

# MPO TRIO

## Název projektu:

Výzkum a vývoj pokročilé kolaborativní robotické platformy a její aplikace ve výrobě elektronických komponent

(FV 10044)

Poloprovoz

## Prototypové pracoviště s kolaborativním robotem vlastního vývoje (Technická a uživatelská dokumentace)

Martin Švejda (ZČU), Tomáš Čechura (ZČU), Vlastimil Šetka (ZČU), Arnold Jáger (ZČU), Ondřej Severa (ZČU), Petr Barták (SM), Jiří Barták (SM), Ondřej Houra (SM), Antonín Boublerle (IMI), Vojtěch Vambra (IMI)

31. prosince 2019



MINISTERSTVO  
PRŮMYSLU A OBCHODU

## Identifikátor účastníka projektu:

ZČU: Západočeská univerzita v Plzni, IMI: Integrated Micro-Electronics Czech Republic s.r.o.,

SM: SmartMotion s.r.o.

## Popis úkolu z přihlášky projektu

[Zpolop] Kompletní řešení obsluhy určeného pracoviště v reálném provozu prostřednictvím vlastního vyvinutého kolaborativního robotu včetně komunikace robotu s obsluhovaným pracovištěm. Pokročilý systém vizualizace a operátorského programování robotu intuitivní cestou.

## Úvod

Pilotní aplikace byla definována hlavním řešitelem projektu IMI. Pilotní aplikace vychází z prototypového pracoviště vyvinutého v IMI, viz Kapitola “Automatický ICT Handler”.

V rámci projektu byl vyvinutý kolaborativní robot [2, 4] využit jako náhrada za komerčně nasazený robot firmy Universal Robots (model UR5). Zprávy o testování vyvinutého kolaborativního robotu před nasazením do pilotní aplikace jsou dány Protokoly o zkoušce prototypu [1, 3].

## Automatický ICT Handler

### Motivace

ICT/FCT testování PCB je ve výrobě IMICZ prováděno převážně na off-line manuálních pracovištích s jedním operátorem dedikovaným pro obsluhu každé fixtury. Tento stav přináší některé negativní efekty, zejména vysoké náklady na pracovní sílu a četnost quality incidentů jako je mechanické poškození dílů při manuálním handlingu nebo záměna/nesprávné založení OK a NOK dílů.

Navržené automatické řešení má za cíl eliminovat lidský prvek při handlingu a třídění dílů jakož i ovládání fixtur při unifikovaném designu který bude možné s minimálními úpravami aplikovat na jakoukoliv současnou i budoucí produkci.

### Aplikace

Základem pracoviště je kolaborativní robot UR5, jehož kontrolér zároveň zajišťuje řízení veškerých přidaných pneumatických a elektrických prvků včetně světelné signalizace. Celé pracoviště je fixováno do platformy opatřené pojezdy tak aby bylo možné ho podle potřeby přesouvat po ploše haly bez nutnosti následné kalibrace. Všechny pohyblivé prvky a senzory jsou navrženy s ohledem na kolaborativnost a lze tedy zařízení provozovat bez ochranné klece.



Obrázek 1: Automatický ICT Handler

Robot nabírá PCB ze vstupních zásobníků (4 magaziny CAB, celková kapacita 250ks), zakládá do dvou původně manuálních fixtur opatřených automatickým ovládním víka, odebírá otestovaná PCB a podle výsledku testu přesouvá OK kusy do výstupních zásobníků (stejný počet a typ jako na vstupu) a NOK kusy zpět do vstupních zásobníků. Návrh pracoviště počítá s možností budoucí integrace automatického značení otestovaných PCB.

### Klíčové prvky

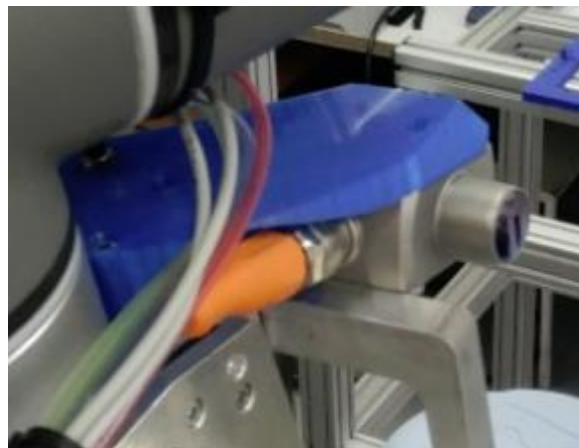
*Universální gripper* – Pneumatické aktuátory a lineární pojezdy pro úchop PCB (pcb drženo v oblasti technologického okraje) a nastavení rozvoru kdy se gripper přizpůsobí detekovanému typu PCB (v současné konfiguraci je pracoviště kompatibilní s 12ti typy PCB), geometrie čelistí je optimalizována pro dosah do všech slotů zásobníku.

