



# PRŮMYSL 4.0 PŘEDURČUJE NOVOU ÚLOHU ROBOTŮM

**FRANTIŠEK NOVOTNÝ**

**Katedra sklářských strojů a robotiky**

*Fakulta strojí*

**Oddělení mechatronických systémů**

*Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace*





# OSNOVA

1.

- ÚVOD – vztah robotiky k aktivitám I 4.0

2.

- Definice nových úkolů robotů

3.

- Kooperující roboty

4.

- Interaktivní robotika

5.

- Bezpečnost HRC robotů

6.

- Coboty v řešení ergonomických problémů

7.

- Nové typy efektorů

8.

- Servisní roboty



# 4. PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

Představuje svět, ve kterém jsou všechny díly propojeny a koexistují...

...kde účinnost výroby, **snížení nákladů a zvyšování produktivity** lze dosáhnout **integrovanou automatizací a extrahováním skrytých výhod** ze stávajících zdrojů.



*Systémy a technologie se rychle mění, všechny produkty a procesy změni svou tvář*

**Revoluce distribuované umělé inteligence**

## 4. PRŮMYSLOVÁ REVOLUCE

**Pod tlakem distribuované umělé inteligence mají výrobky novou šanci ... To je jen začátek –**

*V budoucnu se vývoj umělé inteligence masivně promítne do všech produktů v jejich konstrukci, výrobním procesu a dokonce i v infrastrukturu*

*Roboty jsou vstupem do všech oblastí. Přes omezení na vysoce strukturované prostředí, ale mají obrovský potenciál*

