

Předmět ROBOTI v bakalářském programu Kybernetika a robotika a ROBOSOUTĚŽ na FEL ČVUT v Praze

Martin Hlinovský¹

e-mail: martin.hlinovsky@fel.cvut.cz

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra řídicí techniky, Praha

Klíčová slova

Robotika, řízení, LEGO Mindstorms NXT

1 Úvod

Od školního roku 2009/2010 se studentům v rámci bakalářského programu KYBERNETIKA A ROBOTIKA (KYR) nabízí v prvním semestru studia povinný předmět A3B99RO ROBOTI. Jedná se o zcela nový typ předmětu, na kterém participují současně katedra řídicí techniky, katedra kybernetiky a katedra měření. Předmět má minimum přednášek (jen bezprostředně nezbytné partie teorie) a maximum laboratorní práce. V přednáškách se katedry střídají, laboratorní cvičení probíhají souběžně, povedlo se nám zapojit do laboratorní výuky i zkušenější studenty („learning by teaching“).

Začátek studia technických oborů bývá obtížný a studenty moc nebaví. Náročné základní předměty (matematická analýza, lineární algebra, fyzika apod.) jsou sice pro vzdělání nezbytné a pro kariéru velmi užitečné, ale v době, kdy je studenti absolvují, tohle často neví. Někdy zjistí až na konci studijní etapy, k čemu úvodní předměty vlastně byly - a občas i litují, že se je lépe neučili. My učitelé tady chybujeme také: nedokážeme studenty dostatečně zaujmout a poskytujeme jim odpovědi dříve, než přijdou jejich otázky. Abychom to napravili, zavedli jsme předmět Roboti. Není to tradiční univerzitní kurz, ale předmět motivační. V jeho názvu jsme úmyslně použili "životnou formu" abychom tím zdůraznili tvořivost a hravost. Jak uvidíte dále, naši roboti jsou opravdu "živí".

Studenti většinou v tříletných týmech řešili v průběhu semestru dvě různé úlohy a nejlepší týmy se probojovaly na základě předem daných pravidel do závěrečné finálové ROBOSOUTĚŽE 2012 (v loňském roce celkem 24 týmů, konala se 14.12.2012), kde se utkaly o atraktivní ceny. Mezi nejlepší postoupily i tři středoškolské týmy, které se utkaly nejdříve v samostatném předkole ROBOSOUTĚŽE 2012 pro středoškolské týmy (30.11.2012). Tohoto předkola se v letošním roce zúčastnilo celkem 32 týmů (webová stránka soutěže - <http://dce.fel.cvut.cz/roboti/pss2012/>).

2 Organizace předmětu ROBOTI

Na začátku semestru se studenti rozdělí do malých týmů (letos po 2-3). Každému týmu byl zapůjčen set obsahující základní soupravu LEGO MINDSTORMS Education 9797, soupravu technických dílů 9648 (doplňkové pasivní díly), síťový adaptér 9833 a gyroskopický senzor. V týmech (počet závisí na počtu přijatých studentů) zkonstruují studenti ze zapůjčených souprav mobilního robota, navrhnu pro něj řízení a naprogramují ho tak, aby splnil zadanou a dobře kontrolovatelnou úlohu. Ta by měla být atraktivní pro širší publikum, přiměřeně náročná a přitom musí umožnit jednoznačně určit vítěze v závěrečné finálové soutěži.



Základní souprava LEGO MINDSTORMS Education 9797, souprava technických dílů 9648 a síťový adaptér 9833