Universální gripper je vlastním vývojem řešitele IMI.



Obrázek 2: Universální gripper

*Laserový dálkoměr* – umístěn na gripperu. Pracovní cyklus začíná pohybem robota před zásobníky ve směru Z při kterém dochází k detekci přítomnosti PCB v každém slotu a změření charakteristického rozměru. Z naměřených hodnot software identifikuje obsazené sloty a typy PCB vložené v jednotlivých zásobnících. Následně provede nastavení gripperu a zvolí strategii handlingu. Není tedy potřeba jakéhokoliv manuálního vstupu při změně typu PCB.



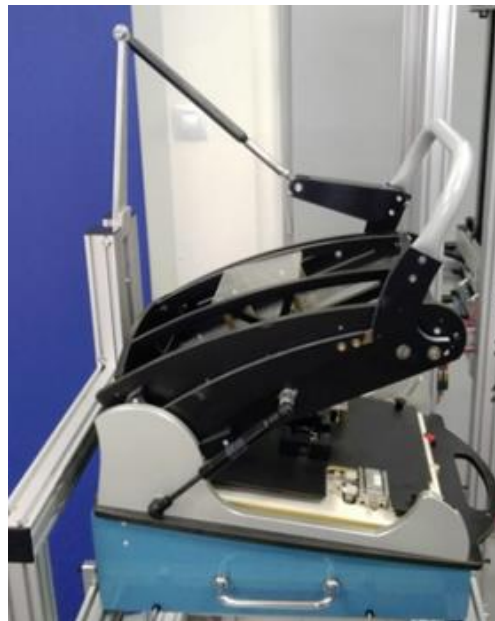
Obrázek 3: Laserový dálkoměr

*PCB alignment* – Vstupní zásobníky jsou opatřeny pneumaticky ovládaným otočným ramenem, které před začátkem pracovního cyklu zajede do zásobníku z vnější strany a srovná všechna vložená PCB do stejné polohy v ose Y, což umožní následné měření a identifikaci typu. Zároveň je zajištěno spolehlivé uchopení PCB gripperem. Mechanismus je optimalizován pro bezpečnost při kolaboraci.



Obrázek 4: PCB alignment

*Automatické ovládání víka fixtury*- původně manuální ovládání víka je automatizováno připojením pákového mechanismu s pneumatickým válcem a hydraulickým tlumičem tak aby nebylo nutné provádět úpravy na vlastní fixtuře. Mechanismus je optimalizován pro bezpečnost při kolaboraci, tak aby svěrná síla mezi víkem a tělem fixtury při maximálním provozním tlaku nepřesáhla 100N.



Obrázek 5: Automatické ovládání víka fixtury

*Bezpečnostní area scanner* – Scanner SX5 je umístěn ve výšce 350 mm nad zemí a v rámci kruhové výseče 275° monitoruje při provozu přístupové cesty k pracovišti. OSSD výstupy scanneru jsou připojeny do bezpečnostní patice kontroléru. Je-li detekováno přiblížení k bezpečnostnímu perimetru, dojde ke zpomalení pohybu robota a signalizaci nebezpečí blikáním červeného majáku. Je-li detekováno narušení bezpečnostního perimetru dojde k okamžitému zastavení robota a rozsvícení červeného majáku.

