webovým stránkám jsou uloženy na přiloženém CD.

6 Závěr

Dříve než jsem se začal zabývat programováním NXT kostky, tak jsem se seznámil se základním hardwarovým vybavením stavebnice LEGO MINDSTORMS.

V rámci této práce jsem vytvořil návod na programování v programovacím prostředí LEGO MINDSTORMS NXT, jak v podobě prezentace v PowerPointu, tak ve formátu pdf a webových stránek. Tento návod je především určen pro začátečníky v programování. Najdete zde podrobné instrukce pro instalaci a spuštění programu. Dále je zde uveden popis programovacího prostředí, výčet programovacích bloků a základní principy pro tvorbu programů. Také zde najdete instrukce pro vytvoření vlastních programovacích bloků, jak používat proměnné nebo jak spravovat paměť NXT kostky.

Pro podporu výuky robotického semináře jsem zpracoval 19 výukových prezentací, které budou umístěny na webových stránkách, vytvořených k tomuto účelu.

Literatura

Monografie:

[1] KELLY, James Floyd. LEGO® MINDSTORMS® NXT – G Programming Guide. [s.l.] : Apress, 2007. 196 s. ISBN 1590598717, ISBN-13: 978-1590598719.

[2] ASTOLFO, Dave; FERRARI, Mario; FERRARI, Giulio. Bulding Robots With Lego® Mindstorms® NXT. Burlington (Massachusetts) : Syngress, 2007. 448 s. ISBN 1597491527, ISBN-13: 978-1597491525.

[3] GASPERI, Michael; HURBAIN, Philippe E.; HURBAIN, Isabelle L. Extreme NXT: Extending the LEGO® MINDSTORMS® NXT to the Next Level. [s.l.] : Apress, 2007. 312 s. ISBN 1590598180, ISBN-13: 978-1590598184.

Bakalářské práce:

[4] TROJÁNEK, Pavel. Využití robota LEGO MINDSTORMS při výuce. Praha, 2009. 94 s. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra řídící techniky.

Internetové odkazy:

[5] programujte.com [online]. c2004-2010 [cit. 2010-05-15]. Robotika-úvod. Dostupné z WWW: <http://programujte.com/?akce=clanek&cl=2005121101-robotika-uvod>

[6] robotika.cz [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Co je to robot?. Dostupné z WWW: <http://robotika.cz/guide/robot/cs>

[7] Stránky všeobecně o programování [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Programovací jazyky. Dostupné z WWW: <http://k-prog.wz.cz/progjaz/index.php>

[8] Wikipedie – Otevřená encyklopedie [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Počítačový program. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Počítačový_program>

[9] Algoritmy.net [online]. c2008-2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://www.algoritmy.net/>

[10] The NXT STEP - LEGO® MINDSTORMS® NXT blog : Home [online]. c2006 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW:

<http://thenxtstep.blogspot.com/2006/05/how-robocenter-works.html>

[11] MINDSTORMS.LEGO.com : Home [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://mindstorms.lego.com/en-us/whatisnxt/default.aspx>

[12] ORTOP – Oregon Robotics Tournament and Outreach Program [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. Essentials. Dostupné z WWW: <http://www.ortop.org/NXT_Tutorial/html/essentials.html>

[13] National Instruments Corporation [online]. c2010 [cit. 2010-05-15]. How LEGO® MINDSTORMS® NXT Works. Dostupné z WWW: <http://www.ni.com/academic/mindstorms/works.htm>

[14] Robot Magazine – The Latest in Hobby, Science and Consumer Robotics [online]. c2009 [cit. 2010-05-15]. Programming Solutions for the LEGO MINDSTORMS NXT. Dostupné z WWW: <http://www.botmag.com/articles/10-31-07_NXT.shtml>

[15] Team Hassenplug [online]. c2007 [cit. 2010-05-15]. NXT Programming Software. Dostupné z WWW: <http://www.teamhassenplug.org/NXT/NXTSoftware.html>

Ostatní:

[16] LEGO® MINDSTORMS® Education. NXT 2.0 Programming Help, 2008

[17] LEGO® MINDSTORMS® Education. NXT 2.0 UserGuide, 2008

A Příloha CD

K této práci je přiloženo CD, na kterém se nachází elektronická verze této práce, návod na programování v NXT – G v podobě prezentace v PowerPointu a ve formátu pdf. Dále se zde nachází webové stránky, prezentace pro robotický seminář a další materiály.

- \Dokumenty
  Zde se nachází elektronická verze této práce, návod na programování v NXT – G ve formě prezentace v PowerPointu a pdf formátu. Dále je zde uloženo naskenované zadání bakalářské práce.

- \Prezentace
  V tomto adresáři je uloženo 19 podadresářů, v nichž se nachází výukové prezentace a další materiály určené pro výuku.

- \Web
  V tomto adresáři jsou uloženy webové stránky, které byly v rámci této práce vytvořeny.