

Vnitřní soutěž 2015

Výukový model pro robotiku - rozšíření, moderní algoritmy v robotice

(VS-15-011)

Příloha k závěrečné zprávě

Autor: Martin Švejda, msvejda@kky.zcu.cz, (korespondenční autor)
Arnold Jáger, arnie87@kky.zcu.cz
Tomáš Čechura, tomek89@kky.zcu.cz

Datum: 27. 1. 2016

Předložený dokument je přílohou závěrečné zprávy projektu Vnitřní soutěž č. VS-15-011 a doplňuje informace uvedené v elektronické verzi závěrečné zprávy projektu uvedené na: <http://obd.zcu.cz>

1. Finanční plán:

V tabulce jsou uvedeny plánované a skutečné náklady projektu:

Položky	Schválená částka [Kč] (původní)	Čerpaná částka [Kč]	Přesunuto (oproti schválené částce) id: [Kč] → kam, id: [Kč] ← odkud
1.1 Mzdy (ve formě osobních příplatků a mimořádné odměny):	32 000	12 510	1: 24 592 → Stipendia 4: 5 102 ← Materiál
1.4 Povinné odvody:	11 010	4 252 (=0.34 * 12 510)	2: 6 758 → Stipendia
1.5 Stipendia:	0	31 350	1: 24 592 ← Mzdy 2: 6 758 ← Pov. odvody
2.1 Materiální náklady:	37 560	79 023	3: 45 375 ← Služby 4: 5 102 → Mzdy 5: 1 185 ← Služby
2.2 Náklady nebo výdaje na služby:	46 560	0	3: 45 375 → Materiál 5: 1 185 → Materiál

Zdůvodnění přesunů:

id	Zdůvodnění
1	Částka překračuje dovolený 50% přesun mezi položkami. Tento neplánovaný přesun finančních prostředků vznikl v závěrečné době řešení projektu, kdy se ukázalo, že finanční prostředky nebude možné v plné výši vyčerpat na mzdy zaměstnanců, neboť byli do projektu zapojeni studenti na katedře kybernetiky a informatiky, kteří projevili o řešenou problematiku zájem. Vzhledem k faktu, že náplní projektu bylo rozšíření již dříve vyvinutého výukového modelu pro robotiku, bylo těmto studentům vyhověno a za odvedenou práci přiděleno odpovídající stipendium. Tato nepříjemná skutečnost bohužel nebyla možná posoudit v okamžiku přípravy projektu a vyřešit v průběhu velmi krátké doby samotného řešení (duben – prosinec 2015).
2	Dopočítaná částka vlivem přesunu 1 (ušetřeno na odvodech)
3	Částka překračuje dovolený 50% přesun mezi položkami. Přesun finančních

	<p>prostředků oproti původnímu plánu byl způsoben finálním zaúčtováním částky 45 375,- Kč do položky 2.1. Materiální náklady. Uvedená částka odpovídá nabídce firmy SmartMotion s.r.o. ke dni 3. 12. 2015 (viz Příloha 1), objednávce ze strany ZČU ke dni 4. 12. 2015 (viz Příloha 2) a následné faktuře ke dni 17. 12. 2015 (viz Příloha 3). Zaúčtování na výsledovku projektu proběhlo dne 23. 12. 2015 (viz Příloha 4). Vzhledem k délce řešení projektu (duben - prosinec 2015) a datu zaúčtování na výsledovku projektu se tento fakt ukázal až při zpracování závěrečné zprávy projektu. Za uvedenou částku 45 375,- Kč však firma SmartMotion s.r.o. dodala následující:</p> <ul style="list-style-type: none">• Vývoj, konstrukční práce, dodávku, montáž a úpravy modelu robotu včetně montáže přepravního boxu vlastní konstrukce a elektroinstalačních prací• Vývoj, konstrukční práce, dodávku a montáž speciálního uchopovače (gripperu) <p>Obě položky není možné (ani částečně) koupit jako hotový výrobek a cena spotřebního materiálu je vzhledem k množství provedených vysoce kvalifikovaných návrhových a konstrukčních prací zanedbatelná. Jedná se tak bezpochyby o služby.</p>
4	Povolený přesun do 50% z nižší částky z přesunovaných položek. Cenu dodaného materiálu nelze přesně dopředu určit a záleží na okamžiku nákupu a nově vzniklých okolnostem při řešení projektu.
5	Povolený přesun do 50% z nižší částky z přesunovaných položek. Cenu služeb nelze přesně dopředu určit a záleží na okamžiku nákupu a nově vzniklých okolnostem při řešení projektu.

2. Věcná náplň

2.1 Zhodnocení přínosu projektu:

V rámci projektu byl rozšířen model dříve vyvinutého robotu pro výukové účely. Plánované rozšíření bylo dáno konstrukční úpravou spočívající v přidání lineární osy manipulátoru, osazení magnetického uchopovače a zabudování celého modelu robotu do kompaktního přepravního boxu (včetně integrace HW komponent řídicího systému). Došlo k odpovídajícímu rozšíření matematického modelu manipulátoru a k úpravě řídicího systému. Dále byly vyvinuty a odzkoušeny algoritmy pro optimalizaci pohybu redundantních robotů a algoritmy pro řízení pohybu robotu na základě zpětné vazby. Celý kompletní model robotu včetně příslušenství představuje hlavní přínos projektu, neboť jej lze použít jako modelový příklad v souvislosti s výukou předmětů týkajících se robotiky a mechatroniky. Díky zcela otevřené architektuře řídicího systému a značné modularitě samotné konstrukce manipulátoru lze snadno demonstrovat základní i pokročilé algoritmy modelování a řízení sériových redundantních robotů jako: kinematické a dynamické modelování, optimalizace pohybu, algoritmy rozpoznávání obrazu a řízení prostřednictvím vizuální zpětné vazby, kalibrace manipulátorů, atd.

