



Středoškolská technika 2012

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Laboratorní sestava BLSbase aneb Mechatronika hrou

David Rusó
Petr Mečíř

Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Podbořany, příspěvková organizace
Kpt. Jaroše 862, Podbořany

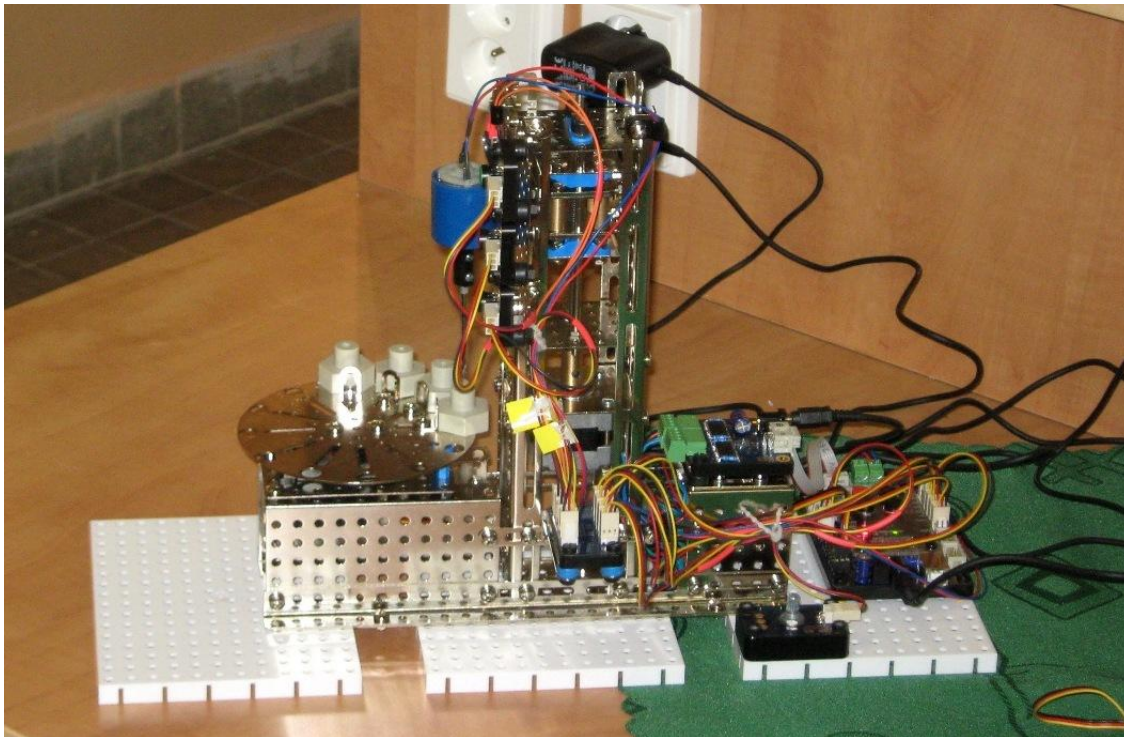
Svého času jsem studentem 4. ročníku studijního oboru Mechatronika (od 1.9. 2010 obor 23-41-M/01 Strojírenství se zaměřením na Mechatroniku) na Střední odborné škole a Středním odborném učilišti v Podbořanech. Při úvaze, jaké téma své práce si mám vybrat, jsem se nakonec rozhodl na konkrétním příkladu popsat to, co mne nejvíce při studiu zaujalo a o čem jsem přesvědčen, že mi poskytlo velmi dobré základy pro můj další profesní rozvoj a uplatnění v jednom z nejžádanějších odvětví poslední doby, mechatronice.

Při postupném pronikání do tajů elektroniky, robotiky, číslicové techniky, řízení a regulace, včetně mechatroniky, jsme ke svému studiu využívali jedinečný výukový komplex dodávaný v současné době na trh pod označením *Basic Lab Set (BLS)*, *Extend Mechatronic Set* a *Extend Robotic Set*, vyvinutý a produkováný českou společností *Mechatronic Education s.r.o.*

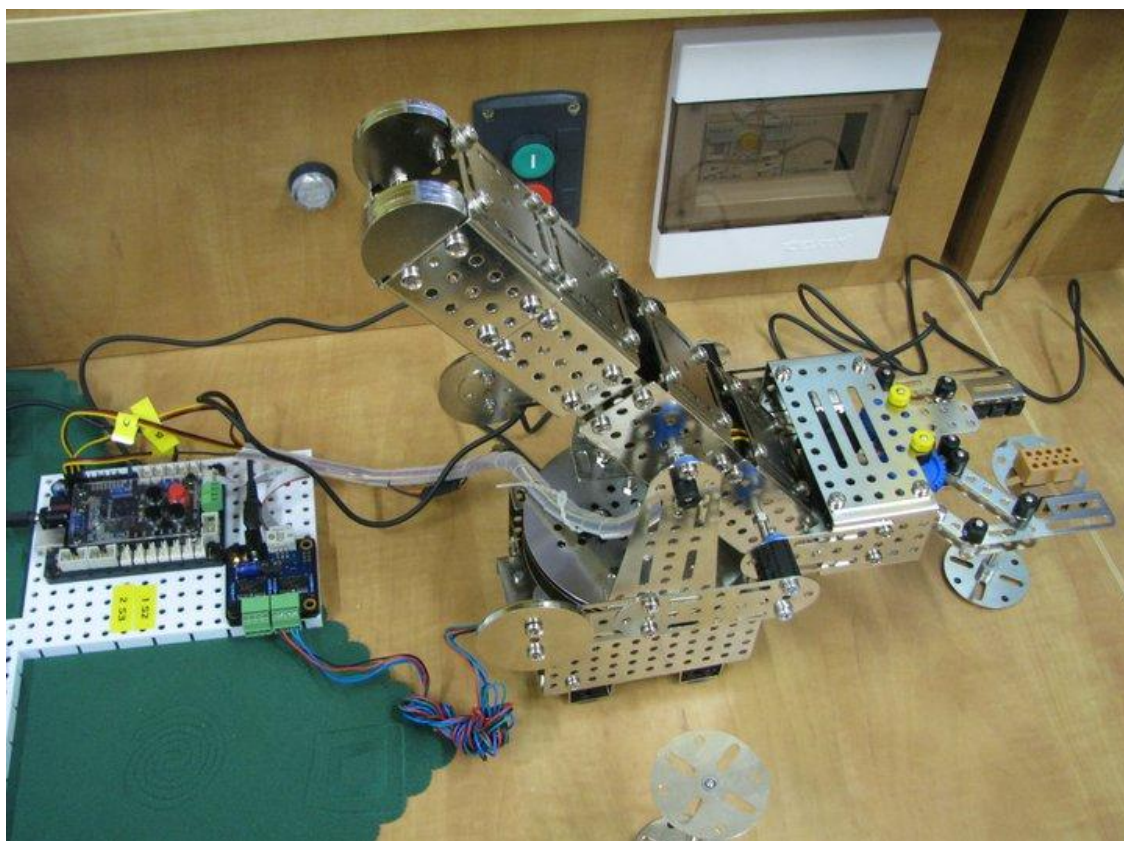
Základ tvoří kovový konstrukční systém německé firmy *EITECH* (vynikající rozměrová přesnost a povrchová úprava), rozšířený o velmi početnou skupinu komponentů, běžně používaných v automatizaci, regulaci a průmyslové robotice. Systém je dále doplněn o nepřeberné množství elektronických modulů (senzorů) řízených výrazně upraveným a přepracovaným počítačem pod obchodním označením *jBotBrain*. Přestože samotný název počítače v sobě obsahuje odkaz na programovací jazyk JAVA, je tento počítač možné ovládat pomocí průmyslového standardu *LabView*. V současné době je již k dispozici firmware, podporující *.NET Micro Framework*, umožňující integraci s libovolným programovacím jazykem z dílny firmy *Microsoft*, včetně *Microsoft Robotic Studia*.

Zatímco pomocí systému *Basic Lab Set* jsme zdárně pronikli do tajů sensoriky a naučili se postupně prvním krůčkům při jejich aplikaci, kde vrcholem našeho snažení bylo sestrojení komplexního plně funkčního modelu CNC vrtačky s revolverovým podavačem (obr.1), pomocí rozšiřujícího systému *Extend Mechatronic Set* jsme zdárně pokročili a sestrojili model robotického manipulátoru (obr.2), čímž jsme k již existující CNC vrtačce připojili další výrobní celek s možností demonstrace synchronizace, časování a plánování vyšších výrobních

celků. V tomto případě jsme již neřešili pouze vazbu senzor a aktivní člen, ale plnou modelovou simulací výrobní linky a jejích jednotlivých procesů.