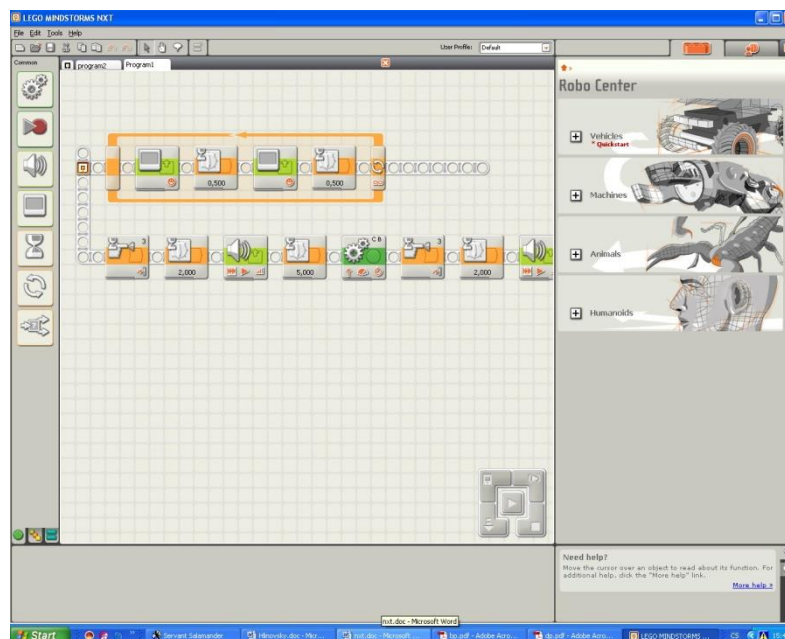
Základním prvkem soupravy LEGO MINDSTORMS Education 9797 a současně „mozkem“ celého robota je centrální řídicí jednotka označovaná jako inteligentní LEGO® NXT kostka s maticovým displejem 100 x 64 bodů, 4 vstupními porty pro připojení senzorů a 3 výstupními porty pro připojení servomotorů, reproduktorem s 8kHz vzorkovací frekvencí, možností bluetooth bezdrátové komunikace nebo s možností připojení ke 2.0 USB portu. Pomocí 4 tlačítek lze inteligentní kostku a připojená zařízení testovat a omezeně řídit. K inteligentní LEGO® NXT kostce lze tedy připojit 3 servomotory, které lze využít zároveň jako senzory pro měření otáček a dále pak dotykový senzor (poskytuje robotu schopnost hmatu), světelný senzor (dává robotu schopnost vidět – dokáže pasivně měřit intenzitu světla okolí nebo rozpoznávat různé barvy), zvukový senzor (pomocí tohoto senzoru robot slyší) nebo ultrazvukový senzor (umožňuje robotu orientaci v prostoru, nalézat překážky a určit vzdálenost od nich).



Inteligentní LEGO® NXT kostka a připojení senzorů

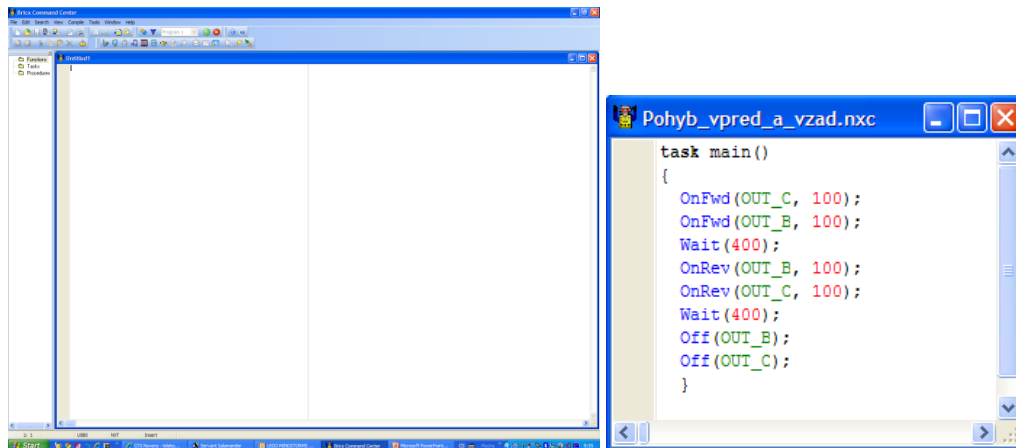
Z hlediska programovacích možností doporučujeme studentům použít jeden z následujících programovacích jazyků:

- NXT-G – tento programovací jazyk dostal jméno z programovacího jazyka využívaného programem LabVIEW, vyvinutého firmou National Instruments, který se jmenuje pouze G. Zkratka „G“ pochází z faktu, že **programovací jazyk je grafický**. Programy napsané v NXT-G jsou tedy poskládané z grafických bloků pospojovaných dohromady, u kterých se nastavují jejich vlastnosti a posloupnosti. NXT-G je výsledkem práce firem LEGO a National Instruments a je základním programovacím nástrojem pro LEGO MINDSTORMS NXT. Důraz je u NXT-G kladen především na intuitivnost a jednoduchost vývojového prostředí včetně procesu programování tak, aby s robotem mohli pracovat už i žáci základních škol, kteří mají s programováním minimální zkušenosti.



Programovací jazyk NXT-G

- NXC – tento textový jazyk odvozený od jazyka C běží v prostředí BricxCC na standardním firmwaru LEGO MINDSTORMS. Tato skutečnost je velmi příjemná pro ty, kteří chtějí programovat jak v NXT-G, tak v NXC, protože s každou změnou programovacího prostředí nemusí do kostky nahrávat nový firmware. Práce s jazykem zkracujícím spojení „Not eXactly C“ je velmi příjemná a programátor alespoň trochu znalý jazyka C si díky téměř stejné sémantice v tomto prostředí zvykne programovat velmi snadno. Další výhodou je, že se jedná o freewarovou aplikaci. Jako nevýhodu bych uvedl někdy nepřilíš snadné debugování programů. Na rozdíl od NXT-G se jedná o čistě textové programování bez grafických prvků.



Programovací jazyk NXC

- LeJOS-NXJ - tento programovací jazyk je šířený společností Sourceforge zdarma a je k dispozici pro operační systémy Windows, Linux a MAC OS. Díky rozšíření a znalosti jazyka Java mezi programátory si tak velká část uživatelů systému LEGO MINDSTORMS vybírá právě LeJOS NXJ s jeho rozsáhlými knihovnami, které podporují zajímavé funkce robota. Jako nevýhodu bych uvedl nutnost změny firmwaru NXT kostky, který obsahuje Java Virtual Machine a který nahrazuje standardní LEGO firmware. LEGO firmware však může být nahrán do NXT kostky zpět pomocí LEGO softwaru.

Je na studentech, zda použijí jeden z námi doporučených programovacích jazyků nebo využijí jiný (např. MATLAB toolbox vyvinutý na univerzitě v Aachenu - produkt pro uživatele zvyklé programovat v Matlabu, RobotC - programovací jazyk založený na programovacím jazyku C, leJOS OSEK - programování v ANSI C/C++ nebo jiný).

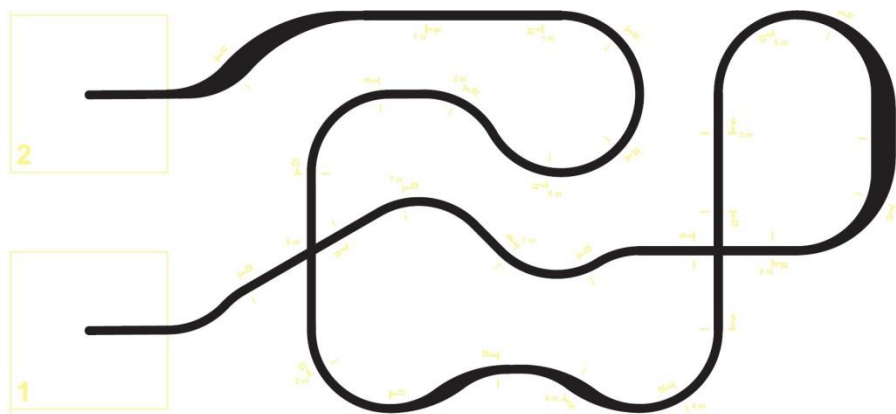
3 Řešené projekty v aktuálním školním roce 2012/2013

V aktuálním školním roce 2012/2013 řešili studenti dva projekty:

3.1 Sledování čáry s křížením

Cílem úlohy bylo sestavit a naprogramovat robot tak, aby samostatně bez jakékoliv další pomoci (ovládání robota pomocí hlasu, bluetooth či jiných komunikačních kanálů nebylo dovoleno) projel co nejrychleji stanovenou dráhu vyznačenou na podložce černou čarou a zároveň z podložky nesjel.