2.2 Cíle projektu (popis splnění):

Cíl projektu 1: Konstrukční úpravy manipulátoru

Stávající manipulátor, který byl vyvinut v rámci projektu Vnitřní soutěž 2014 (VS-14-019), byl konstrukčně rozšířen za účelem vytvoření kompletní funkční robotické technologie, která bude jako kompaktní celek sloužit pro výukové účely. Toto konstrukční rozšíření spočívalo v následujících klíčových bodech, viz *Měřitelný výstup 3*:

- Konstrukční rozšíření původního manipulátoru se 3 stupni volnosti (DoF¹) koncového efektoru a 3 rotačními klouby o lineární pojezd (osu), na kterém je umístěn celý manipulátor. Lineární osa byla realizována s využitím kompaktního lineárního pohonu od firmy SCHUNK (kompaktní rotační aktuátor firmy SCHUNK - motor, harmonická převodovka, enkodér, brzda a vestavěná řídicí jednotka a vysoce kvalitní lineární vedení s kuličkovým šroubem od firmy THK), konkrétně typ: PLS 70 200 (s lineárním výsuvem 200mm) a alternativně PLS 70 500 (s lineárním výsuvem 500mm), podrobnosti viz *Měřitelný výstup 3*.
- Konstrukční návrh a realizace uchopovače na koncovém efektoru, uváženy dvě možnosti, a to *magnetický uchopovač* (realizován jako cívka s jádrem řízená jednoduchým elektronickým obvodem za účelem vhodného odpínání - odmagnetování reverzací napětí a připojená na externí výstupy stávajících řídicích jednotek rotačních pohonů EPOS 24/2), dále byla zvážena možnost využití klešťového uchopovače vyrobeného metodou 3D tisku z elastického plastu a aktuovaného prostřednictvím nitinolového drátu (teplotní vnitřní paměť drátu umožňuje jeho zahřátím délkovou dilataci - jednoduchý aktuátor)

¹ DoF (Degrees of Freedom) - počet stupňů volnosti

- Konstrukční návrh a realizace kompaktního mobilního boxu (přenosného rámu) s osazenými dodatečnými čidly (kamery, lankové senzory) a vestavěným silovým a řídicím HW.

Cíl projektu 2: Úpravy matematického modelu manipulátoru a řídicích algoritmů

Součástí cíle projektu byla úprava stávajícího matematického modelu, respektive jeho další rozšíření o přídatnou lineární osu. Virtuální simulační matematický model byl rozšířen prostřednictvím předimplementované knihovny funkčních bloků v prostředí Matlab/Simulink/SimMechanics, viz *Měřitelný výstup 1*. Analogicky byl rozšířen i samotný řídicí systém (řízení manipulátoru v reálném čase) implementovaný prostřednictvím knihoven funkčních bloků v řídicím systému reálného času REX. Podrobnosti a HW implementace řídicího systému je popsána podrobněji viz *Měřitelný výstup 2*.

Cíl projektu 3: Algoritmy vizuální zpětné vazby

K běžnému programovému řízení manipulátoru byla přidána možnost řídit manipulátor na základě obrazové informace. Toto je možné díky propojení řídicího systému s mini počítačem Raspberry Pi 2, ke kterému je připojena jedna nebo více webkamer. Na mini počítači je možné využívat mimo jiné celosvětově rozšířenou knihovnu OpenCV pro vývoj aplikací počítačového vidění. Vznikla tak otevřená platforma, kde je možné vyvíjet, implementovat a testovat celou řadu algoritmů vizuální zpětné vazby s využitím pro optimalizaci řízení manipulátoru. Především algoritmy jako odhad stavu dynamického systému, odhad polohy koncového efektoru manipulátoru, řízení pomocí vizuální zpětné vazby, sensor fusion - využití více senzorů pro zpřesnění.

Integrací s původním řídicím systémem vznikla ucelená technologie robotického manipulátoru s počítačovým viděním. Podrobněji viz *Měřitelný výstup 2*.

Cíl projektu 4: Pokročilé algoritmy řízení (řízení redundantních manipulátorů, optimalizace kinematických parametrů)

Na základě rozšíření původního manipulátoru o lineární pojezd lze kvalifikovat výsledný upravený manipulátor jako manipulátor redundantní: 3 translační stupně volnosti (DoF) koncového efektoru (polohování koncového efektoru v prostoru) a 4 nezávislé aktuátory (1x prizmatický a 3x rotační). V takovém případě je známo, že existuje nekonečně mnoho řešení inverzní kinematické úlohy (pro danou požadovanou polohu koncového efektoru v prostoru existuje nekonečně mnoho odpovídajících poloh kloubů manipulátoru). Takový případ, někdy nazývaný také jako kinematická singularita, lze tak využít k optimalizaci nějakého kritéria (v našem případě celkové energie potřebné k pohybu manipulátoru - odpovídajícím silám/momentům v jednotlivých aktuátorech manipulátoru podél dané trajektorie). Optimalizační algoritmus pohybu manipulátoru je založen na principu dynamické optimalizace a podrobněji popsán viz *Měřitelný výstup 1*.

Cíl projektu 5: Implementace funkčních bloků pro tvorbu matematických modelů manipulátorů

Za účelem možnosti rychlé a modulární implementace virtuálních modelů manipulátorů byly částečně vyvinuty funkční bloky ve formě subsystémů v programovém prostředí Matlab/Simulink/SimMechanics. Současně byly implementovány některé základní algoritmy, které je možné využívat při tvorbě kinematických a dynamických modelů manipulátorů.

Ucelená knihovna funkčních bloků a předimplementovaných funkcí tvoří základní SW prostředek k rychlému vývoji virtuálních simulačních modelů robotů, což je velmi žádoucí např. v případě návrhu a optimalizace vysoce specializovaných robotických architektur. Podrobnější popis řešení viz *Měřitelný výstup 1*.

Cíl projektu 6: Uvedení celé robotické technologie do provozu

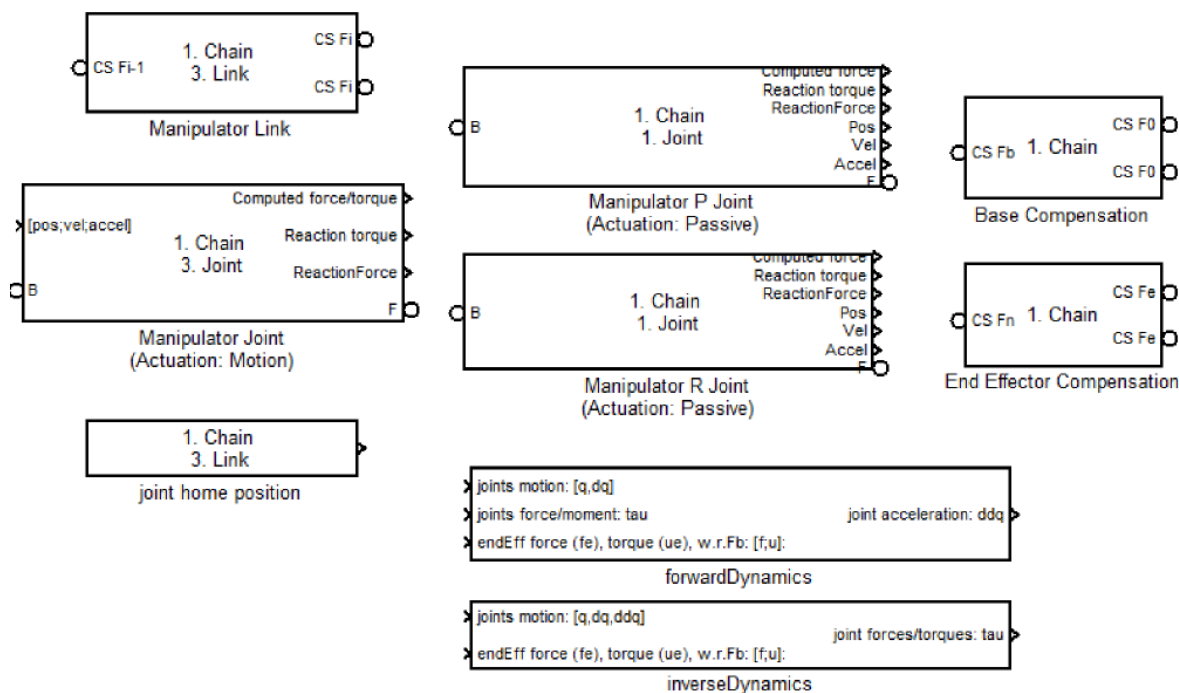
Na základě realizovaných HW úprav (přidání lineární osy, konstrukce magnetického uchopovače a zastavění celého manipulátoru do přenosného rámu s možností osazení přídatných čidel - kamery, lankové enkodery, atd.) byla realizována ucelená robotická technologie. Vzhledem k její modularitě (možnost modulární přestavby jednotlivých ramen manipulátoru, možnost SW modifikace zcela otevřené architektury řídicího systému) a kompaktního zastavění do přenosného rámu byl vyvinut komplexní výukový model formující kompletní robotickou úlohu (pick and place) s možností uživatelské konfigurace. Uživatelé mohou výukový model využít zejména k ověření standardních algoritmů řízení (kinematické, dynamické úlohy) i k pochopení a ověření některých pokročilých algoritmů a postupů (optimalizace pohybu redundantních manipulátorů, kinematická kalibrace, algoritmy vizuální zpětné vazby, atd.). Podrobnější popis vlastností celé robotické technologie - výukového modelu viz *Měřitelný výstup 4*.