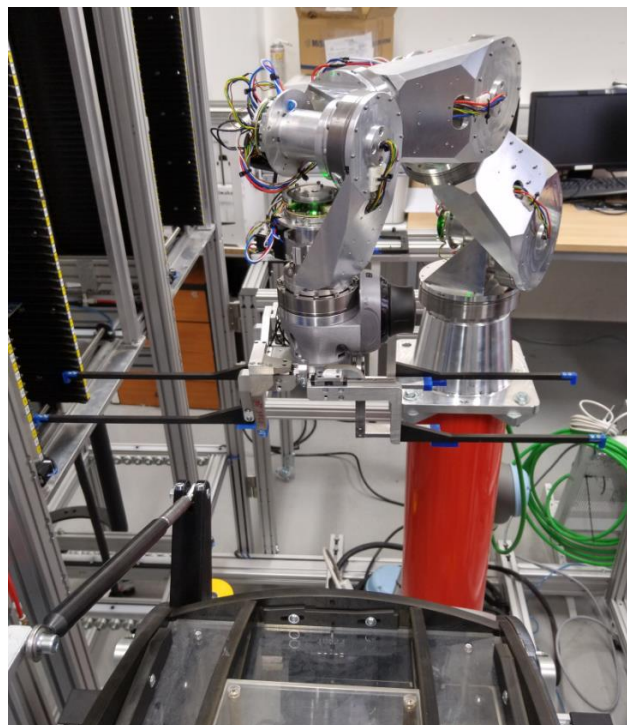


Obrázek 6: Bezpečnostní scanner



## Nasazení vyvinutého kolaborativního robotu do pilotní aplikace

Vyvinutý kolaborativní robot byl nasazen místo robotu UR5 do rámu pilotní aplikace ICT Handler. Instalace je popsána na následujících obrázcích. Testované režimy jsou sumarizovány v Tabulce 1.