Vlastního robota mohli studenti sestavit naprosto libovolně, mohli však využít pouze díly ze zapůjčených souprav. Po třech týdnech příprav, testování a ladění softwaru robotů následovala dvoukolová soutěž všech týmů. Šest týmů, které dosáhly nejlepšího času, postoupily přímo do finálové ROBOSOUTĚŽE 2012 v rámci předmětu Roboti (uskutečnila se na konci semestru 14.12.2012), kde měly následně možnost bojovat o atraktivní ceny.



Projekt „Sledování čáry s křížením“



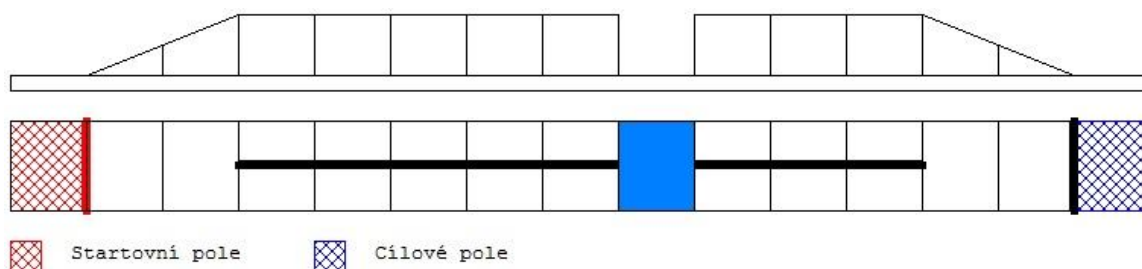
Fotografie ze soutěže v rámci projektu „Sledování čáry s křížením“

3.2 Mobilní most

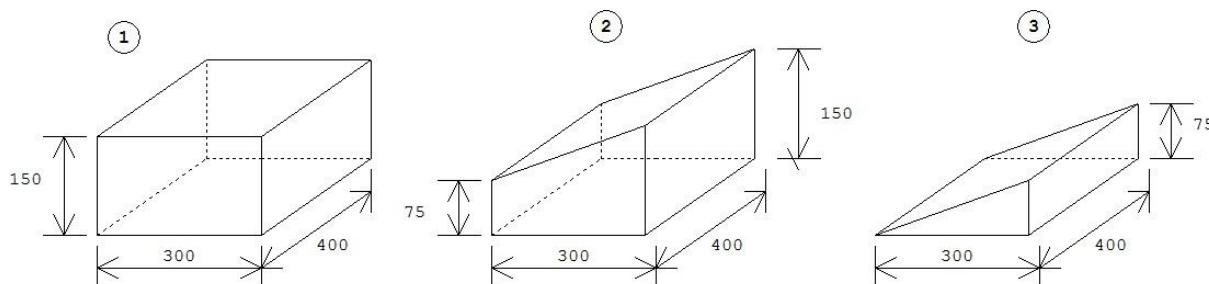
Cílem úlohy je sestavit a naprogramovat robota tak, aby samostatně bez jakékoliv další pomoci (ovládání robota pomocí hlasu, bluetooth či jiných komunikačních kanálů nebylo dovoleno) jel po přímé dráze, našel „koryto řeky“ (otvor-příkop v celé šířce dráhy) přes kterou položí mobilní most, přejede po něm na druhou stranu, mobilní most si sebere a v co nejkratším čase s ním dojedez do cíle.