2.3 Měřitelné výstupy (popis splnění):

Měřitelný výstup 1: Matematický model rozšířeného manipulátoru pro výukové účely, optimalizace parametrů

V rámci projektu byly dovyvinuty a částečně implementovány funkční bloky, viz Obrázek 1, pro výpočet základních úloh v robotice, jedná se především o:

- Funkční bloky ramena a kloubů jako subsystemy do prostředí Matlab/Simulink/SimMechanics => konstrukce virtuálního modelu samotného manipulátoru. Definice manipulátoru z jednoznačně zadaných parametrů (kinematické parametry ve formě Denavit Hartenbergovy úmluvy, dynamické parametry ve formě hmotností ramen, tensorů setrvačnosti, umístění těžišť).
- Funkční bloky řešící základní úlohy: dopředný geometrický model, dopředný a zpětný dynamický model
- Některé základní algoritmy pro výpočet klíčových vlastností sériových manipulátorů: kinematický jakobián, kompenzace základy a koncového efektoru, atd.
- Dílčí algoritmy pro plánování hladkých trajektorií pohybu koncového efektoru s ohledem na předepsaný průběh tečné rychlosti/zrychlení podél trajektorie.

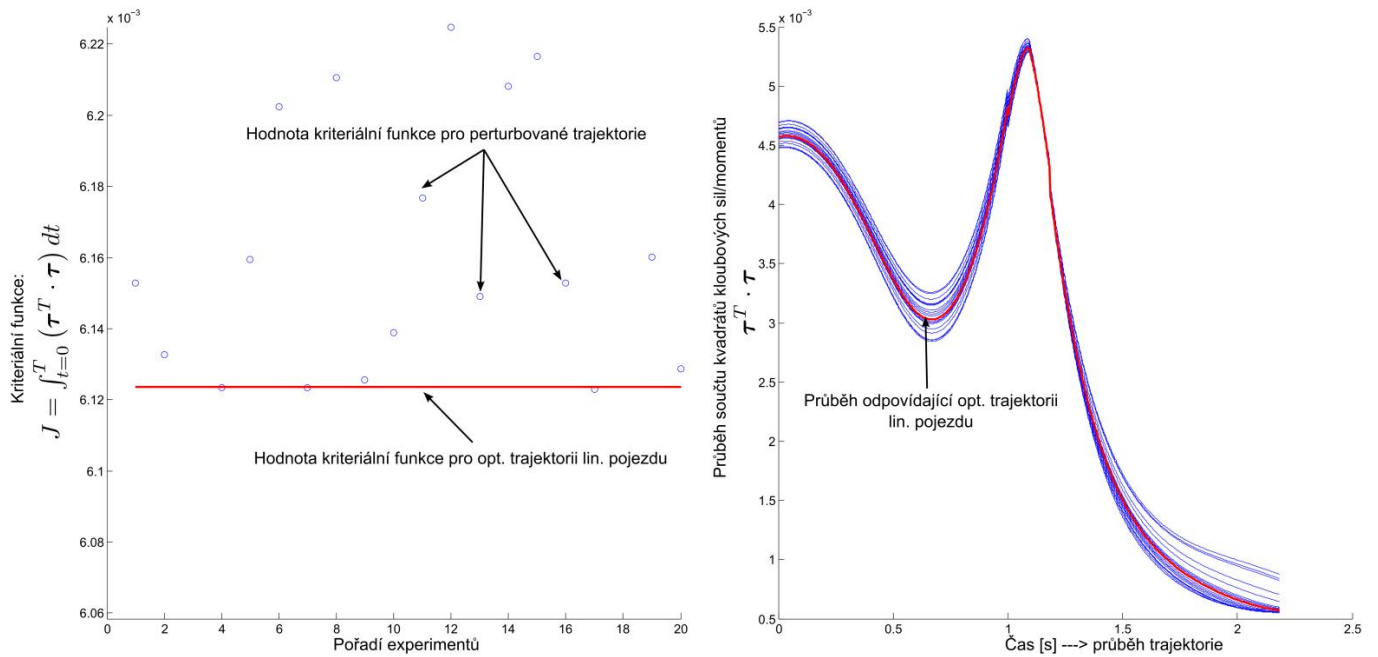


Obrázek 1: Implementované funkční bloky v prostředí SimMechanics

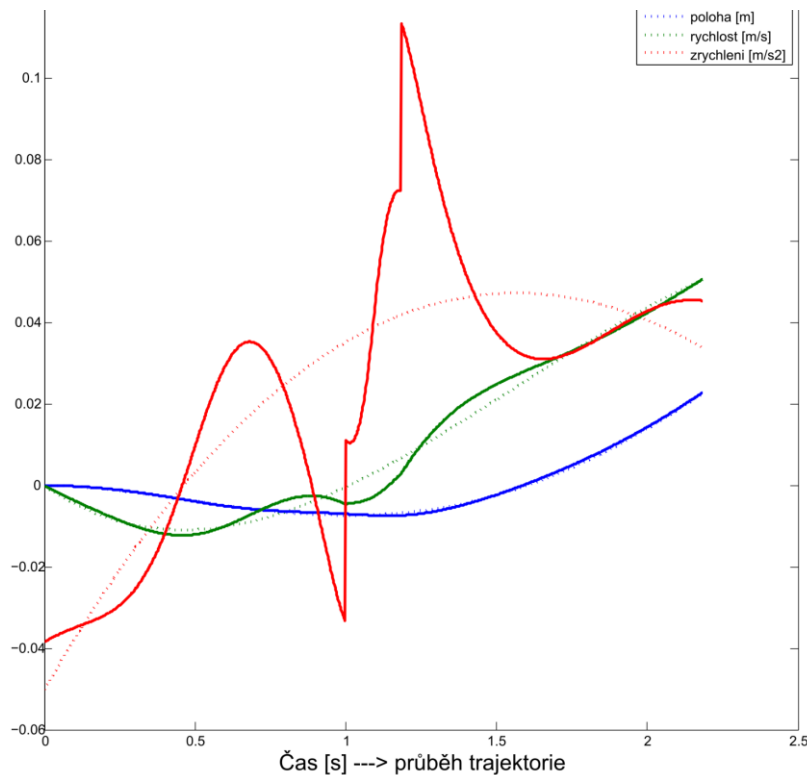
Za účelem využití redundance manipulátoru byl vyvinut algoritmus optimalizace pohybu lineárního pojezdu, kde kritériem optimalizace byl integrál (suma) kvadrátu normy požadovaných sil/momentů podél plánované trajektorie pohybu manipulátoru, což