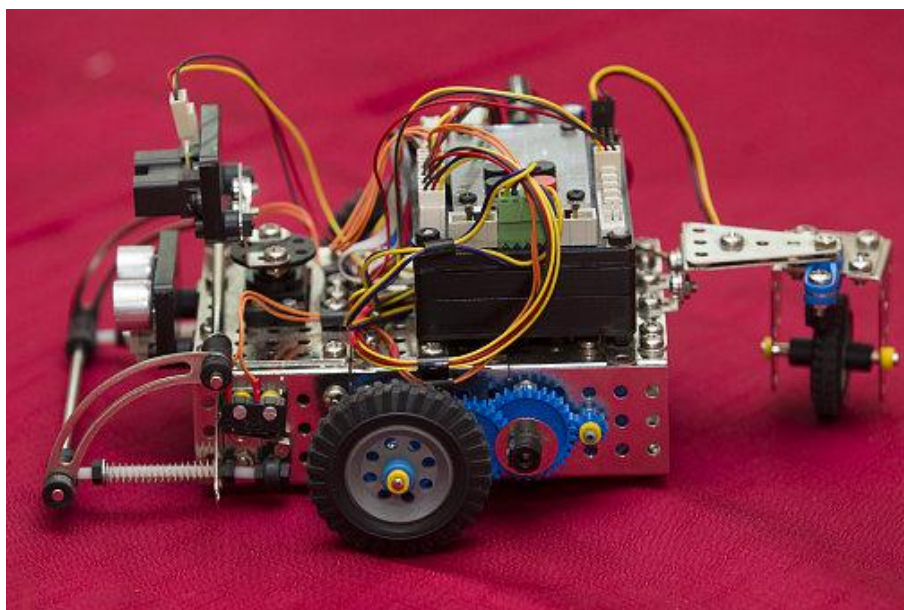


Obr. 1 Model CNC vrtačky s revolverovým podavačem

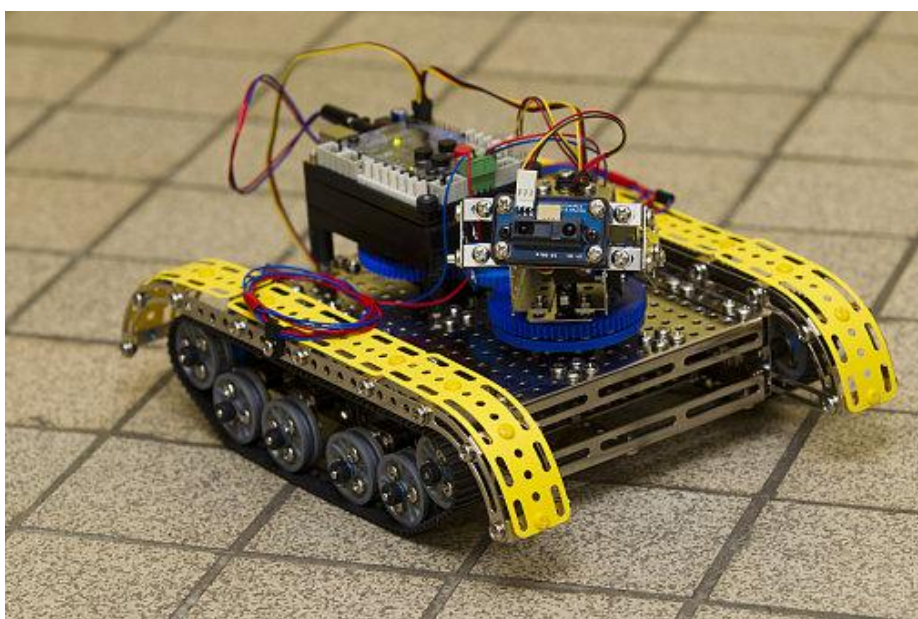


Obr.2 Model robotického manipulátoru

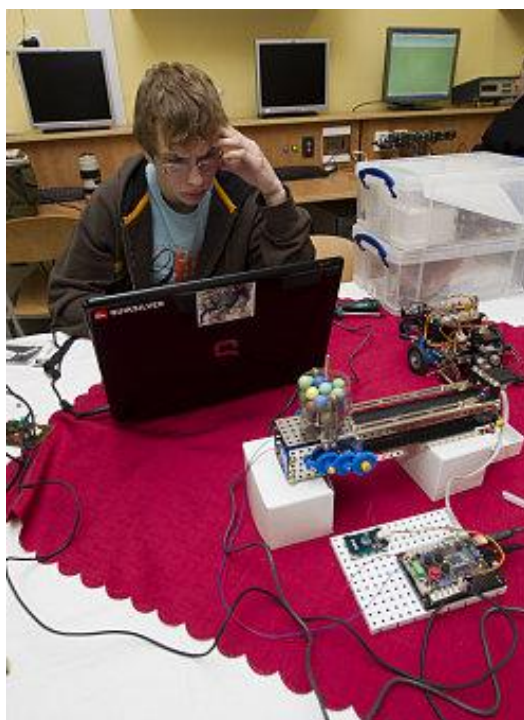
Vrcholem našeho snažení v oblasti robotiky bylo využití třetí části výukového systému a to stavebnice *Extend Robotic Set*, kde jsme měli možnost poprvé se seznámit s principy autonomních robotických mechanismů či dálkově řízených robotů. Při řešení úloh jsme již nevystačili pouze s předchozími zkušenostmi, ale museli jsme využít znalosti nejen z mechaniky, ale i z matematiky. Mezi nejtěžší úlohy patřilo sestavování PID algoritmů, např. při demonstraci podvozku robota, který z důvodu rozdílné účinnosti převodek pohonů, měl tendenci neustále zatáčet k jedné straně. Ukázky našich závěrečných ročníkových prací máte možnost vidět na následných obrázcích.



Obr.3 Model autonomního robotického mechanismu



*Obr.4 Robotické pásové vozidlo – vlajková loď naší flotily
(ovládání pomocí rozhraní Bluetooth)*



Obr.5 Oživování třídící části pásového dopravníkového systému.

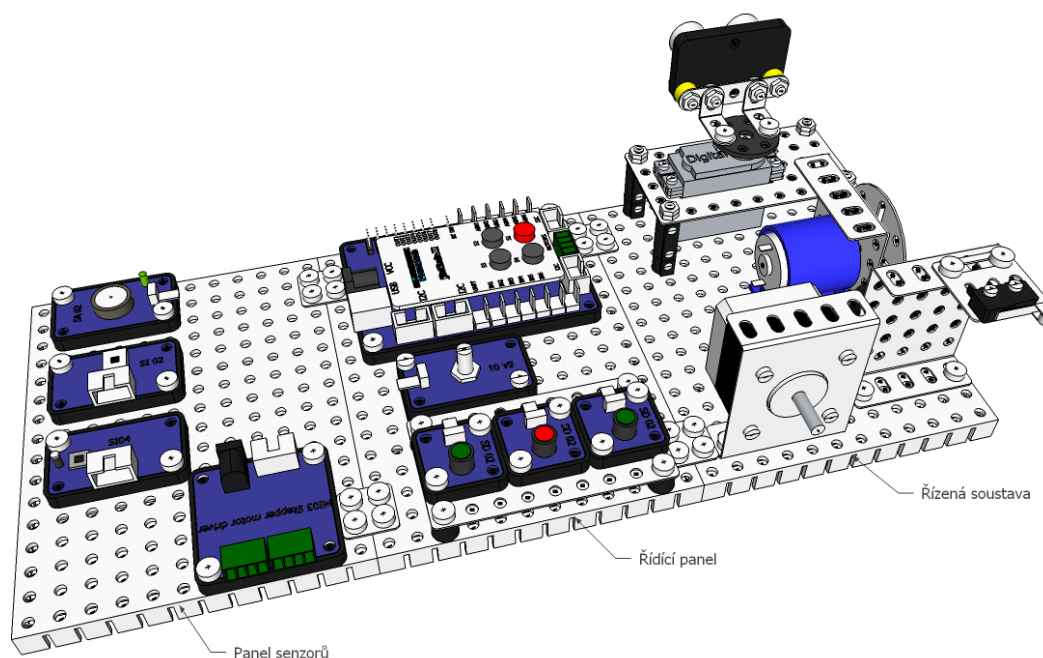
Pro svůj příspěvek jsem si zvolil ukázkou z období počátku naší výuky základů senzorky, řízení a regulace mechatronických systémů. Jako základní stavební kámen jsme použili výukový systém Basic Lab Set. Po absolvování počátečních aktivit jako např.:

- seznámení s počítačem jBBII,
- programování počítače jBBII,
- grafické vývojové prostředí jBlocks,
- Booleova algebra, logická proměnná, podmíněný blok,
- čítače, časovače, ošetření neočekávaných stavů,
- algoritmus řízení PLC,
- implementace algoritmu PLC v jBlocks,
- implementace I/O logických proměnných,
- implementace vstupního scanu (input scan) a výstupního scanu (output scan),
- algoritmus ovladače led diod a reproduktoru, motorových výstupů,
- implementace program scanu,

jsme se konečně dopracovali k cíli našeho snažení a od vyučujícího převzali svůj první samostatný úkol. Abychom mohli dále pokračovat, bylo nutné si ale nejdříve sestavit základní laboratorní výukovou sestavu. Za tímto účelem jsme od vyučujícího obdrželi vzorovou výkresovou dokumentaci s postupem (zhotoveno v rámci výuky systémů CAD v předmětu technická dokumentace).