Soutěžní dráha byla přímá, ale její povrch nebyl vodorovný. Povrch na začátku stoupal a na konci naopak klesal s maximálním sklonem 15%. Klesání a stoupání bylo vždy ve směru osy dráhy. Celková vodorovná délka dráhy, kterou robot projížděl byla 450cm a šířka 40cm. Dráha se skládala z jednotlivých unifikovaných segmentů o půdorysu 30x40cm (délka x šířka). Jednotlivé segmenty byly vyrobeny z umělé hmoty (PSH deska – houževnatý polystyrén tloušťky 5mm) s hladkým nelesklým povrchem. Podkladem dráhy, na nějž byly umístěny jednotlivé segmenty, byla laminátová deska o rozměrech 4500 x 400 x 18 mm ohraněná bočními lištami s výškou 27mm.

Na začátku dráhy bylo vyznačeno startovní pole tvořené vodorovnou plochou odpovídající jednomu segmentu dráhy, do kterého musel být umístěn robot před startem. Za tímto startovním polem následovaly trojúhelníkový segment a lichoběžníkový segment, které robot přivedly na vodorovnou dráhu tvořenou obdélníkovými segmenty s výškou 15cm. Na všech obdélníkových segmentech s výškou 15cm byla nakreslena černá čára ve směru dráhy (byla použita černá izolepa s tloušťkou 10 až 20mm). Čára byla umístěna ve středu dráhy. Tato černá čára měla robotu pomoci v orientaci na dráze, při pokládání mobilního mostu a při jeho zvedání. Za vodorovnou dráhou tvořenou obdélníkovými segmenty s výškou 15cm následovaly lichoběžníkový a trojúhelníkový segment. Na vlastním konci dráhy pak bylo vyznačené cílové pole tvořené vodorovnou plochou odpovídající jednomu segmentu dráhy.



Jedno z možných uspořádání dráhy



Typické moduly, z nichž byla sestavena dráha



Fotografie obdélníkového, lichoběžníkového a trojúhelníkového modulu

Na dráze byla modelována jedna, nebo více řek, které bylo nutno překonat. Koryto řeky bylo tvořeno otvorem-příkopem v dráze o velikosti jednoho segmentu (30cm x 40cm). **Dno příkopu tvořila světle modrá vodorovná plocha**, která představovala hladinu řeky. Šířka překonávané řeky byla vždy 30cm. Hladina řeky byla pod úrovní dráhy více jak 10cm. Kolmé stěny svírající hladinu řeky byly jejími břehy.

Při sestavování dráhy byla dodržena tato omezení:

- Před prvním korytem řeky byla dráha vodorovná nejméně v délce 60cm (2 obdélníkové segmenty).
- Mezi dvěma koryty řek byla nepřerušovaná vodorovná dráha v délce 60 cm (2 obdélníkové segmenty).
- Za poslední korytem řeky na dráze následovalo minimálně 60cm vodorovné dráhy (2 obdélníkové segmenty).

Úkolem robota bylo jet po dráze a najít koryto řeky na této dráze, přes které položil mobilní most, přešel po něm na druhou stranu, mobilní most si naložil a v co nejkratším čase s ním dojel do cíle. V cestě však mohla být další řeka, kterou bylo nutno překonat stejným způsobem. Na začátku soutěžíci umístili robota do startovního pole a spustili ho. Robot mohli do startovní pozice položit ručně a na povel startéra spustit stiskem tlačítka (bez posunutí robota). Robot se po zahájení soutěžní jízdy musel pohybovat samostatně, ovládání robota pomocí hlasu, bluetooth či jiných komunikačních kanálů nebylo dovoleno. V případě porušení pravidel byl tým okamžitě diskvalifikován v dané rozjízdě.

Před začátkem jízdy musel být robot umístěn tak, aby žádná jeho část nepřesahovala startovní čáru. Pro tyto účely se startovní čarou rozuměla hrana startovního pole směrem k dráze, která je kolmo promítána směrem vzhůru.

Robot byl v soutěži hodnocen na základě dosaženého času průjezdu celou drahou (kratší čas vítězil). Čas byl měřen od okamžiku kdy robot protnul startovní čáru vyznačenou na kraji startovního pole (ve směru jízdy). Měření času i jízda končili protnutím cílové čáry vyznačené na kraji cílového pole, který je poslední ve směru jízdy. Protnutí startovní a cílové čáry bylo detekováno světelnou závorou ve výšce cca 28mm nad plochou startovního a cílového prostoru.