odpovídá výsledné požadované energii potřebné pro pohyb manipulátoru podél plánované trajektorie (plánované trajektorie byla počítána na základě spline kubické interpolace s korekcí feedrate za účelem dodržení předepsaného profilu rychlosti podél trajektorie). Hlavními výstupy algoritmu lze kvalifikovat následovně:

- Definice optimalizační úlohy (kriteriální funkce) prostřednictvím předimplementovaných algoritmů.
- Formulace optimalizační úlohy na základě Hamiltonova principu (Hamiltonovy kanonické rovnice, varianční přístup)
- Metody řešení optimalizační úlohy (odhad řešení prostřednictvím polynomiální aproximace nalezeného řešení, analogie s řešením dvoubodového problému)
- Aplikace navrženého optimalizačního postupu na výpočet pohybu redundantního manipulátoru a ověření (na základě experimentálního ověření)

Výsledky optimalizace jsou shrnuty v následujících obrázcích.



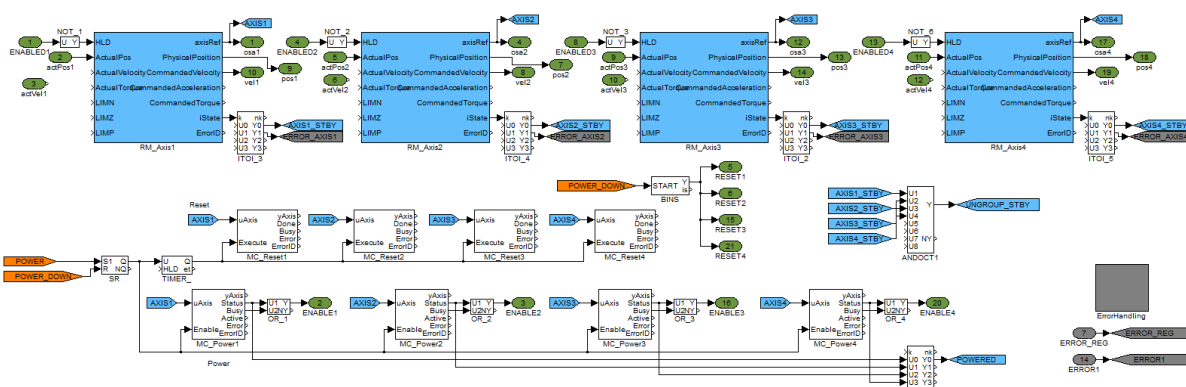
Obrázek 2: Experimentální ověření optimality nalezené trajektorie lineárního pojezdu oproti perturbované optimální trajektorii, hodnota kriteriální funkce odpovídá ploše pod sumou kvadrátů sil/momentů v kloubech manipulátoru podél plánované trajektorie.



Obrázek 3: Průběh polynom. odhadu (čárkovaně) a výsledné optimální trajektorie (poloha, rychlost, zrychlení) lineárního pojezdu podél trajektorie.

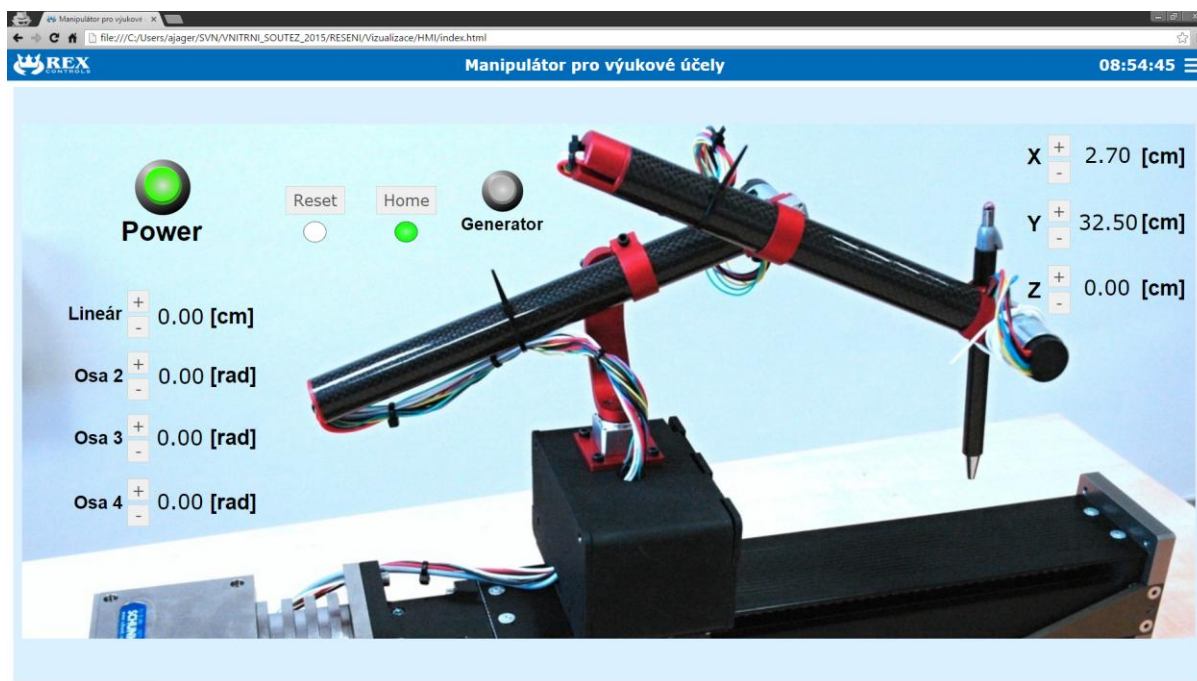
Měřitelný výstup 2: Kompletní řídicí systém včetně algoritmů vizuální zpětné vazby