Výuková sestava se skládala z:

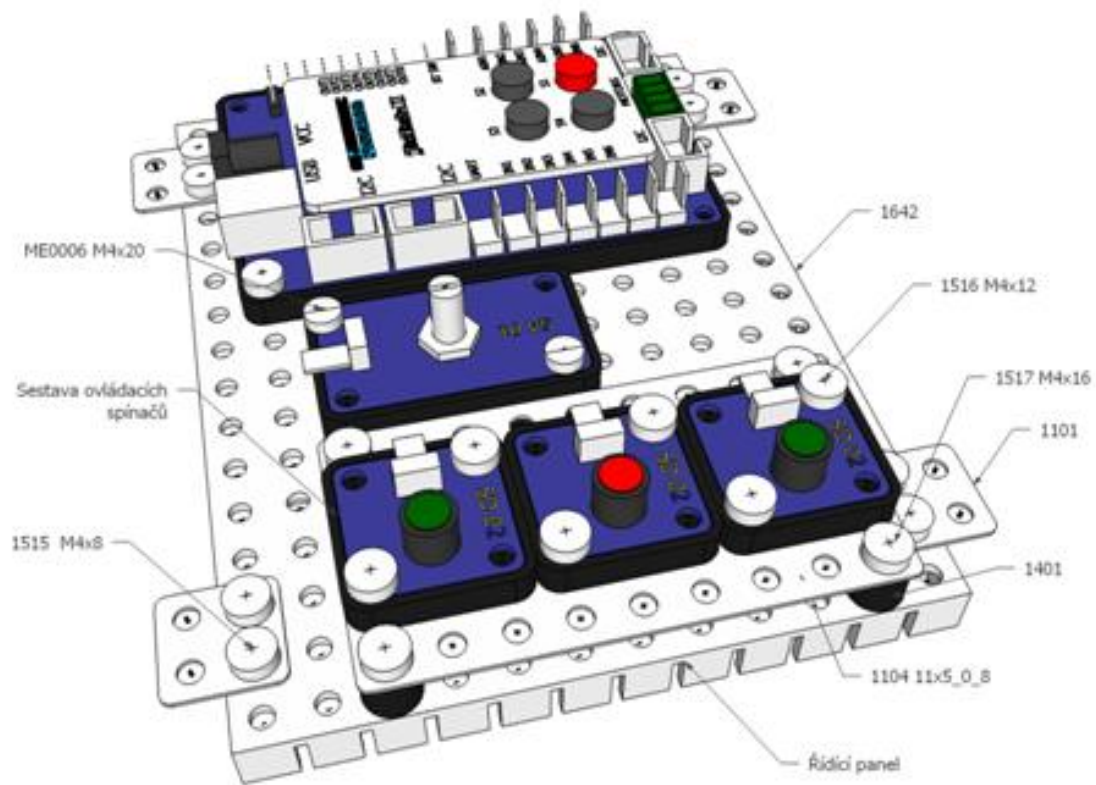
- řídicího panelu obsahoval samotný jBBII počítač a ovládací prvky panelu, tedy tři spínací tlačítka a potenciometr, s jeho pomocí jsme ovládali řízený panel a načítali hodnoty senzorů umístěných v panelu senzorů,
- řízeného panelu obsahoval akční členy, tedy DC motor, krokový motor a RC servomotor, zpětné vazby realizovala teplotní čidla připojená k DC motoru a ke krokovému motoru, dále sestavu rotačního enkoderu, ultrazvukového dálkoměru a koncový spínač,
- senzorického panelu obsahoval senzor tlaku, RGB senzor, senzor osvětlení a řadič krokových motorů.



Obr.6 Model výukové sestavy

Před vlastní montáží výukové sestavy jsme se rozdělili na tři samostatné pracovní skupiny. Každá skupina měla za úkol samostatně smontovat příslušný panel. Postup montáže jsme rozdělili na jednotlivé kroky. Po sestavení dílčích panelů, jsme provedli koncovou montáž výukové sestavy. Kompletní model sestavy je zobrazen na obr.6.

STAVBA ŘÍDÍCÍHO PANELU



Obr.7 *Řídicí panel*

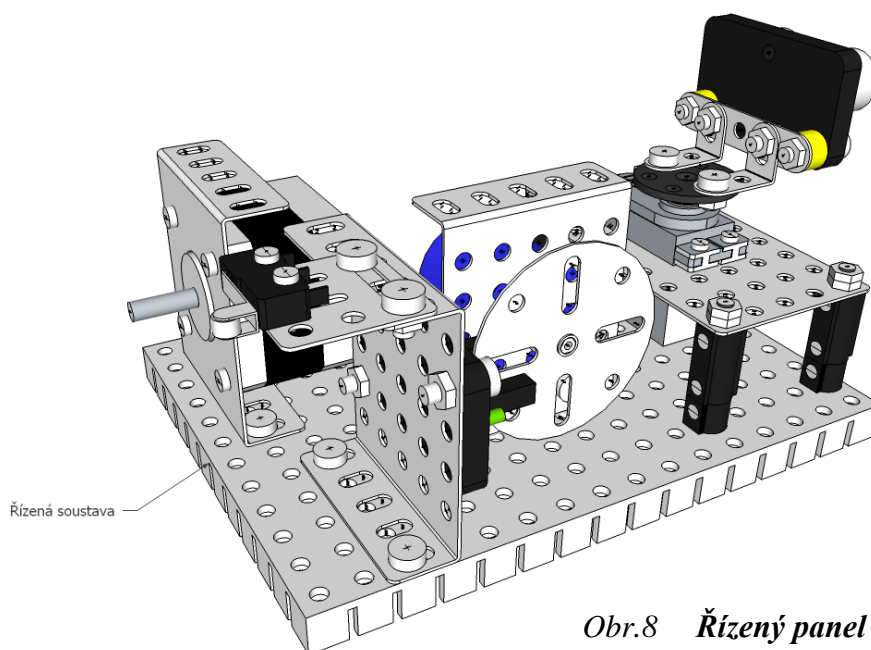
Krok 1

Na plastovou desku 1642 jsme pomocí šroubů 1515 M4x8 připevnili spojovací úchyty 1101 2x2_0_8. Na desku 1104 11x5_0_8 jsme pomocí šroubů 1516 M4x12 připevnili tlačítka SD02 dle obrázku. Sestavu tlačítek jsme upevnili na základní desku 1642 za pomoci šroubů 1517 M4x16 a vymešovacích staváčků 1401.

Krok 2

Na plastovou desku 1642 jsme připevnili pomocí šroubů ME0006 M4x20 potenciometr SA01, na konec počítač jBBII pomocí šroubů 1516 M4x12. Montáží počítače jsme řídicí panel dokončili.