Jízda byla ukončena dříve pokud:

- Robot opustil dráhu a nebyl schopen bez pomoci pokračovat.
- Robot se dotkl jakoukoliv svojí částí (včetně mobilního mostu) předmětu mimo dráhu (stůl apod.).
- Robot se dotkl jakoukoliv svojí částí lišty tvořící boční hranu základní laminátové desky.
- Robot se dotkl jakoukoliv svojí částí (včetně mobilního mostu) hladiny řeky.
- Při překročení definovaného maximálního času pro průjezd dráhou. Tento čas byl stanoven na 3 minuty.
- Robot nebyl z jakýchkoliv důvodů bez pomoci schopen pokračovat v jízdě na dráze.

Pokud byla jízda ukončena dříve, než robot projel celou dráhu, byla zaznamenána ujetá vzdálenost. Vzdálenost byla dána počtem segmentů (násobky 30cm), které robot celé přešel (celým objemem opustil segment – svisle promítaný půdorys). Roboti, kteří nedokončili celou jízdu, byli hodnoceni na základě ujeté vzdálenosti. Roboti, kteří jízdu dokončili, však byli vždy v pořadí před nimi.

Porušení jakéhokoliv pravidla vedlo k diskvalifikaci robota v příslušné rozjízdce. V případě prvního náhodného porušení pravidel mohlo být pouze nařízeno opakování rozjízdky. Systematické porušování pravidel bylo chápáno jako nesplnění této úlohy, neboť robot neplnil dané zadání. Maximální čas trvání jízdy byl stanoven na 3 minuty. Po překročení tohoto času byl robot diskvalifikován v dané rozjízdce.

Po čtyřech týdnech příprav, testování a ladění softwaru robotů následovala opět dvoukolová soutěž týmů v rámci jednotlivých skupin (ve skupině bylo 6-8 týmů), z nichž vítězné týmy z jednotlivých skupin postoupily přímo do finálové ROBOSOUTĚŽE 2012 v rámci předmětu Roboti (uskutečnila se na konci semestru 14.12.2012), kde měly následně možnost bojovat o atraktivní ceny.

4 ROBOSOUTĚŽ 2012 pro středoškolské týmy a finálová ROBOSOUTĚŽ 2012 v rámci předmětu ROBOTI

Vítězem předkola ROBOSOUTĚŽE 2012 pro studentské týmy ze středních škol, které se konalo 30.11.2012 se stal tým **Copka ROBOTEAM** ve složení Jan Mach, Michal Jílek a Lukáš Vališ z Vyšší odborné školy, Střední školy, Centra odborné přípravy v Sezimově Ústí. Na druhém místě se umístil tým **Flambers** ve složení Jakub Sláma, Jakub Hájek a David Sochor z Gymnázia Opatov (Konstantinova 1500, Praha 11) a na třetím místě se umístil pravidelný účastník středoškolské ROBOSOUTĚŽE tým **Gods Of Force** ve složení Radovan Blažek, Patrik Bachan a Petr Roztočil z SPŠE Ječná (Ječná 30, Praha 2). Tyto týmy tak měly možnost změřit své umění ve finálové soutěži s univerzitními studentskými týmy, která se konala 14.12.2012.

Současně byli ohodnoceni roboti týmů **V4 Chomutov** a **Compilation Failed** v samostatné soutěžní kategorii Design robota (zajímavé řešení ať už při konstrukci robota a jeho příslušenství, tak při jeho programování).

Z důvodu naplnění kapacity jsme museli dokonce některé středoškolské týmy v loňském roce odmítnout. Z tohoto důvodu uvažujeme o tom, že letos připravíme dvě předkola pro celkem 40 až 48 středoškolských týmů s tím, že do finálové ROBOSOUTĚŽE 2013 by postoupily čtyři nejlepší týmy. Díky tomu, že nám pro letošní rok vyšel FRVŠ grant (Inovace předmětu Roboti), můžeme rozšířit celkový počet 110 LEGO setů o dalších 20 a tyto LEGO sety budeme moci zapůjčit středoškolským týmům k přípravě, což jim doufáme usnadní rozhodování, zda se přihlásit do letošního ročníku soutěže.