Řídicí systém výukového modelu byl rozšířen především o správu, řízení a komunikaci s přidaným lineárním pohonem. Komunikace s lineárním pohonem SCHUNK probíhá prostřednictvím protokolu CAN. Naproti tomu stávající komunikace s řídicími jednotkami pohonů Maxon využívá protokol CANopen. Řídicí algoritmy byly rozšířeny o další osu, tzn. další stupeň volnosti manipulátoru. Funkční bloky pro správu a monitoring všech čtyř os manipulátoru jsou znázorněny, viz Obrázek 4. S tím souvisí nutnost odvození a implementace přímé a inverzní kinematické transformace pro redundantní manipulátor. Manipulátor může být polohován dvěma způsoby - v kloubových nebo ve světových souřadnicích. V kloubových souřadnicích je operátorem ovládán každý pohon zvlášť. Zadání pohybu ve světových souřadnicích probíhá polohovými souřadnicemi v prostoru (X, Y, Z) a volitelným parametrem posunutí lineárního pohonu. Tento parametr může být s výhodou použit pro celou škálu optimalizačních úloh.



Obrázek 4: Funkční bloky pro správu a monitoring všech čtyř os manipulátoru

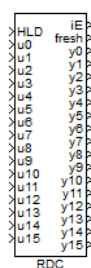
Základní webové uživatelské rozhraní, viz Obrázek 5, bylo vytvořeno pomocí nástrojů RexHMI. Slouží k operátorskému ovládání robotu ve světových a kloubových souřadnicích. Rozhraní je volně rozšiřitelné a konfigurovatelné pro konkrétní potřeby v budoucnosti vyvinutých aplikací studentů.



Obrázek 5: Webové uživatelské rozhraní vytvořené pomocí RexHMI

Přidáním mini počítače Raspberry PI 2 bylo dosaženo podpory pro sběr obrazových dat a zároveň jejich vyhodnocení pomocí algoritmů zpracování digitalizovaného obrazu a algoritmů vizuální zpětné vazby. Čtyřjádrový procesor Broadcom poskytuje dostatečný výpočetní i grafický výkon pro základní algoritmy používané např. pro aplikace pick and place běžící v reálném čase. Minipočítač je připraven pro použití s volně přístupnými knihovnami pro zpracování obrazu OpenCV. Tyto knihovny jsou velmi dobře optimalizovány a připraveny pro reálné použití. Mini počítač společně s připojenou webkamerou může fungovat jako samostatný inteligentní senzor, který do řídicího systému manipulátoru předává již zpracované informace (např. polohu sledovaného objektu).

Komunikace minipočítače s řídicím systémem manipulátoru je možná obousměrně díky použití bloku RDC, viz Obrázek 6, který zajišťuje komunikaci přes UDP protokol. Tím je umožněna koordinace systému pro zpracování obrazu a řídicího systému a jejich vzájemná interakce.



Obrázek 6: RDC blok pro komunikaci přes UDP protokol

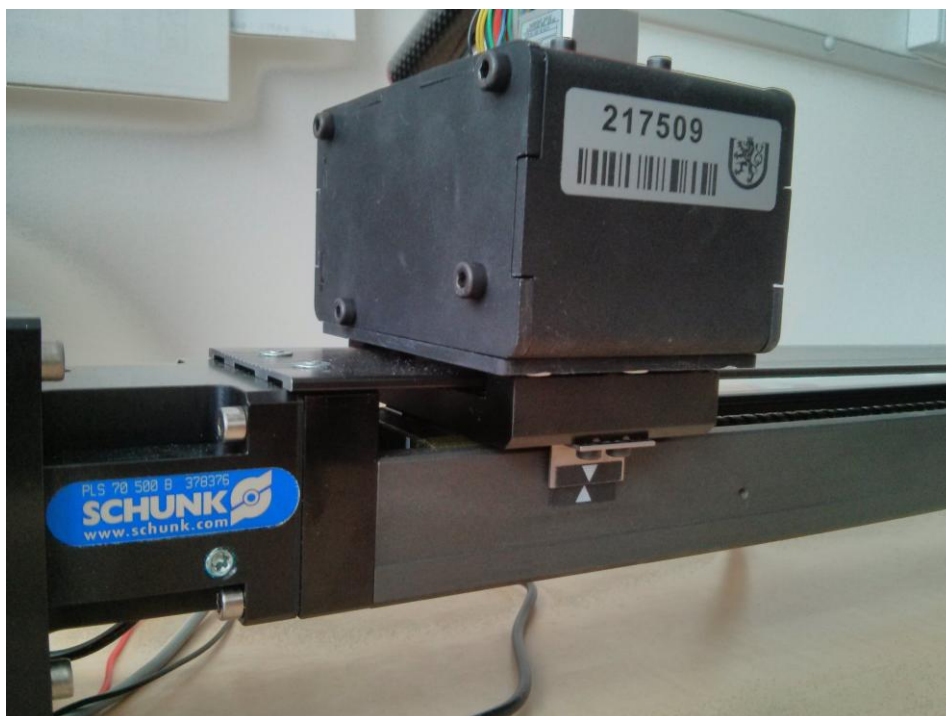
Měřitelný výstup 3: Konstrukčně upravený manipulátor pro výukové účely

Realizace konstrukčně upraveného manipulátoru lze demonstrovat následujícími konstrukčními moduly:

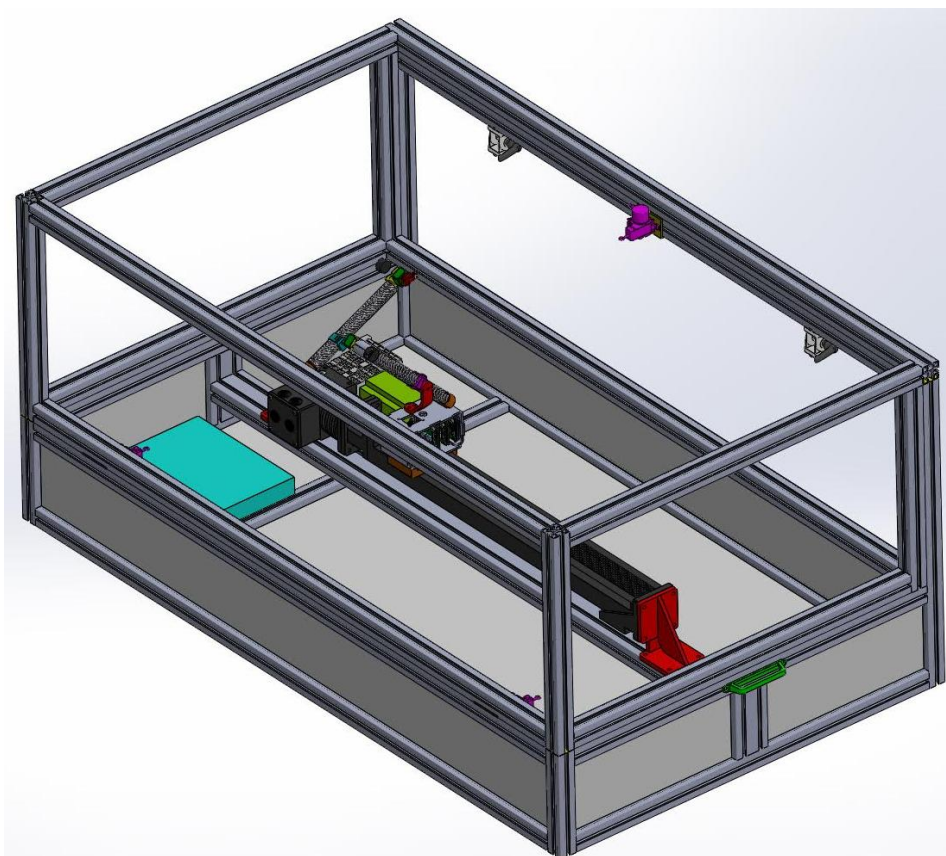
- Základna stávajícího manipulátoru byla upravena tak, aby bylo možné stávající manipulátoru umístit na lineární osu realizovanou řadou kompaktních lineárních pohonů PLS 70 od firmy Schunk. Detail uchycení základny manipulátoru na lineární vedení viz Obrázek 7.

Parametry lineárních pohonů:

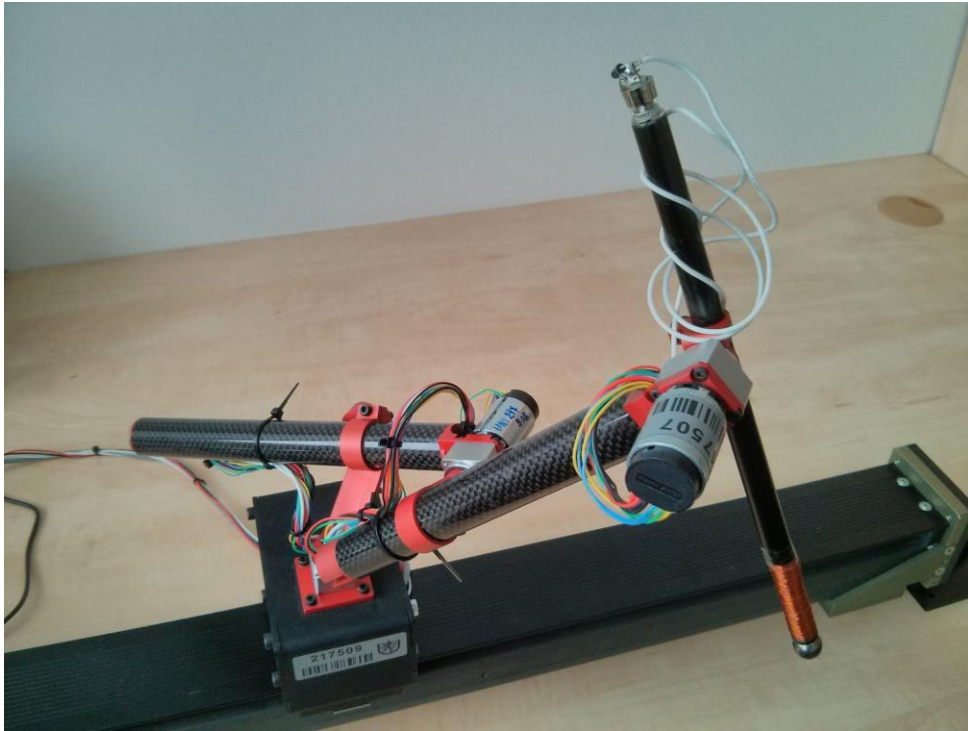
- Lineární výsuv: 0,2 m (typ PLS 70 200); 0,5 m (typ PLS 70 500)
- Maximální rychlost: 0,5 m/s
- Rozlišení enkodéru: 333 inc/mm
- Opakovatelnost: $\pm 0,02$ mm
- Byla navržena konstrukce mobilního boxu, sloužící zároveň jako přepravní box, ale také jako platforma pro konfigurovatelné rozmístění kamer, zejména pro potřeby vizuální zpětné vazby, a lankových snímačů polohy, pro použití například při vývoji a testování kalibračních/auto-kalibračních metod. Součástí boxu je zdroj napájení, řídicí počítač a moduly pro vzdálené vstupy a výstupy. Model boxu viz Obrázek 8.
- Díky modularitě modelu bylo možné zkonstruovat další koncové rameno manipulátoru, jehož součástí je na konci ramene umístěný magnetický uchopovač, viz Obrázek 9. Řídicí obvod tohoto uchopovače je umístěno v základně manipulátoru. Jako ovládání byl použit digitální výstup, který je součástí řídicí jednotky motorů manipulátoru. Využitím stávající komunikace mezi řídicím systémem a řídicími jednotkami motorů je zajištěno požadované ovládání magnetického uchopovače.
- Pro pick and place aplikace nemagnetických předmětů se jako výhodné vzhledem k parametrům manipulátorů jeví použití uchopovače využívající vlastností nitalolového drátu. Ideový náčrt takového uchopovače viz Obrázek 9. Výroba takového typu uchopovače do skončení projektu nebyla zadána.



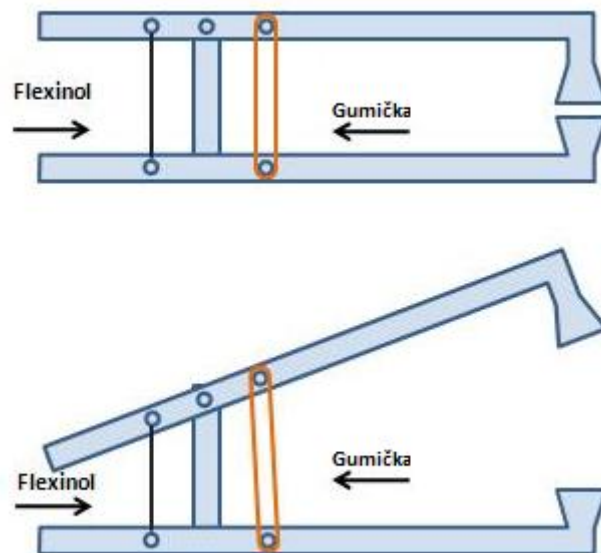
Obrázek 7: Detail uchycení základny manipulátoru na lineární vedení