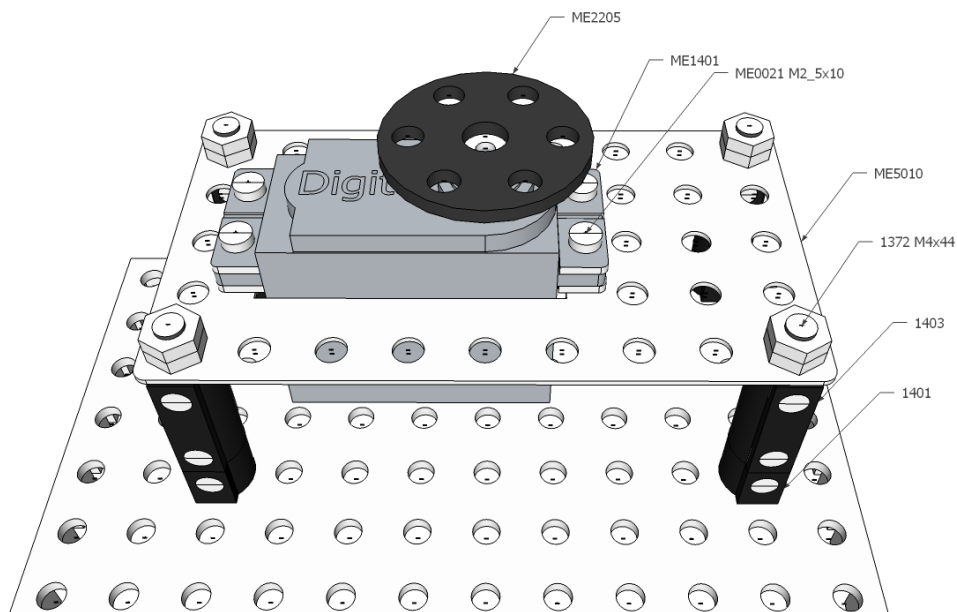
STAVBA ŘÍZENÉHO PANELU



Obr.8 *Řízený panel*

Krok 1 Sestavení skupiny servomotoru

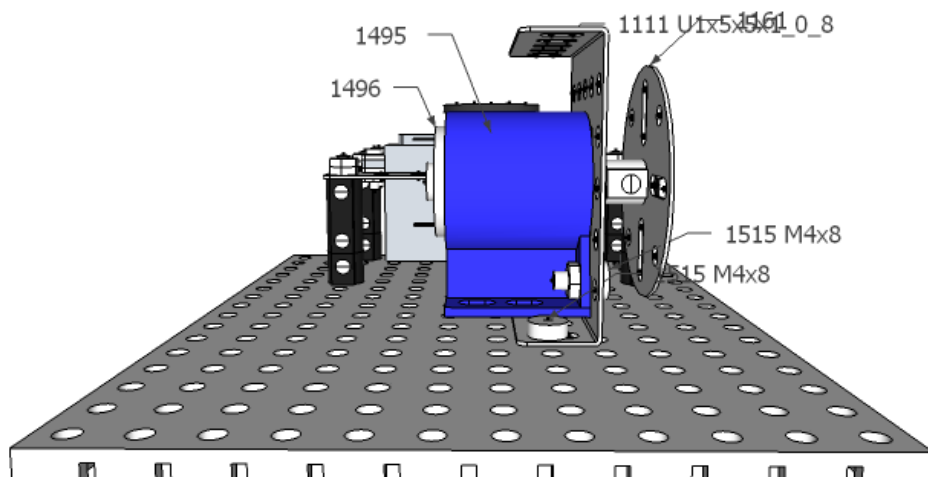
Na desku ME5010 jsme pomocí čtyř šroubů ME0021 M2_5x10 zabudovali servomotor ME1401. Na hřídel servomotoru nasadili páku ME2205. Páku jsme prozatím k hřídeli nepřipevňovali šroubem. Na základní desku 1642 jsme upevnili čtyři závitové tyče 1372 M4x44, na spodní straně desky, následně našroubovali na tyče matice M4. Na tyče jsme navlékli staváček 1401 a 1403. Na takto připravenou sestavu jsme připevnili sestavenou desku ME5010 se servomotorem. Vrchní část závitových tyčí jsme zakončili dvěma matkami M4.



Obr.9 *Sestava skupiny servomotoru*

Krok 2 sestavení skupiny DC motoru

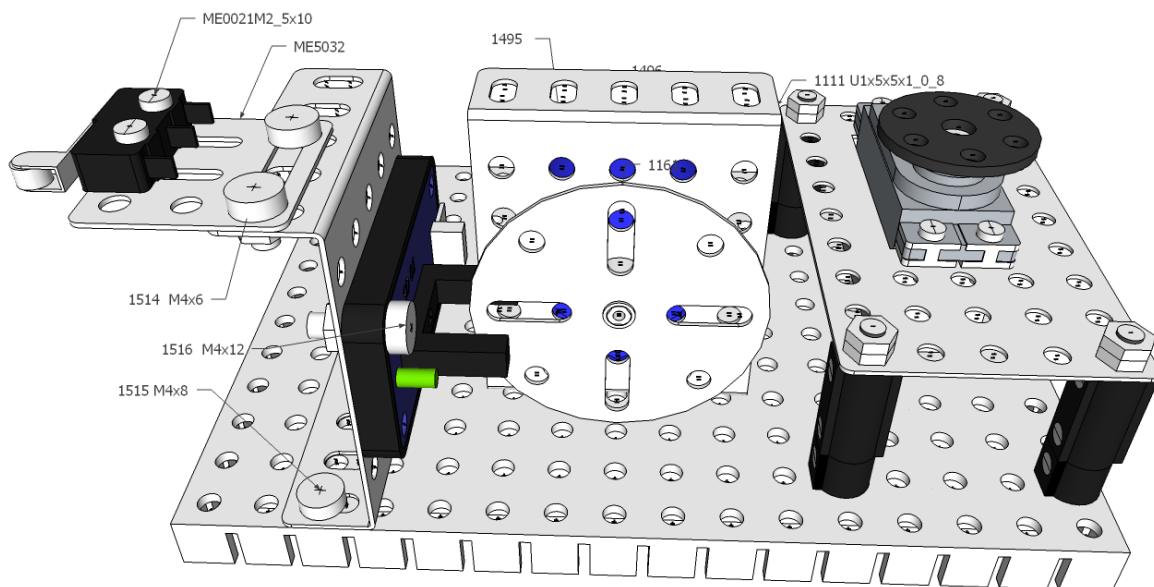
Na základní desku jsme připevnili pomocí dvou šroubů 1515 M4x8 díl 1111 U1x5x5x1_0_8. Museli jsme dát pozor na správné umístění, odpočítáním perforace od pravého horního rohu základní desky. Vložili jsme motor 1496 do motorové klece 1495. Takto vytvořenou soustavu jsme připevnili do dílu 1111 U1x5x5x1_0_8 pomocí dvou šroubů 1515 M4x8.



Obr.10 Sestava skupiny DC motoru

Krok 3 Sestavení skupiny senzorů

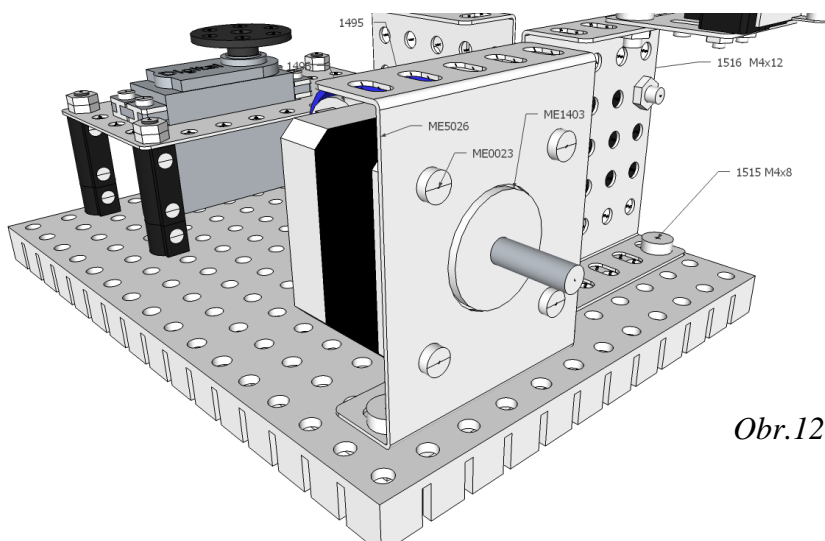
Na díl ME5032 jsme pomocí ME0021 M2,5x10 šroubů připevnili koncový spínač. Posléze jsme podsestavu pomocí šroubů 1514 M4x6 připevnili na profil 1111 U1x5x5x1. Senzor SD01 jsme pomocí šroubů 1516 M4x12 připevnili na již vytvořenou podsestavu. Nyní jsme celou sestavu připevnili na základní desku pomocí dvou šroubů 1515 M4x8.



Obr.11 Sestava skupiny senzorů

Krok 4 Sestavení skupiny krokového motoru

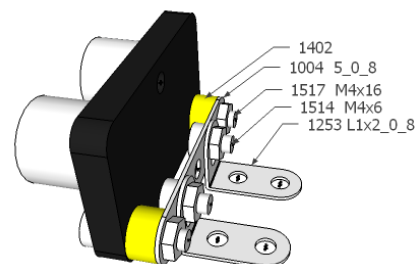
Díl ME5026 klece krokového toru jsme připevnili k základní desce pomocí dvou šroubů 1515 M4x8, vlastní krokový motor ME1403 jsme připevnili pomocí čtyř šroubů ME0023 M3x6.



Obr.12 Sestava krokového motoru

Krok 5 Sestavení skupiny ultrazvukového dálkoměru

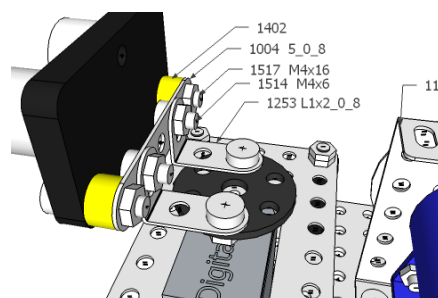
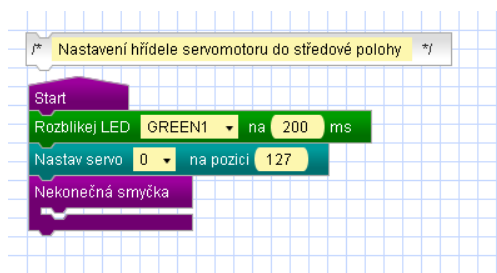
Na pásek 1004 5_0_8 jsme pomocí dvou šroubů 1514 M4x6 připevnili 2xdíl 1253 L1x2_0_8. Vlastní ultrazvukový senzor jsme připevnili pomocí dvou šroubů 1517 M4x16. Plastový staváček 1402 jsme použili jako vymezení kružek.