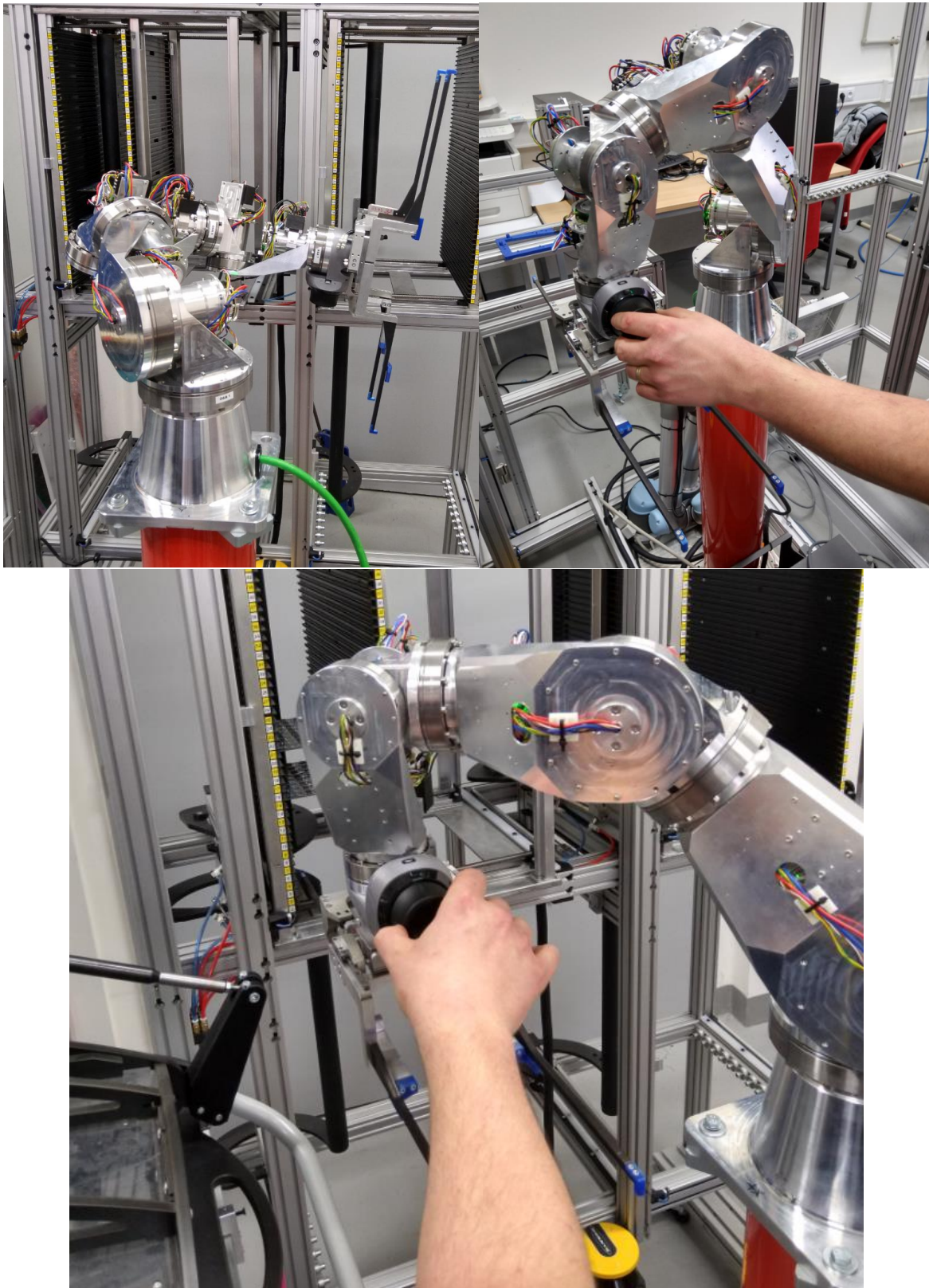


Obrázek 7: Instalovaný kolaborativní robot v aplikaci ICT Handleru



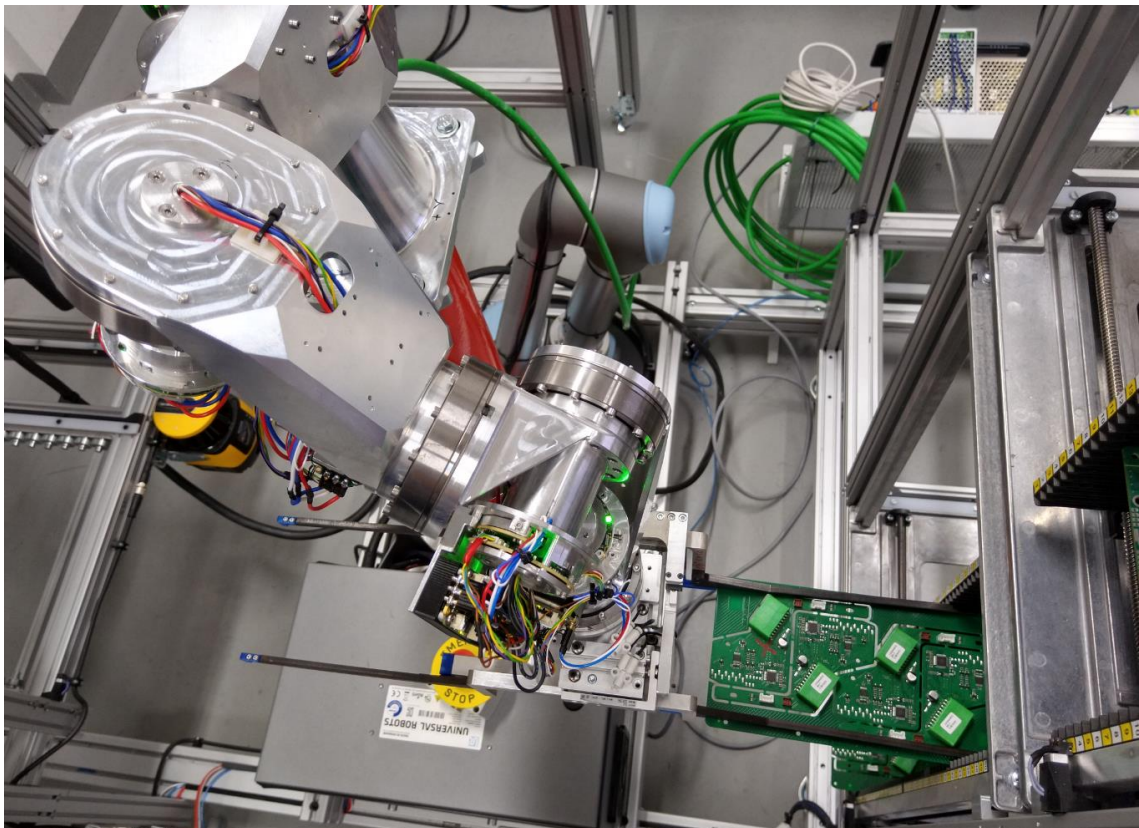
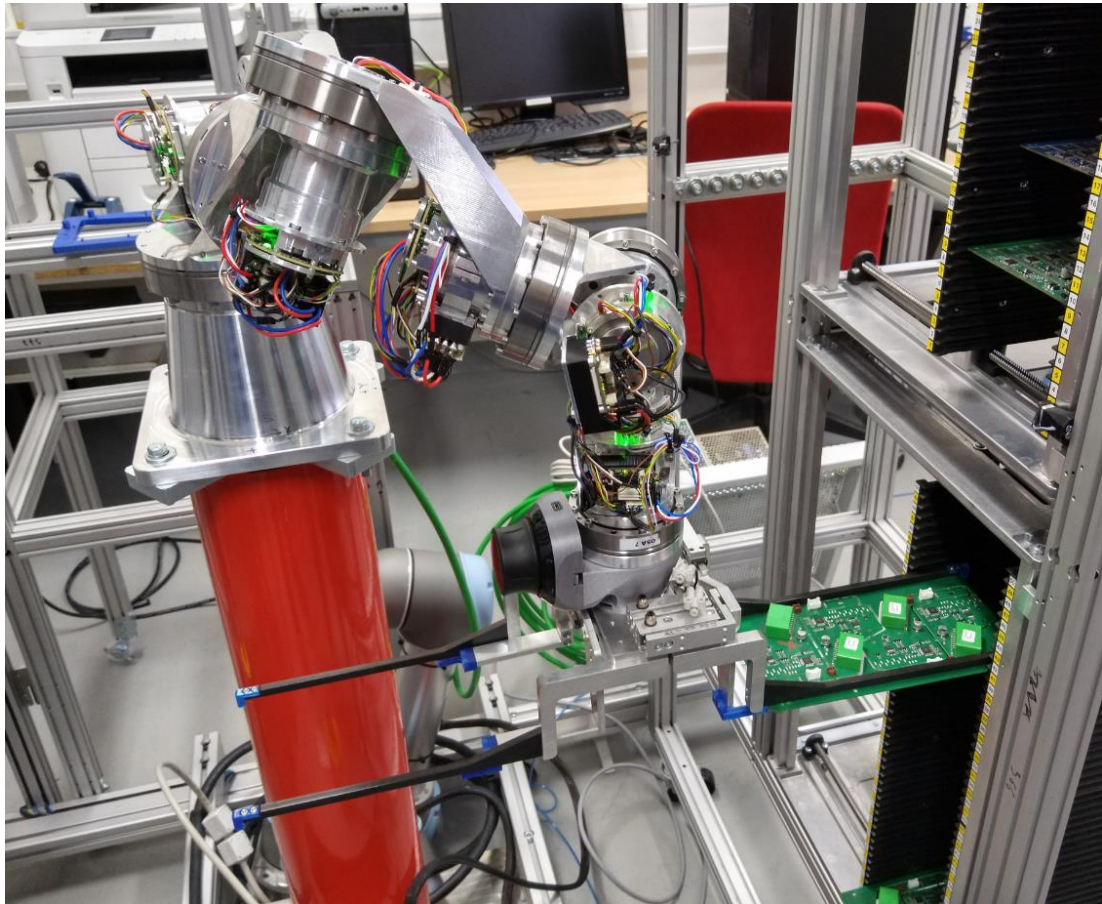
Testovaný režim	Výsledek testování	Odkaz na Fotodokumentaci
Operátorské navádění robotu	Funkční osový JOG Funkční koordinovaný JOG (World, Tool) Funkční Hand-guidance (precizní navádění za rukou) Funkční auto-align režim	Obrázek 8
Obsluha Magazínu (zakládání/ odebírání)	Funkční v ručním navádění Funkční v automatickém provozu (nutné korekce) Problém s dosahem do všech pozic - principiálně akceptovatelné (aplikace prioritně uzpůsobena na dimenze UR5) - lze řešit přestavbou aplikace (modifikovatelné)	Obrázek 9
Obsluha Testeru (zakládání/ odebírání)	Funkční v ručním navádění Funkční v automatickém provozu (nutné korekce)	Obrázek 10

Tabulka 1: Testované režimy pohybu kolaborativního robotu v aplikaci ICT Handleru