Vítězný tým ROBOSOUTĚŽE 2012 pro středoškolské týmy

V pátek 14. prosince 2012 se konal za obrovského zájmu veřejnosti a medií již čtvrtý ročník finále oblíbené studentské ROBOSOUTĚŽE 2012. Roboty studentských týmů z předmětu A3B99RO Roboti soutěžily v disciplíně „Mobilní most“. Různá technická pojetí konstrukce robotu, různě zvolené strategie a nadšený zápal studentů pro věc, to vše přispělo k neopakovatelné atmosféře, která celou akci provázela. Vítězem 4. ročníku ROBOSOUTĚŽE 2012 se stal tým "PÍDÁLKA" ve složení Jakub Chmel, Jaroslav Holeček a Ondřej Holešovský. Na druhém místě se umístil tým "TRIV" ve složení Matěj Kapošváry, Martin Král a Filip Dvořák. Na třetím místě se pak umístil středoškolský tým "FLAMBERS" ve složení Jakub Sláma, Jakub Hájek a David Sochor. Výsledky z finálové soutěže je možné nalézt na webové stránce https://support.dce.felk.cvut.cz/roboti/index.php?sekce=roborace_university&id=2012_university_list. Vítězové budou mít možnost obhajovat vítězství v dalším ročníku soutěže. Následujících obrázcích jsou fotky z vlastní finálové ROBOSOUTĚŽE 2012. Více fotek a videí je možné nalézt na webové stránce <https://dce.fel.cvut.cz/roboti>.

V letošním roce byla navíc soutěžní kategorie "Design robota" vyhlášena a sponzorovaná firmou FANUC Robotics Europe. Design robota se hodnotila jako samostatná kategorie, šlo o to, jestli při řešení soutěžního úkolu vymysleli členové týmu nějaké zajímavé řešení ať už při konstrukci robota a jeho příslušenství, tak při jeho programování.

Vítězný tým obdržel 3 x certifikát Segway Tour po Praze. Jedná se o nevšední zážitek z výletu Prahou bez namáhavé chůze, kdy budou pohodlně stát a "klouzat" městem na vozítku Segway a to po dobu 2 hodin. Vítězem v této kategorii se stal tým Work in progress ve složení Martin Špale, Dalibor Štys a Milan Troller. Videá robůtků všech nominovaných týmů v soutěžní kategorii "Design robota" je možné nalézt na webové stránce

https://support.dce.felk.cvut.cz/roboti/index.php?sekce=roborace_university&id=roborace_1213_design_robota.



Foto z finálové ROBOSOUTĚŽE 2012



Foto z finálové ROBOSOUTĚŽE 2012



Foto z finálové ROBOSOUTĚŽE 2012

5 Závěr

Předmět Roboti je zařazen na samotném počátku studia, úmyslně v době, kdy studenti ještě "nic neumí". Přitom se hravou formou prakticky seznámí se základními myšlenkami automatického řízení, kybernetiky, robotiky, měření a zpracování signálů. A to "sami od sebe", při řešení praktických úkolů. Hned na začátku studia tak studenti poznají podstatu tvůrčí inženýrské a výzkumné práce

Cílem předmětu Roboti je vzbudit zájem o obor, o jeho hlavní myšlenky a možnosti a současně motivovat studenty, aby se ptali a těšili na další studium. Získaná motivace jim pomůže vstřebet náročné matematické a odborné kurzy, které je později čekají. Cílem je také samozřejmě udělat fakultě a jejím programům reklamu, a tím zvýšit zájem mladé generace a počet zájemců o studium na FEL

Pokud bychom nabídku kurzů studijního programu přirovnali k menu v restauraci, pak předmět Roboti bude aperitivem. Má prostě vzbudit chuť. Podobné předměty jsou na mnoha univerzitách po celém světě. My jsme se inspirovali úspěšnou akcí ROBORACE na Univerzitě ve Stuttgartu.