Obr.13 Sestava ultrazvukového dálkoměru

Krok 6 Seřízení pozice hřídele servomotoru a finální montáž dálkoměru

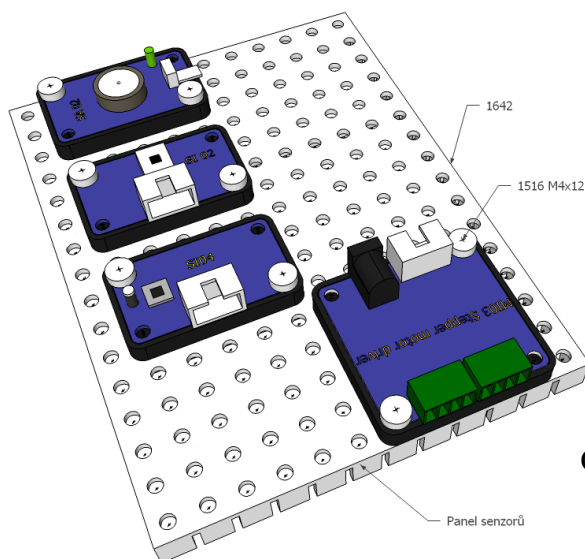
Před finální montáží kruhové páky serva ME2205 bylo nezbytné nastavit hřídel serva do tzv. středové polohy. To jsme provedli pomocí jednoduchého programu. Nejprve jsme připojili servomotor do portu OUT1 (žlutý vodič směřuje ke středu jBBII), poté spustili jBBII. Do jBBII jsme zavedli program setServo. Po spuštění programu, jBBII nastavil hřídel servomotoru do středové polohy (podélné osy serva). Následně pomocí dvou šroubů 1514 M4x6 jsme připevnili sestavu dálkoměru ke kruhové páce serva. Kruhovou páku jsme nasadili na hřídel tak, aby tělo senzoru bylo kolmé k podélné ose servomotoru, páku jsme zajistili samořezným šroubem. Potom jsme už mohli jBBII vypnout a kabel servomotoru odpojit. Tím jsme dokončili montáž řízeného panelu.



Obr.14 Algoritmus pro seřízení pozice hřídele a sestava dálkoměru

STAVBA SENZORICKÉHO PANELU

Senzory SA02, SI02, SI04 a modul M03 jsme připevnili pomocí dvou šroubů 1516 M4x12 v rozích k základní desce 1642. Tím jsme dokončili senzorický panel.



Obr.15 Sestava senzorického panelu

FINÁLNÍ MONTÁŽ PANELŮ

Po sestavení panelů jednotlivými pracovními skupinami, jsme na závěr provedli společnou finální montáž výukové sestavy. Pomocí osmi šroubů 1515 M4x8 jsme spojili jednotlivé panely v ucelenou sestavu dle obr.6. Tím jsme laboratorní sestavu BLSbase po mechanické stránce slavnostně dokončili a nezbývalo nic jiného, než je připojit k počítači jBBII.

ZAPOJENÍ PANELŮ

Po dokončení montáže výukové sestavy, jsme její jednotlivé prvky připojili k počítači jBBII následovně:

Označení portu jBBII	Označení senzoru/modulu	Popis zařízení
IN1	SD02	Zelené tlačítko 1
IN2	SD02	Červené tlačítko
IN3	SD02	Zelené tlačítko 2
AIN1	SA01	Potenciometr
IN4	SD01	Optická brána
IN5		Koncový spínač
OUT1		Servomotor
MA		DC motor
I2C	MI03A	Řadič krokového motoru
I2C	SI04	RGB senzor
I2C	SI02	Senzor osvětlení
AIN2	SA02	Senzor atmosférického tlaku
I2C	SI03	Ultrazvukový dálkoměr

Po propojení výukové sestavy s řídicím počítačem jsme tedy mohli přistoupit k vlastnímu řešení zadané úlohy.

Ovládání DC motoru pomocí jEasyPLC algoritmu

Cílem dané úlohy bylo naučit se ovládat akční člen pomocí algoritmu logického řízení. Pro demonstraci ovládání stejnosměrného motoru jsme použili příklad, kdy pomocí dvou spínačů ovládáme pohon lisu. Pro ovládání mechanismu jsme sestavili slovní zadání logické funkce:

Po dobu sepnutí dvou spínačů se spustí motor mechanismu ve směru hodinových ručiček s výkonem 25%.

Pro následné řešení úlohy z oblasti logického řízení jsme si sestavili postup, rozdělený do následujících kroků:

- Krok 1** Identifikace vstupních proměnných
- Krok 2** Identifikace výstupních proměnných
- Krok 3** Spojení vnitřních proměnných se vstupními/výstupními porty jBBII a jejich fyzickými/virtuálními zařízeními
- Krok 4** Sestavení pravdivostních tabulek a logických funkcí
- Krok 5** Modifikace funkce vstupniLogpromenne
- Krok 6** Modifikace funkce vstupniScan
- Krok 7** Modifikace funkce vystupniLogpromenne
- Krok 8** Modifikace funkce ciselneParametryOvladacu
- Krok 9** Modifikace funkce programScan
- Krok 10** Modifikace funkce vystupniScan
- Krok 11** Modifikace funkce hlidaciPes
- Krok 12** Test řízené soustavy

Pro řešení této úlohy jsme použili algoritmus *jEasyPLC* a laboratorní sestavu *BLSbasic*.

Krok1 Identifikace vstupních proměnných

Ze zadání vyplynulo, že program bude mít pouze dvě vstupní nezávislé logické proměnné popisující stav, tlačítka 1 a tlačítka 2.

Krok 2 Identifikace výstupních proměnných

Pro řízení soustavy jsme potřebovali pouze jednu závislou logickou proměnnou, ovládající výstupní motorový port, dále jsme potřebovali logickou proměnnou, popisující směr otáčení hřídele motoru a numerickou proměnnou, obsahující požadovaný výkon motoru.

Krok 3 Spojení vnitřních proměnných se vstupními/výstupními porty jBBII a jejich fyzickými/virtuálními zařízeními

Směr	Zařízení	Port na jBBII	Logická proměnná
vstupní	zelené tlačítko 1	IN1	<i>iD1</i>
vstupní	zelené tlačítko 2	IN3	<i>iD3</i>
výstupní	DC motor	motorový výstup A	<i>oMa</i>
výstupní	DC motor, směr otáčení	motorový výstup A	<i>oMaS</i>

Pro ovladač motoru jsme potřebovali numerickou proměnnou **oNmA**, do které jsme zadali požadovaný výkon motoru.

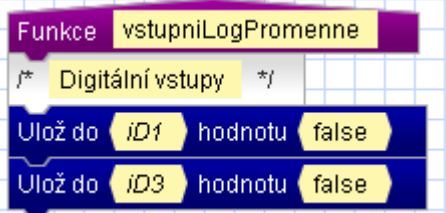
Krok 4 Sestavení pravdivostních tabulek a logických funkcí

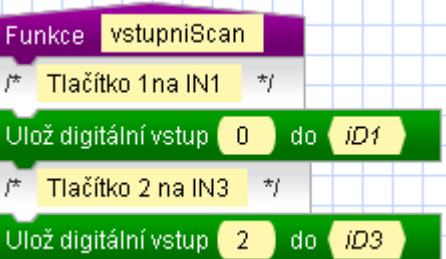
iD1 (zelené tlačítko 1) IN1	iD3 (zelené tlačítko 2) IN3	oMa (motorový výstup A)
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Z tabulky jasně vyplynulo, že logická funkce popisující spuštění motorového výstupu A je logickým součinem proměnných iD1 a iD3:

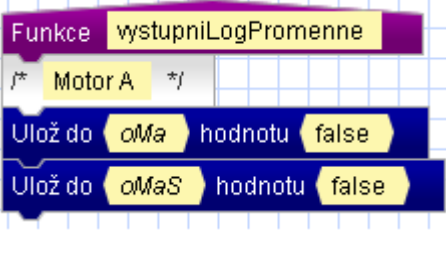
$$oMa = iD1 \& \& iD3$$

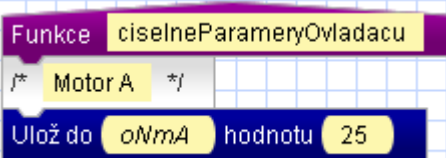
Krok 5,6 Modifikace funkce vstupniScan a vstupniLogpromenne

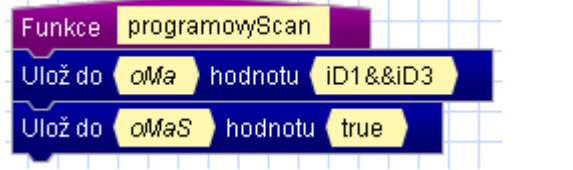
	<p>V paměťovém prostoru jsme nadefinovali dvě vstupní logické proměnné <i>iD1</i> a <i>iD3</i>.</p>
---	---

	<p>Ve funkci <i>vstupniScan</i>, jsme načítali stav digitálních vstupů do proměnných <i>iD1</i> a <i>iD3</i>.</p>
---	---

Krok 7,8,9 Modifikace funkce vystupniLogpromenne, ciselneParametryOvladacu, programScan

	<p>Pro vládání motorového výstupu A, jsme založili ve výstupním paměťovém prostoru proměnné <i>oMa</i> true-motor je spuštěn, false-motor stojí) a <i>oMaS</i> (true-hřídel motoru se otáčí ve směru hodinových ručiček, false-hřídel motoru se otáčí v protisměru hodinových ručiček).</p>
---	---

	<p>Ovladač motorového výstupu vyžadoval numerickou proměnnou <i>oNmA</i> obsahující požadovaný výkon motoru.</p>
---	--

	<p>V programovém scanu jsme zadali vlastní logickou funkci, závislou logickou proměnnou <i>oMa</i>, nezávislé logické proměnné <i>iD1</i> a <i>iD3</i>. Operátor && je jejich logickým součinem. <i>oMaS</i> obsahoval směr otáčení hřídele motoru. V tomto případě vystupoval v roli konstanty.</p>
---	--