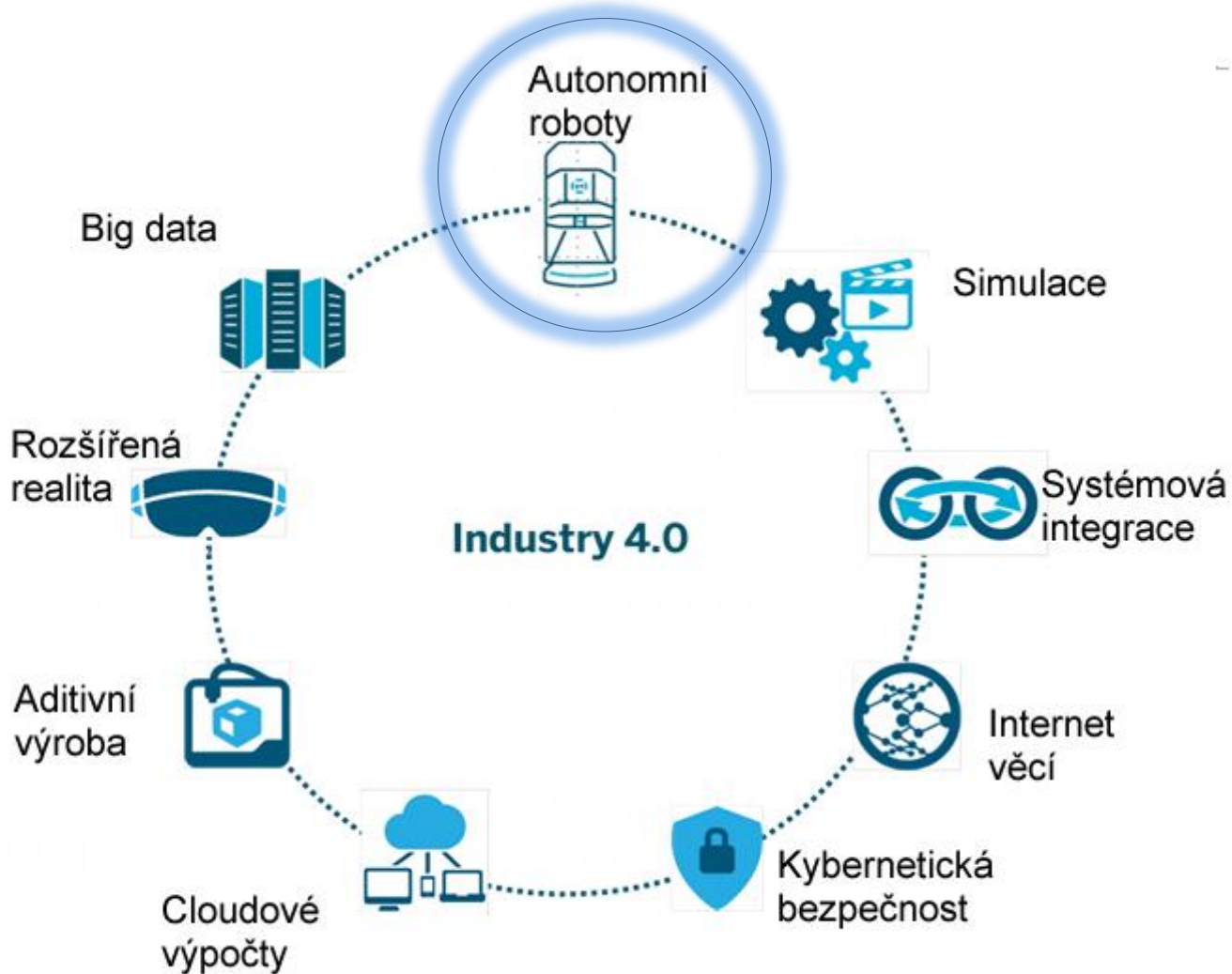
**Vzestup robotických systémů**

**Výrobek a výroba - dvě strany jedné mince**

*Zejména automobilový průmysl čelí změnám svých výrobků, mění se i jejich výrobní paradigmatata*