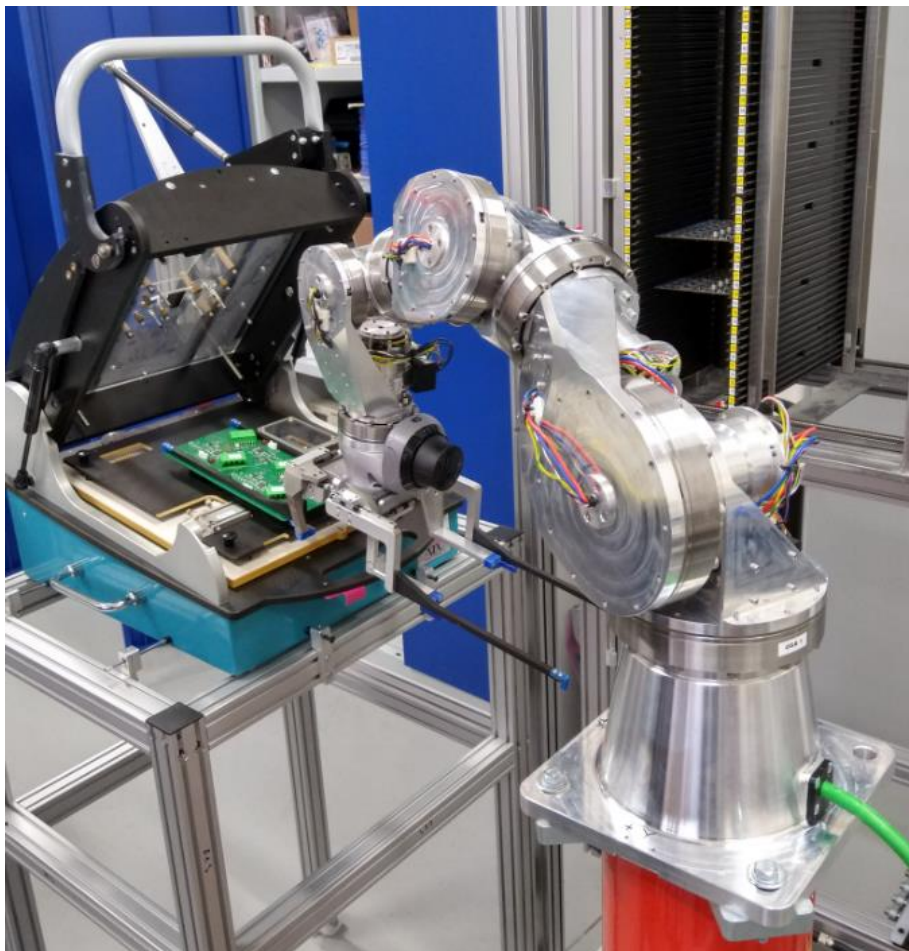
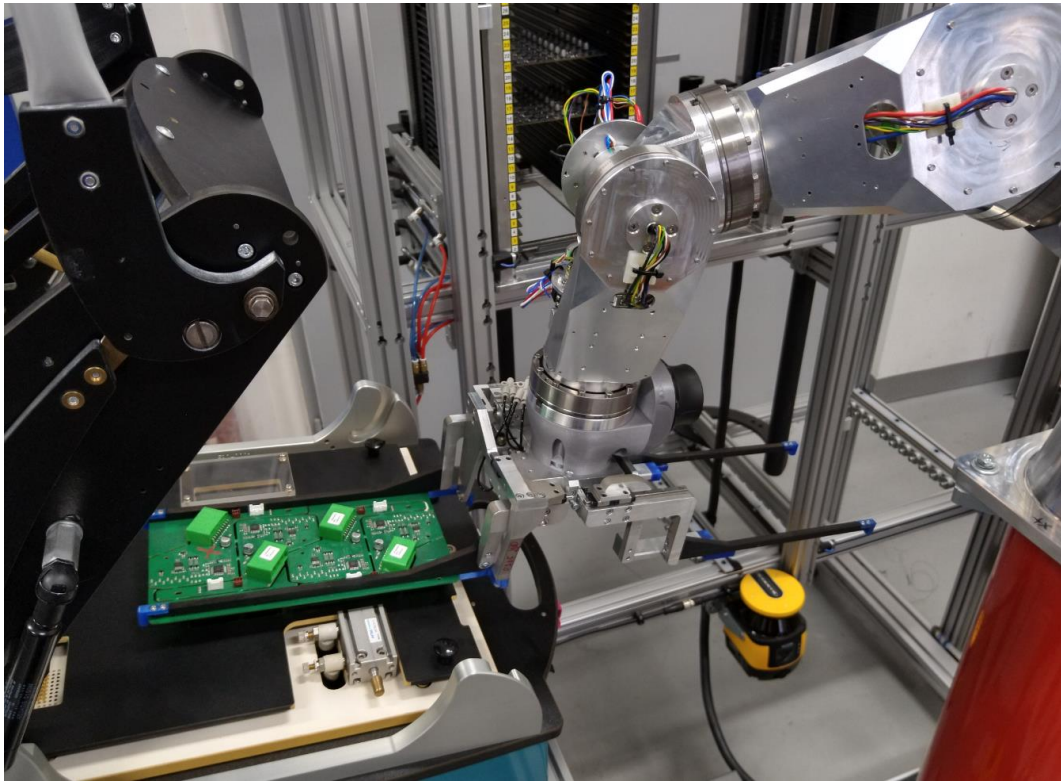
Obrázek 8: Operátorské navádění robotu (koordinovaný JOG, Hand-guidance režim)