Obrázek 8: Model mobilního boxu



Obrázek 9: Detail posledního ramene s magnetickým uchopovačem



Obrázek 10: Ideový náčrt uchopovače využívající vlastnosti nitinolového drátu (Flexinol)

Měřitelný výstup 4: Ucelená robotická technologie pro aplikaci pick and place

Výstupem ucelené robotické technologie je komplexní výuková pomůcka ve výuce předmětů mechatroniky, robotiky a řízení pohybu, jejíž HW a SW konfigurace lze měnit a dovoluje tak realizovat následující úlohy:

- Návrh a testování kinematických úloh sériových manipulátorů (konfigurovatelná geometrie ramen)
- Implementace základních i pokročilých algoritmů řízení do otevřeného řídicího systému reálného času

- Možnost vývoje a zkoušení algoritmů vizuální zpětné vazby (kamery osazené přímo na mobilním rámu) - např. sledování pohybu, sensor fusion, visual servoing, apod.
- Možnost vývoje a zkoušení kalibračních/ autokalibračních algoritmů (proměnná konstrukce manipulátoru, kamery, lankové senzory umístěny přímo na mobilním rámu)
- Manipulátor osazen uchopovačem - demonstrace úloh typu "pick and place".
- Kompaktní provedení celé technologie - vestavěno v kompaktním rámu (včetně řídicího a silového HW), možnost snadného transportu.
- Pilotní úloha: demonstrace aplikace pick-and place (házání kovovou kuličkou na cíl)

3. Přílohy

- **Příloha 1:** Nabídka firmy SmartMotion s.r.o. ke dni 3. 12. 2015


NABÍDKA
ke dni **3. 12. 2015**

Odběratel: ZČU v Plzni, FAV Katedra kybernetiky Univerzitní 8, Plzeň IČO: 49777513 DIČ: CZ-49777513 Kontaktní osoba: Ing. Martin Švejda tel.: +420 377 632 517 mobil: +420 604 338 626 e-mail: msvejda@kky.zcu.cz	Dodavatel: SmartMotion s.r.o. Teslova 1242/5c Plzeň 301 00 IČO: 29114594 DIČ: CZ29114594 Plátci DPH: ANO Kontakt: Petr Barták pbartak@smart-motion.cz +420 728 455 031
--	--

Předmět nabídky:
Úprava robotického pracoviště 4-osého ukázkového robota, jeho umístění do montovaného hliníkového rámu, zakrytování a vybavení mechanickým úchopovým zařízením.

• Návrh, dodávka a montáž hliníkového rámu:	18 000Kč
• Krytování rámu dle požadavků zadavatele:	7 000Kč
• Rozvaděč :	1 500Kč
• Elastický gripper poháněný nitinovým drátem:	11 000Kč

Celková cena: 37 500 Kč bez DPH

SmartMotion s.r.o.,
Teslova 1242/5c, Plzeň, PSČ 301 00
Plátce DHP: Ano

www.smart-motion.cz, info@smart-motion.cz
IČO: 29114594 DIČ: CZ29114594

C 25842 vedená u rejstříkového soudu v Plzni

N a b í d k a

- **Příloha 2: Objednávka ZČU ze dne 4. 12. 2015**

OBJEDNÁVKA 5211/0094/15

Objednatel:  IČO: 49777513 DIČ: CZ49777513 Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní 8 Plzeň 306 14 Plzeň	Dodavatel: IČO: 29114594 DIČ: CZ29114594 SmartMotion s.r.o. Teslova 1242/5c Plzeň 301 00 Plzeň
---	--

Konečný příjemce:
 NTIS - Ing. Švejda Martin
 Tel.37763 2517
Datum vystavení: 04.12.2015**Datum dodání:** 17.12.2015**Forma dopravy:**

Faktury zasílejte výhradně na adresu objednatele !
 Cena za dodávku bude uhrazena jen na základě faktury s uvedením čísla objednávky.
 ZÁLOHOVÉ FAKTURY A PLATBY PŘEDEM NEMŮŽEME AKCEPTOVAT!
 Splatnost faktury požadujeme minimálně 21 dnů.
 Objednáváme u Vás dle cenové nabídky ze dne 3.12.2015:

Množství MJ	Název položky	Částka celkem
	Konstrukční úpravy manipulátoru dle nabídky ke dni 3.12.2015	45 375,00

Celková cena s DPH: 45 375,00 Kč

V případě upřesnění dodávky zboží kontaktujte konečného příjemce!

 Vyřizuje : Marie Krejčíková
 Telefon : 37763 1322

e-mail krejciko@ps.zcu.cz

Razítko a podpis:

 Západočeská univerzita v Plzni
 Provoz a služby


Příloha 3: Faktura SmartMotion ze dne 17. 12. 2015

SmartMotion s.r.o.