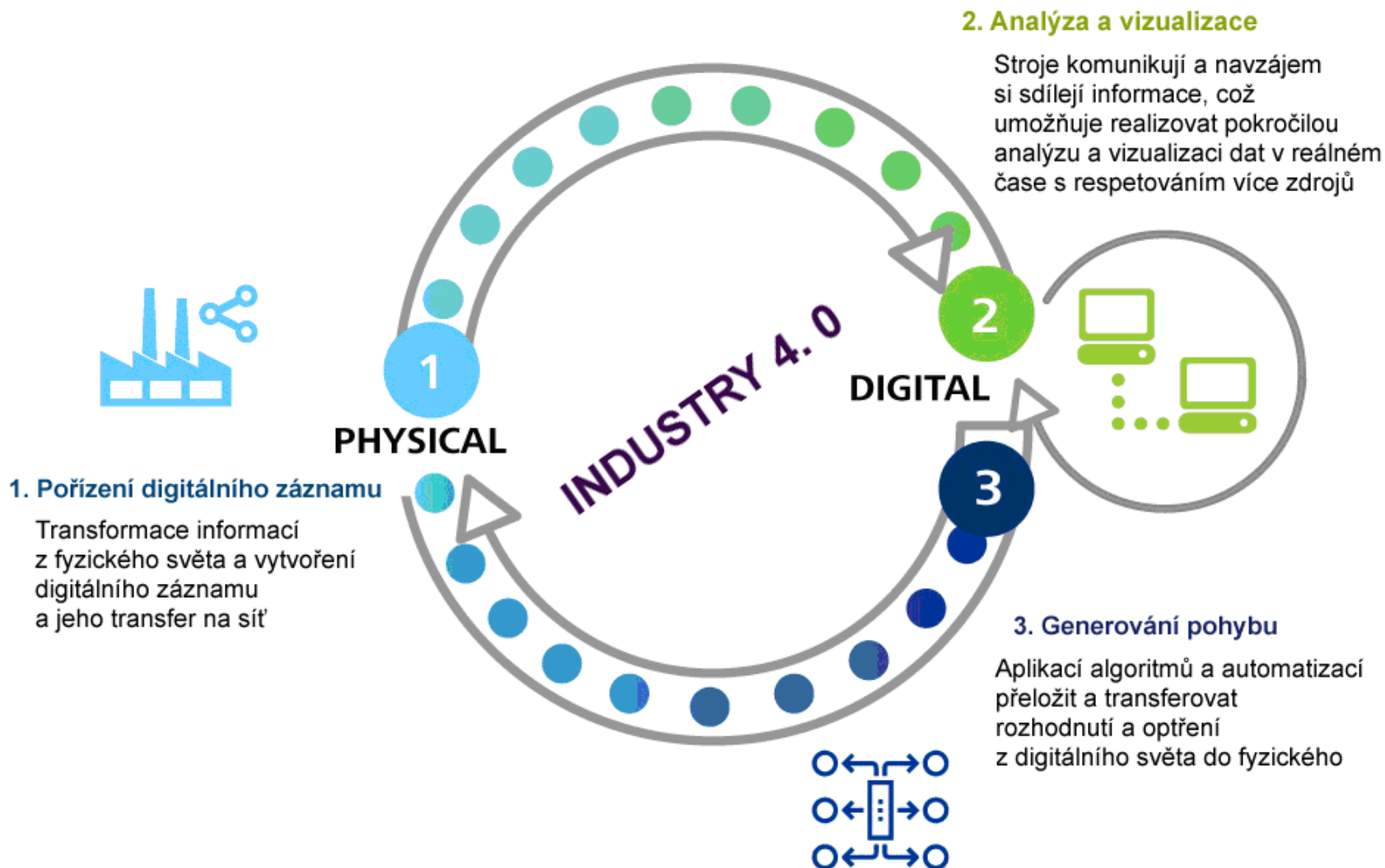


## ROBOTY JAKO VÝZNAMNÁ SOUČÁST AKTIVIT I 4.0



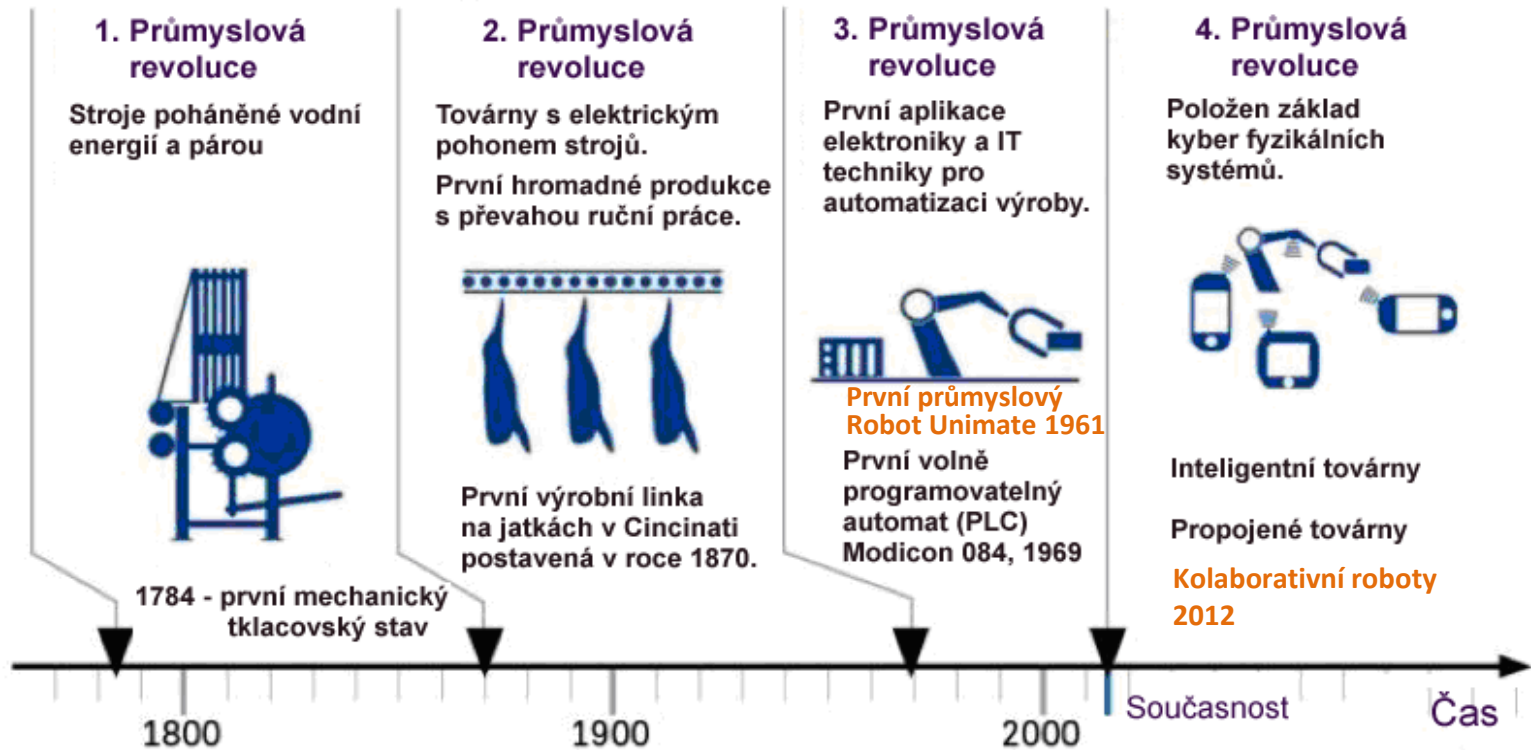


## PULZOVÁNÍ MEZI FYZIKÁLNÍ REALITOU A JEJÍ DIGITÁLNÍ INTERPRETACÍ

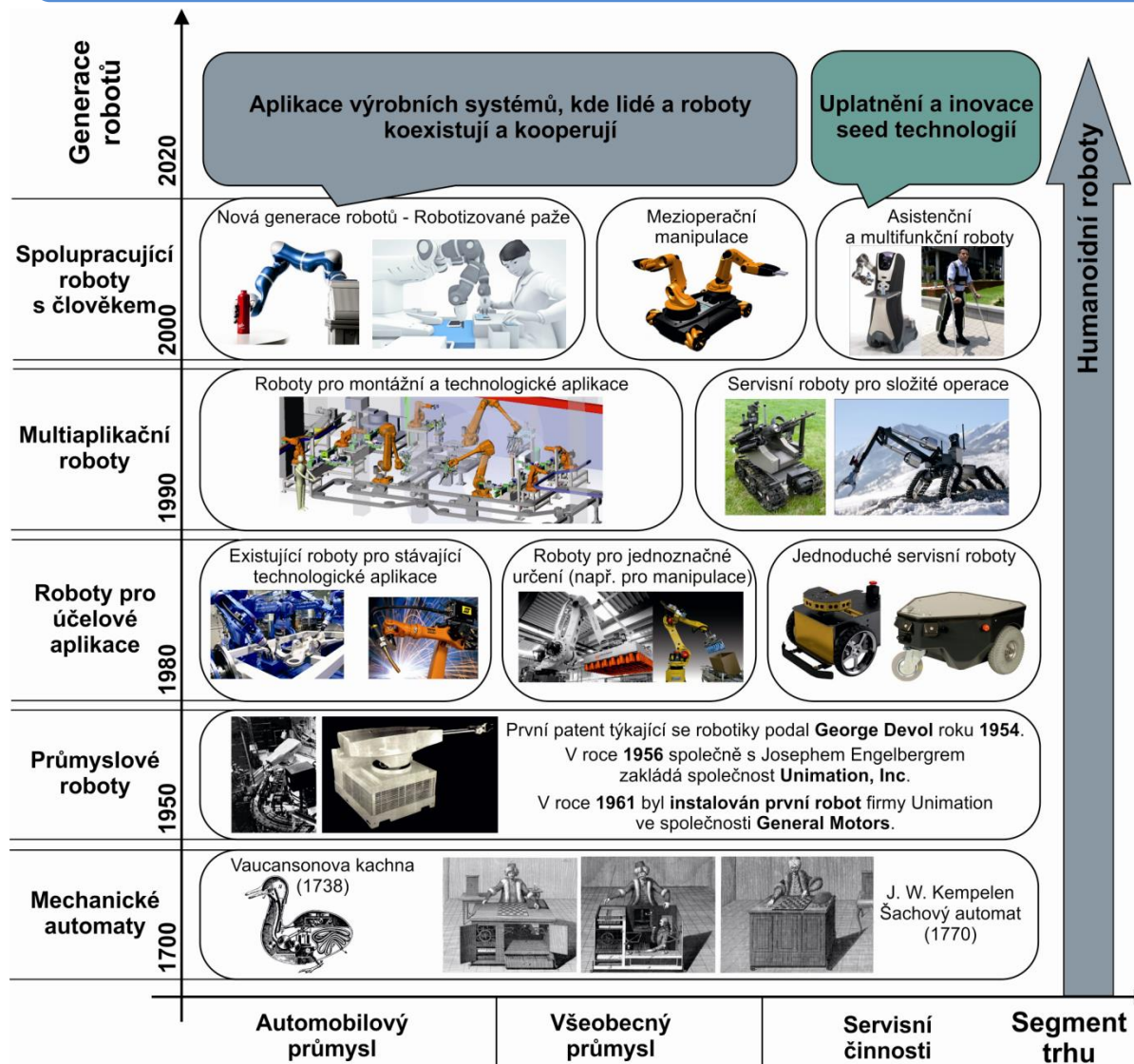