Krok 10, 11 Modifikace funkce *vystupniScan*, *hlidaciPes*

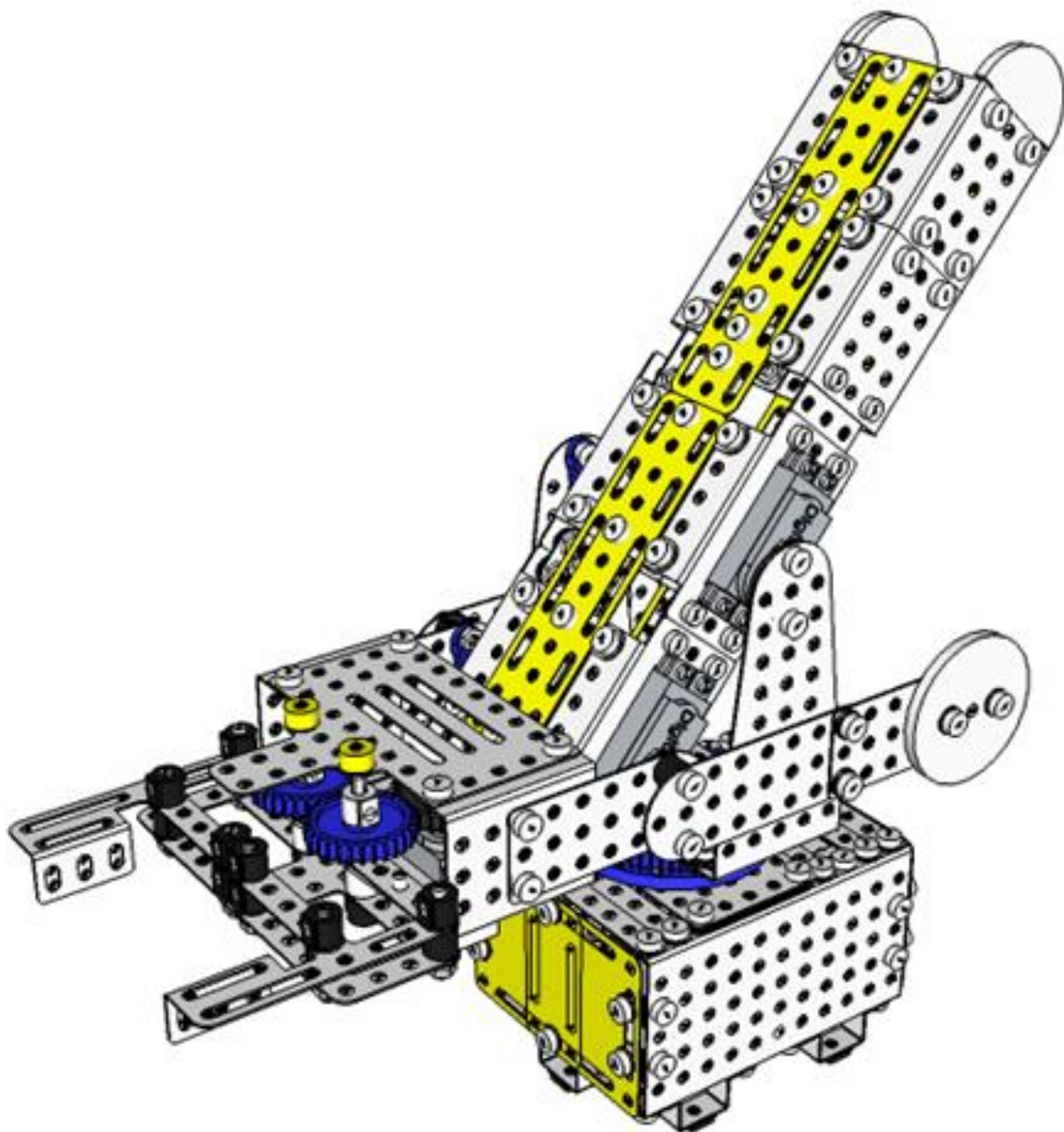
Následně jsme modifikovaný program *jEasyPLC* nahráli do paměti *jBBII* a spustili. Pokud jsme současně stiskli obě zelená tlačítka, roztočil se hřídel motoru. Po uvolnění tlačítek se motor zastavil. Program pracoval v souladu se zadáním.

Klíčem k řešení celé úlohy bylo zmodifikování logické funkce $oMa=iD1\&\&iD3$ z logického součinu na výlučný logický součet (XOR) v rámci funkce *programScan*. Výsledný tvar funkce byl: $oMa=iD1\wedge\wedge iD3$.

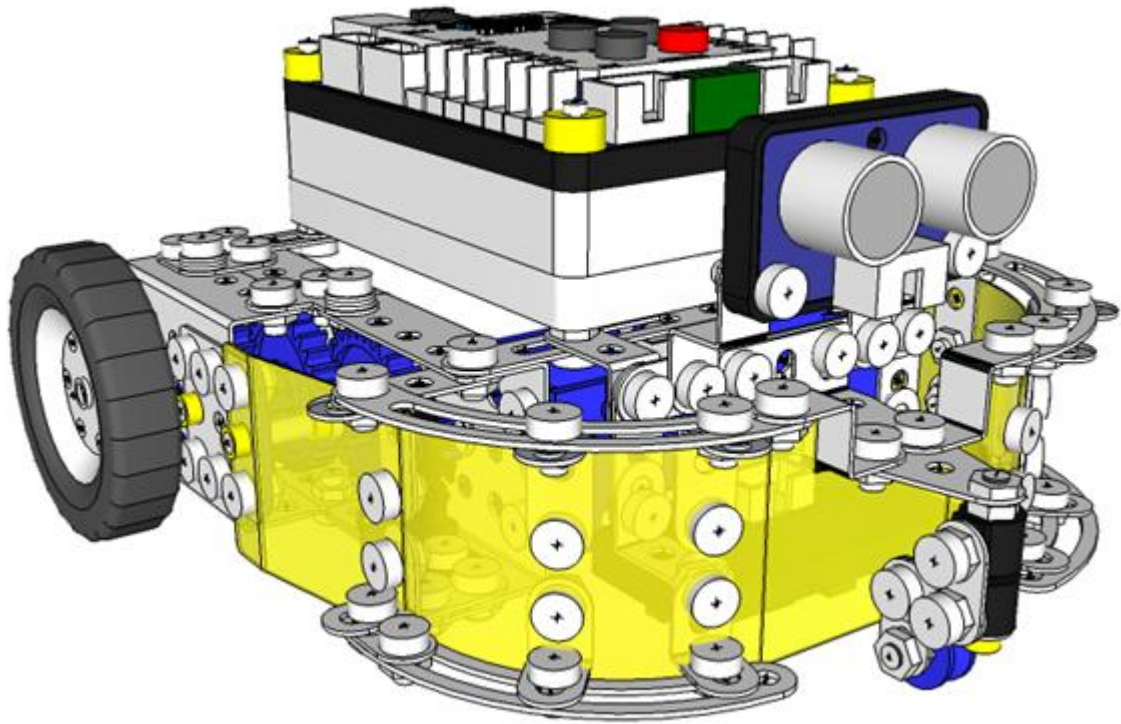
Z důvodu procvičování bylo možno program modifikovat například tak, aby řízený motor reagoval na stlačení buď na stlačení tlačítka 1, nebo stlačení tlačítka 2, nikoliv však na současně stlačení obou tlačítek.

Závěr:

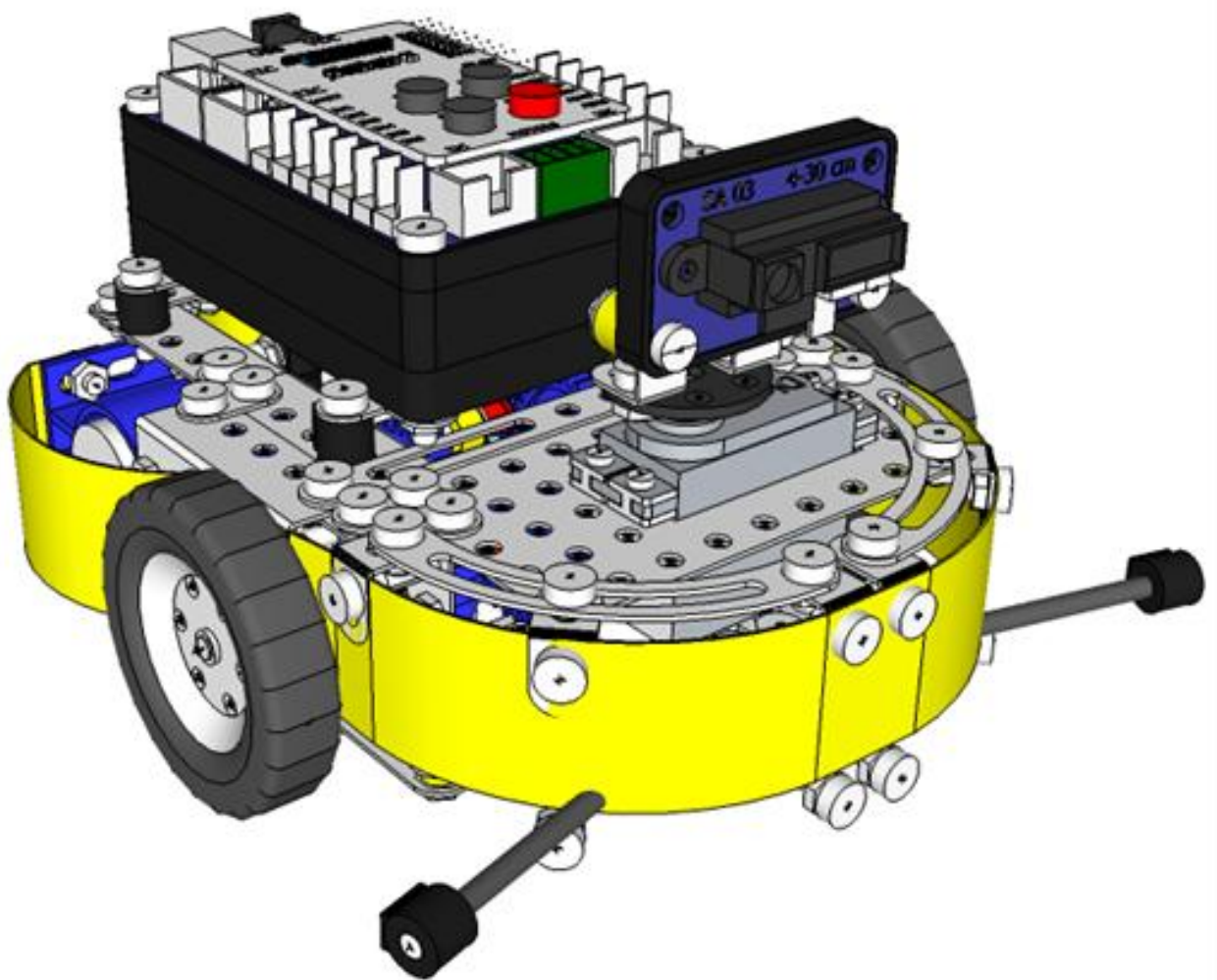
Ve svém krátkém příspěvku jsem se snažil upozornit širokou odbornou a studentskou veřejnost na existenci jedinečného komplexního výukového systému pro zajištění výuky mechatroniky, vhodného pro všechny stupně vzdělávacího systému v České republice. Jeho „jedinečnost“, kromě bezkonkurenčního širokého rozsahu použitých elektronických modulů pokrývajících celé spektrum výuky v oblasti automatizace, variability úloh, didaktického zpracování (detailní postupy, úkoly a klíče k řešení) a použití skutečných průmyslových standardů, spočívá i v tom, že v současné době jsme jedinou školou v České republice vlastníci a používající tento ucelený výukový systém. To je dáno hlavně skutečností, že daný systém byl českou společností *Mechatronic Educations, s.r.o.* vyvinut pro naši školu na zakázku právě z důvodu nedostatečné a neucelené nabídky obdobných systémů na českém trhu. Tento systém na naší škole aktivně používáme ve výuce již druhým rokem a v letošním školním roce 2011/2012 jsme s jeho pomocí poprvé úspěšně absolvovali praktickou maturitní zkoušku. Jednou z největších výhod daného systému je především jeho vynikající didaktická zpracovanost, s detailní specifikací žákovských a učitelských aktivit a schopnost nenásilnou, nenudnou, zábavnou, interaktivní a atraktivní formou vtáhnout žáka do světa automatizace a kybernetiky, včetně jeho plného souladu s požadavky RVP. K dalším nesporným výhodám výukového systému patří i jeho každodenní testování v tvrdých školních podmínkách na „studentskou odolnost“ a „blbuvzdornost“, s okamžitou zpětnou vazbou na výrobce. Jako důkaz o obrovské variabilitě výukového systému a nekonečných možnostech aplikací od jednoduchých až po nejsložitější, uvádím následně pár dalších praktických příkladů realizace robotických konstrukcí. Další případné ukázky lze shlédnout na webových stránkách www.mechmes.websnadno.cz. V samotném závěru bych chtěl vyslovit přesvědčení, že se daný výukový systém pro své nesporné kvality brzo rozšíří i do dalších škol a postupně vznikne široká komunita uživatelů s pravidelnými soutěžemi a výměnou zkušeností.



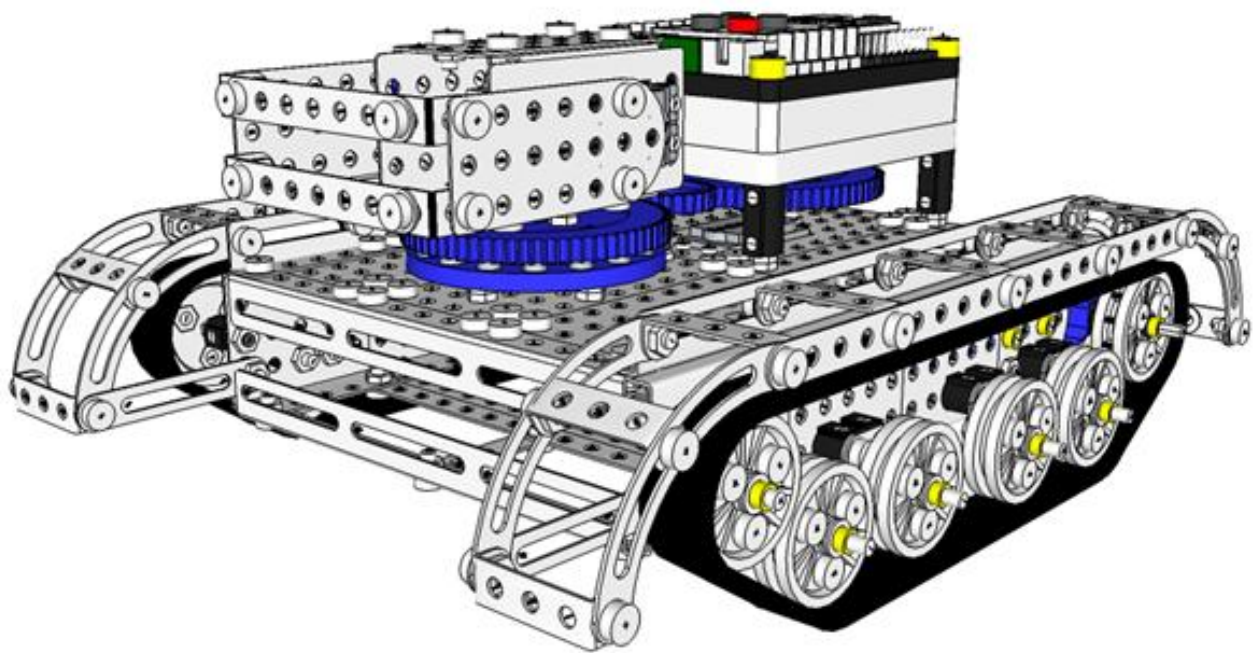
Robotický manipulátor



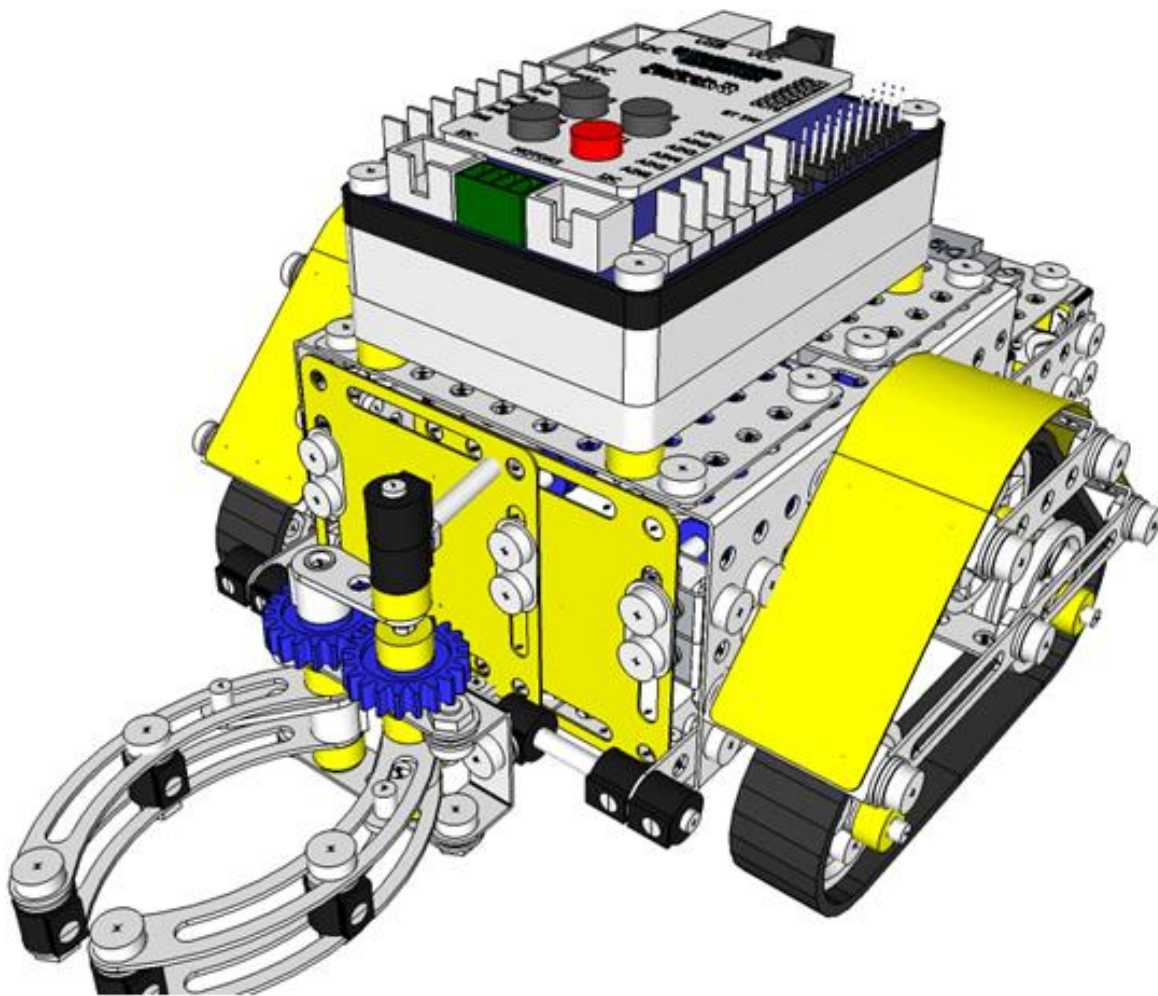
Autonomní robot (Tribot)