Obrázek 9: Obsluha Magazínu (zakládání/vyjímání)





Obrázek 10: Obsluha Testeru (zakládání/vyjímání)

## Porovnání vyvinutého kolaborativního robotu s komerčními řešeními

Existuje celá řada komerčních řešení kolaborativních robotů, např.

- <https://www.cobottrends.com/cobot-comparison-tool/>
- [https://cobotsguide.com/sp\\_faq/cobot-comparison-chart/](https://cobotsguide.com/sp_faq/cobot-comparison-chart/)
- <https://www.coboticworld.com/cobots-list/>
- atd.),

nicméně relevantní srovnání je velmi obtížné, neboť řada poskytnutých technických informací je buď neúplná nebo zavádějící.

Z uvedeného důvodu můžeme relevantně porovnávat pouze takové modely kolaborativních robotů, které je možné systematicky otestovat. Ve spolupráci řešitele ZČU a IMI bylo možné otestovat následující modely:

- **Baxter robot** dodávaný firmou Rethink Robotics
- **Robot UR3** dodávaný firmou Universal Robots
- **Robot LWA 4D** dodávaný firmou SCHUNK

Tabulka 2 shrnuje porovnání zkoumaných parametrů robotů.

	Komerční řešení			Vyvinutý robot
Parametr	SCHUNK LWA 4D	UR 3	Baxter	
<b>Obecné</b>				
Nosnost	4 kg	3 kg	2.2 kg	2.5 kg
Hmotnost	18 kg	11 kg	165 kg	18 kg
Dosah	1000 mm	500 mm	1210 mm (dvě ramena)	800 mm
Počet os (kloubů)	7	6	2 x 7	7
Opakovatelnost	0.05 mm	0.03 mm	3 mm	0.05 mm
<b>Ovládání pohybu</b>				
Osový JOG	Ano	Ano	Ano	Ano
Koordinovný JOG (World, Tool)	Ano	Ano	Ano	Ano
Koordinovaný JOG ve vlastním souř. systému	Ne	Ano (částečně)	???	Ano
Auto-zarovnání orientace efektoru do roviny	Ne	Ne	Ne	Ano

Optimalizace rychlostí kloubů (obcházení singularit)	Ne	Ne (není možné)	Ne	Ano
Limitace max. rychlostí kloubů při koordinovaném pohybu	Ne	Ne	Ne	Ano
Hand-guidance system (navádění za rukou)	Ne	Omezeně (málo citlivé)	Omezeně (málo citlivé)	Ano
<b>Generátor pohybu (trajektorie)</b>				
Move Joint	Ano	Ano	Ano	Ano
Move Linear (blending)	Ano	Ano	Ano	Ano
Move Spline	Ne	Ne	Ne	Ano (interpolace/aproximace)

Tabulka 2: Porovnání komerčních řešení s vyvinutým kolaborativním robotem



## Reference

- [1] *Verifikace a testování prototypu kompaktního aktuátoru (Protokol o zkoušce prototypu)*, technická zpráva, květen 2019.
- [2] P. Barták (SM), J. Barták (SM), O. Houra (SM), M. Švejda (ZČU), A. Jáger (ZČU), D. Tolar (ZČU): *Prototyp kompaktního aktuátoru (Technická a uživatelská dokumentace)*, technická zpráva, ZČU v Plzni, květen 2019.
- [3] *Verifikace a validace prototypu kolaborativního robotu (Protokol o zkoušce prototypu)*, technická zpráva, prosinec 2019.
- [4] M.Švejda (ZČU), A. Jáger (ZČU), V. Šetka (ZČU), D. Tolar (SM), P. Barták (SM), J. Barták (SM), O. Houra (SM): *Prototyp kolaborativního robotu (Technická a uživatelská dokumentace)*, technická zpráva, ZČU v Plzni, prosinec 2019.