## ČASOVÝ SLED PRŮMYSLOVÝCH REVOLUCÍ



# GENEZE ROBOTŮ A TRENDY VÝVOJE



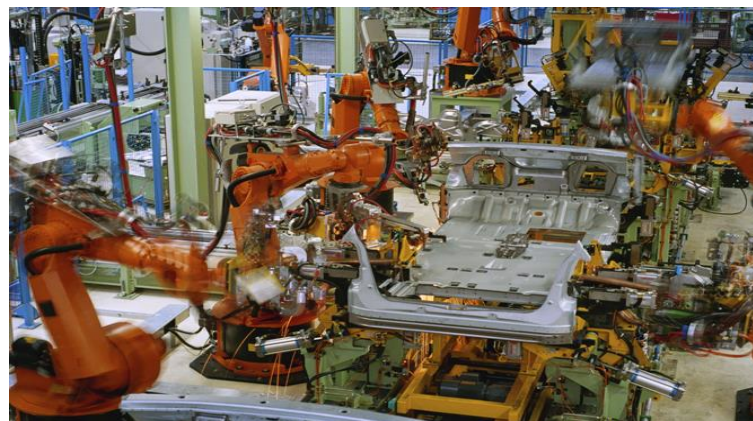


## EVOLUCE ROZŠIŘOVÁNÍ APLIKAČNÍCH MOŽNOSTÍ ROBOTŮ

### Domácí aplikace



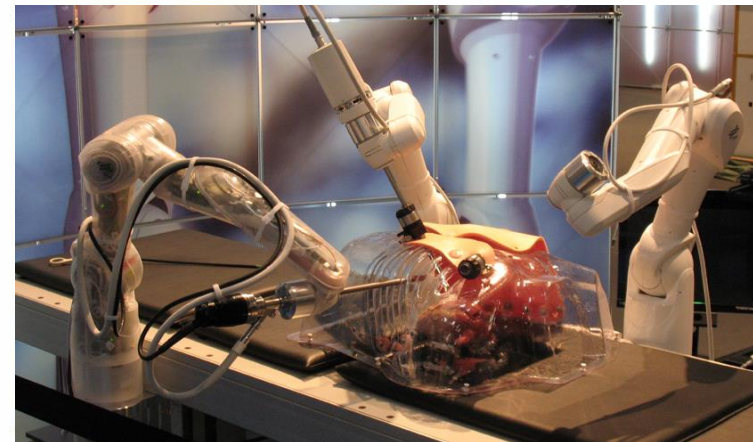
### Průmyslové aplikace



### Vojenské aplikace

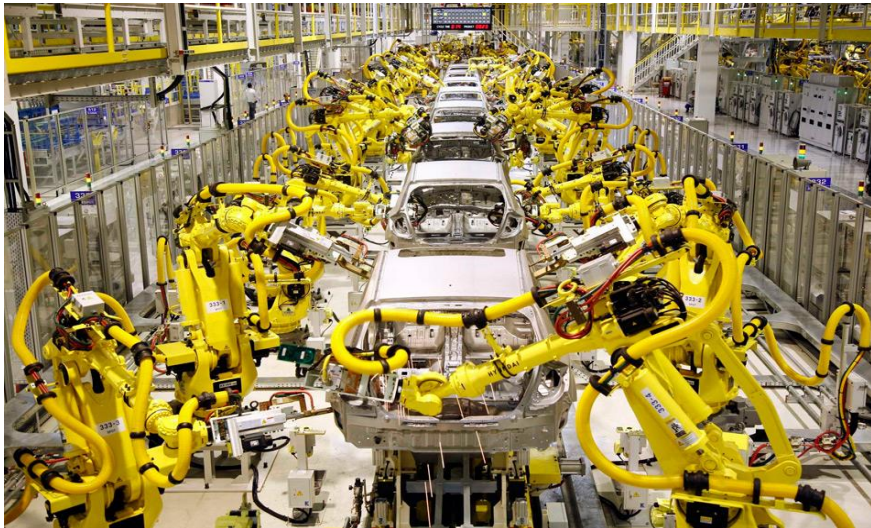