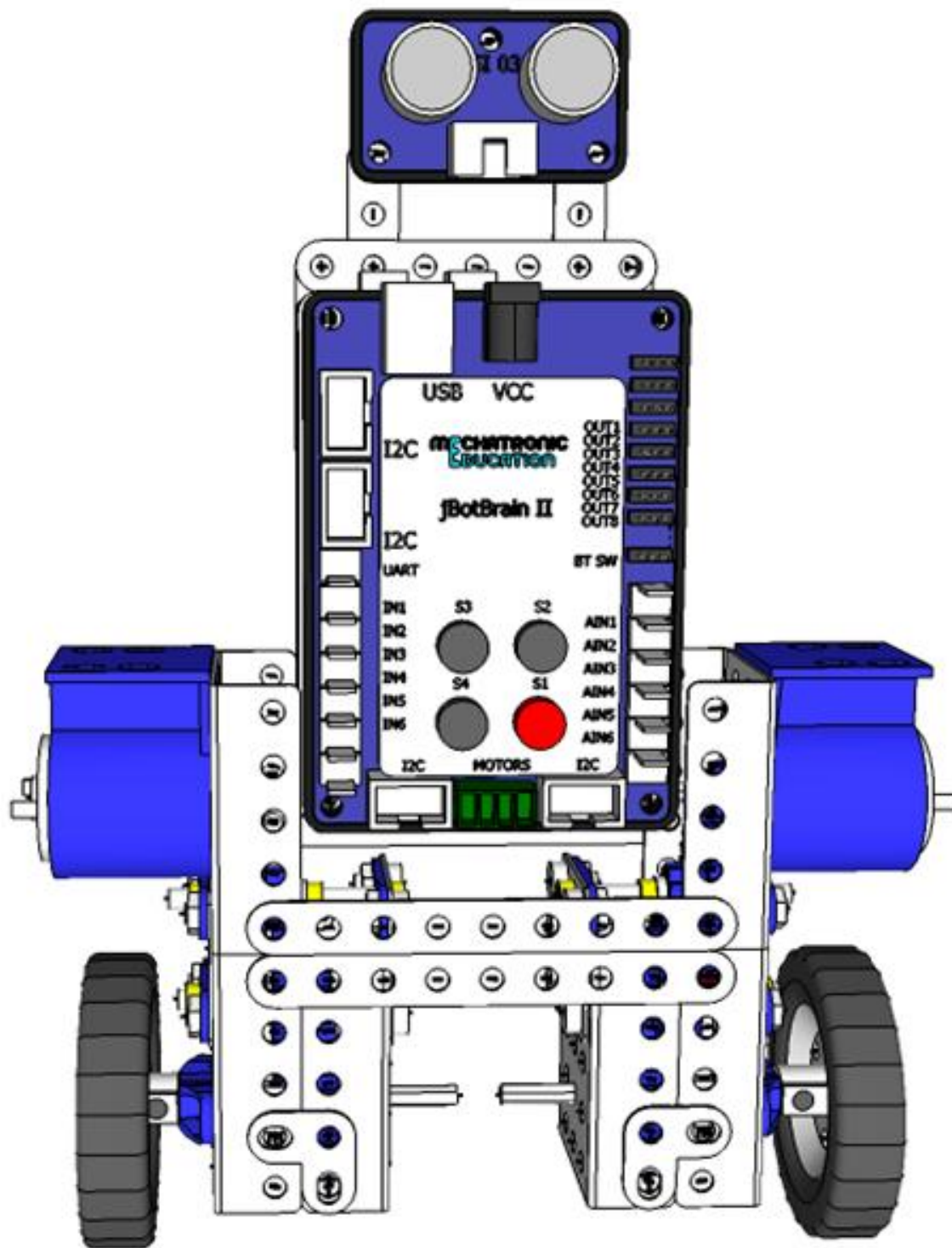
Sledovač čáry varianta IstroBot



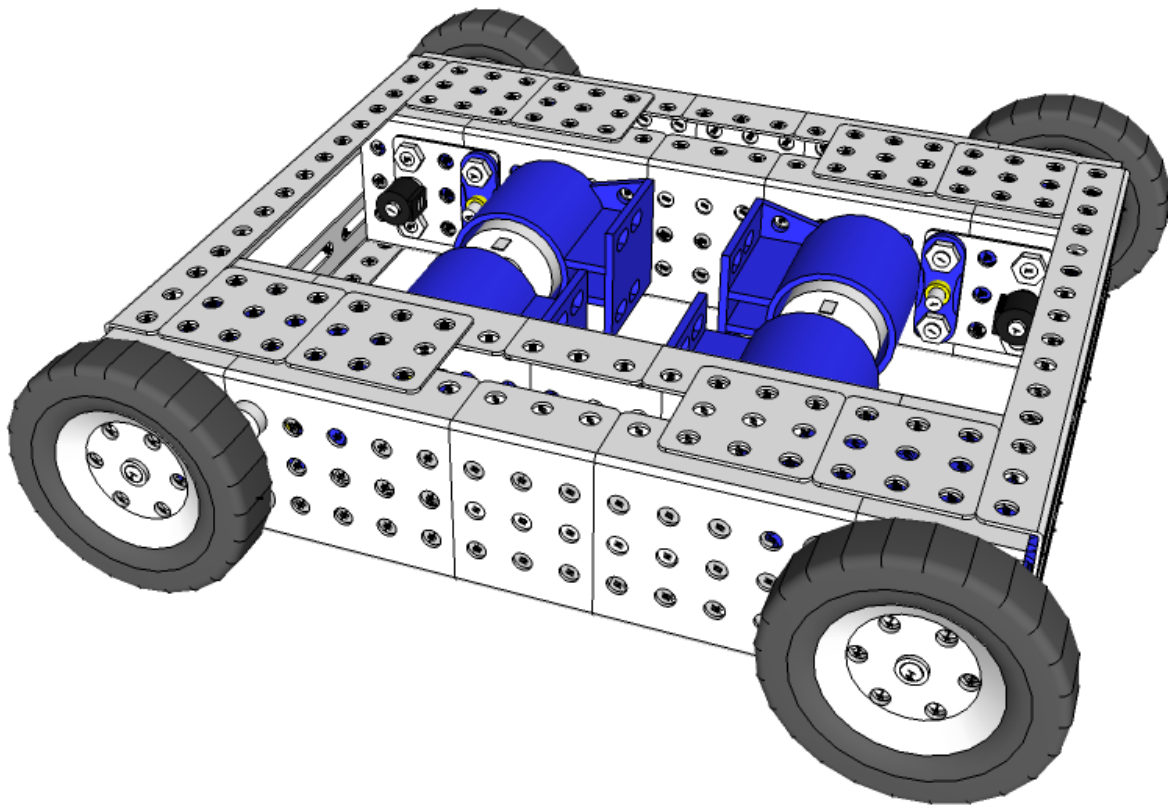
Dálkově řízený průzkumný robot



**Dálkově řízený manipulátor,
varianta Karlova Univerzita**



Inverzní kyvadlo



Platforma 4x4

Použitá literatura

- [1] Studijní materiály firmy Mechatronic Education, s.r.o.
- [2] Štěpánka Nohýnková, Jak se naučit robotiku, Robot revue, magazín ze světa robotiky 02/2011
- [3] <http://www.mechmes.websnadno.cz>
- [3] <http://zpravy.ihned.cz/cesko/c1-54533290-skolou-se-prohani-miniaturni-tank-studentum-staci-mobil-aby-robota-ovladali>