FAKTURA - DAŇOVÝ DOKLAD č. 150100021

Dodavatel: SmartMotion s.r.o. Teslova 1242/5c 301 00 Plzeň 1  IČ: 29114594 DIČ: CZ29114594 Mobil: 602329885 E-mail: jbartak@smart-motion.cz		Variabilní symbol: 150100021 Konstantní symbol: 0308 Objednávka č.: 5211/0094/15 ze dne: 17.12.2015																																																									
Číslo účtu: 43-8830000217 0100		Odběratel: IČ: 49777513 DIČ: CZ49777513 Západočeská univerzita v Plzni Univerzitní 8 301 00 Plzeň 1																																																									
Datum vystavení: 17.12.2015 Datum splatnosti: 07.01.2016 Datum uskutečnění plnění: 17.12.2015 Forma úhrady: příkazem		Konečný příjemce:  <small>DR platba</small>																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Označení dodávky</th> <th>Množství</th> <th>J.cena</th> <th>Sleva</th> <th>Cena %DPH</th> <th>DPH</th> <th>Kč Celkem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="7">Fakturuje Vám zboží dle Vaší objednávky:</td> </tr> <tr> <td>Návrh, dodávka a montáž hliníkového rámu</td> <td>1</td> <td>18 000,00</td> <td></td> <td>18 000,00 21%</td> <td>3 780,00</td> <td>21 780,00</td> </tr> <tr> <td>Krytování rámu dle požadavků zadavatele</td> <td>1</td> <td>7 000,00</td> <td></td> <td>7 000,00 21%</td> <td>1 470,00</td> <td>8 470,00</td> </tr> <tr> <td>Rozvaděč</td> <td>1</td> <td>1 500,00</td> <td></td> <td>1 500,00 21%</td> <td>315,00</td> <td>1 815,00</td> </tr> <tr> <td>Elastický gripper poháněný nítinolovým drátem</td> <td>1</td> <td>11 000,00</td> <td></td> <td>11 000,00 21%</td> <td>2 310,00</td> <td>13 310,00</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Součet položek</td> <td>37 500,00</td> <td>7 875,00</td> <td>45 375,00</td> </tr> <tr> <td colspan="6">CELKEM K ÚHRADĚ</td> <td>45 375,00</td> </tr> </tbody> </table>				Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	Cena %DPH	DPH	Kč Celkem	Fakturuje Vám zboží dle Vaší objednávky:							Návrh, dodávka a montáž hliníkového rámu	1	18 000,00		18 000,00 21%	3 780,00	21 780,00	Krytování rámu dle požadavků zadavatele	1	7 000,00		7 000,00 21%	1 470,00	8 470,00	Rozvaděč	1	1 500,00		1 500,00 21%	315,00	1 815,00	Elastický gripper poháněný nítinolovým drátem	1	11 000,00		11 000,00 21%	2 310,00	13 310,00	Součet položek				37 500,00	7 875,00	45 375,00	CELKEM K ÚHRADĚ						45 375,00
Označení dodávky	Množství	J.cena	Sleva	Cena %DPH	DPH	Kč Celkem																																																					
Fakturuje Vám zboží dle Vaší objednávky:																																																											
Návrh, dodávka a montáž hliníkového rámu	1	18 000,00		18 000,00 21%	3 780,00	21 780,00																																																					
Krytování rámu dle požadavků zadavatele	1	7 000,00		7 000,00 21%	1 470,00	8 470,00																																																					
Rozvaděč	1	1 500,00		1 500,00 21%	315,00	1 815,00																																																					
Elastický gripper poháněný nítinolovým drátem	1	11 000,00		11 000,00 21%	2 310,00	13 310,00																																																					
Součet položek				37 500,00	7 875,00	45 375,00																																																					
CELKEM K ÚHRADĚ						45 375,00																																																					
Vystavil: 																																																											
zapsaná v DR vedeném Krajským soudem v Plzni, oddíl C, vložka 25842 Dovolujeme si Vás upozornit, že v případě nedodržení data splatnosti uvedeného na fakturě Vám budeme účtovat úrok z prodlení v dohodnuté, resp. zákonné výši a smluvní pokutu (byla-li sjednána).																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rekapitulace DPH v Kč :</th> <th>Základ v Kč</th> <th>Sazba</th> <th>DPH v Kč</th> <th>Celkem s DPH v Kč</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0,00</td> <td>0%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,00</td> <td>10%</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,00</td> <td>15%</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>37 500,00</td> <td>21%</td> <td>7 875,00</td> <td>45 375,00</td> </tr> </tbody> </table>				Rekapitulace DPH v Kč :	Základ v Kč	Sazba	DPH v Kč	Celkem s DPH v Kč		0,00	0%				0,00	10%	0,00	0,00		0,00	15%	0,00	0,00		37 500,00	21%	7 875,00	45 375,00																															
Rekapitulace DPH v Kč :	Základ v Kč	Sazba	DPH v Kč	Celkem s DPH v Kč																																																							
	0,00	0%																																																									
	0,00	10%	0,00	0,00																																																							
	0,00	15%	0,00	0,00																																																							
	37 500,00	21%	7 875,00	45 375,00																																																							
Převzal:		Razítko:																																																									

Příloha 4: Výsledovka po účtech s pohyby za zakázku (projekt VS-15-011)

Západočeská univerzita v Plzni

List: 1

Výsledovka po účtech s pohyby za zakázku (projekt)

Za období: 1/2015 - 12/2015
 Fakulta: 52 Fakulta aplikovaných věd
 Zakázka: 1802 VS-15-011 Prof.Schlegel
 Součtování: po činnostech

Doklad	Ze dne	Částka v Kč	Popis
1180 Rozvojové programy			
Náklady			
501 Spotřeba materiálu			
501 013 Spotřeba DHM nad 1000,- Kč			
MAJ/5201/0013/15	12.08.2015	3 686,00	000228455 Řídící jednotka RPI2 REXS PA Raspbe
MAJ/5201/0016/15	10.09.2015	6 921,20	000228835 Tablet - ASUS EEE Pad TF303K
MAJ/5201/0017/15	02.10.2015	8 742,00	000228898 Komunikační modul PCAN-USB
MAJ/5201/0033/15	23.12.2015	32 065,00	000230568 Přepravní robotický box
501 013		51 414,20	
501 024 Elektromateriál a kovomateriál			
ZAV/5215/0260/15	30.06.2015	8 878,00	Elektroinstalační materiál dle přílohy.
501 024		8 878,00	
501 025 Technické zhodnocení DHM do 40 000 Kč			
MAJ/5201/0016/15	10.09.2015	1 355,20	000214876 Kamera - Creative WebCam
MAJ/5201/0016/15	10.09.2015	1 355,20	000217507 Kamera - Creative WebCam
MAJ/5201/0016/15	10.09.2015	1 355,20	000217508 Kamera - Craative WebCam
MAJ/5201/0016/15	10.09.2015	1 355,20	000217509 Kamera - Craative WebCam
MAJ/5201/0033/15	23.12.2015	13 310,00	000217507 Elastický grípper
501 025		18 730,80	
501 Obrat účtu		79 023,00	
521 Mzdové náklady			
521 110 Mzdy vlastní			
MZD/5201/0011/15	09.12.2015	8 700,00	Mzdy 2015/11
MZD/5201/0012/15	08.01.2016	3 810,00	Mzdy 2015/12
521 110		12 510,00	
521 Obrat účtu		12 510,00	
524 Zákonné sociální pojištění			
524 011 Zákonné zdravotní pojištění			
MZD/5201/0011/15	09.12.2015	783,00	Mzdy 2015/11
MZD/5201/0012/15	08.01.2016	342,00	Mzdy 2015/12
524 011		1 125,00	
524 012 Zákonné sociální pojištění			
MZD/5201/0011/15	09.12.2015	2 175,00	Mzdy 2015/11
MZD/5201/0012/15	08.01.2016	952,00	Mzdy 2015/12
524 012		3 127,00	
524 Obrat účtu		4 252,00	
549 Jiné ostatní náklady			
549 126 Stipendia na výzkum, vývoj a inovaci			
MAN/5201/0013/15	13.10.2015	6 000,00	VVal .stíp. 10/2015
MAN/5201/0016/15	09.12.2015	25 350,00	VaV stíp. 12/2015
549 126		31 350,00	
549 Obrat účtu		31 350,00	
Náklady celkem:		127 135,00	

Západočeská univerzita v Plzni

List: 2

Výsledovka po účtech s pohyby za zakázku (projekt)

Doklad	Ze dne	Částka v Kč	Popis
Výnosy			
691 Provozní dotace			
691 008 Příspěvek ze SR ČR			
MAN/5210/0024/15	13.04.2015	127 135,00	Vnitřní soutěž IP - FAV
691 008		127 135,00	
691 Obrát účtu		127 135,00	
Výnosy celkem:		127 135,00	
1180 Hospodářský výsledek:		0,00	