### Medicínské aplikace



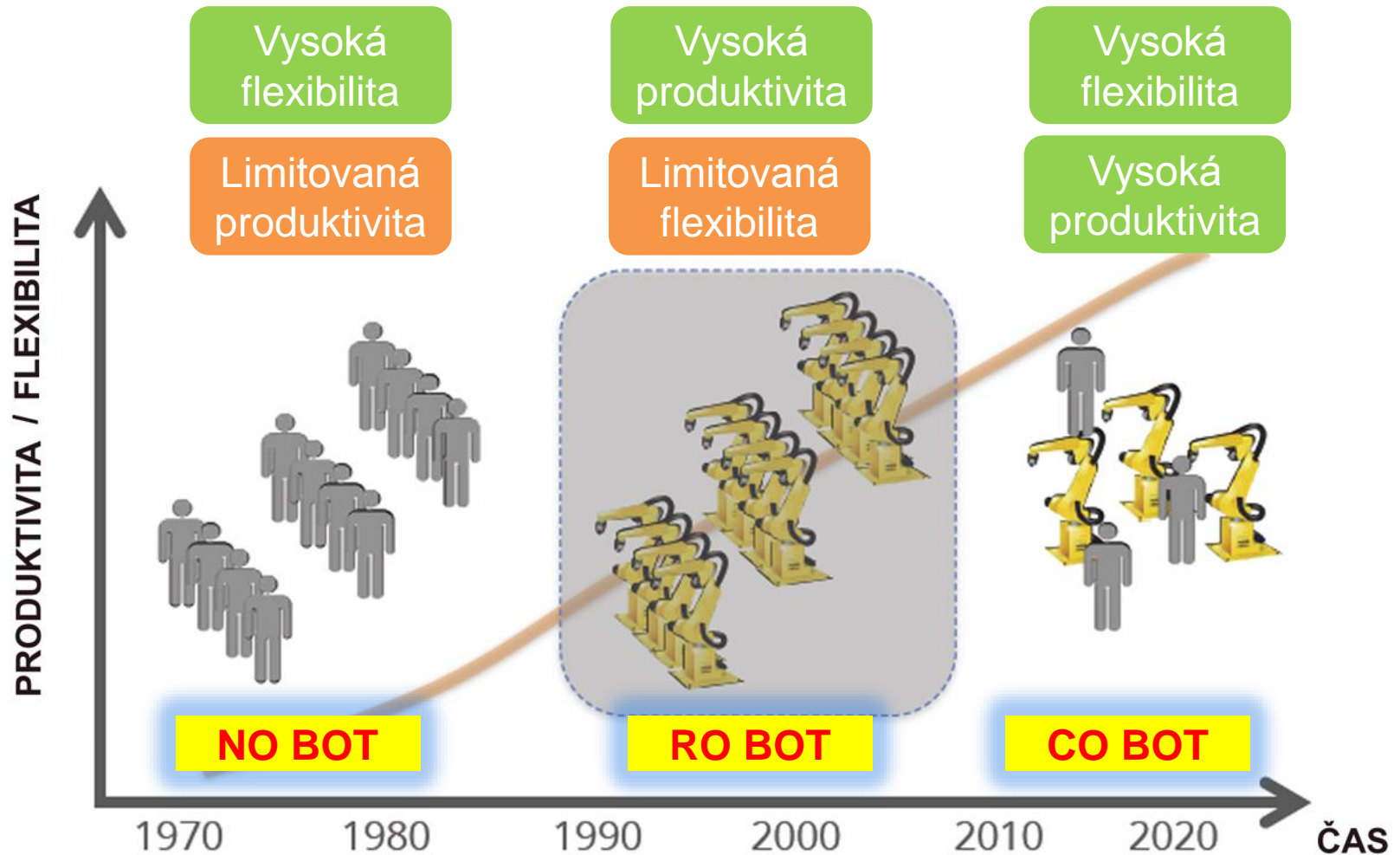


# Kooperující roboty





# ÚLOHA ROBOTŮ V PROCESU RŮSTU PRODUKTIVITY A FLEXIBILITY





## KOLABORATIVNÍ ROBOTY V PRŮMYSLU 4. 0

Robotika se prosazuje pro nový typ aplikací  
úlohy mohou být řešeny na základě spolupráce robotů

### Tradiční průmyslové roboty (v týmu)

- Umožňují zvednout výkon stroje;
- Jsou velmi přesné a rychlé;
- Komunikace s člověkem je možná při snížené pracovní rychlosti a s redukovanou hodnotou kroutícího momentu.

### Kolaborativní roboty (*Open safety*)

- Podporují činnost pracovníků;
- Umožňují práci v součinnosti;
- Bezpečnost je na prvním místě;
- Je pomalý, snadno ovladatelný;
- Člověk může po celou dobu pracovat v kontaktu s robotem

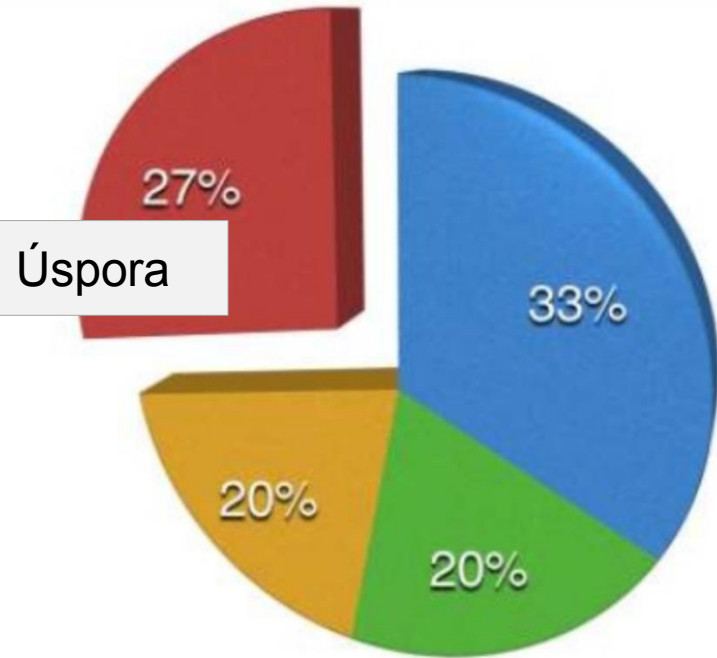
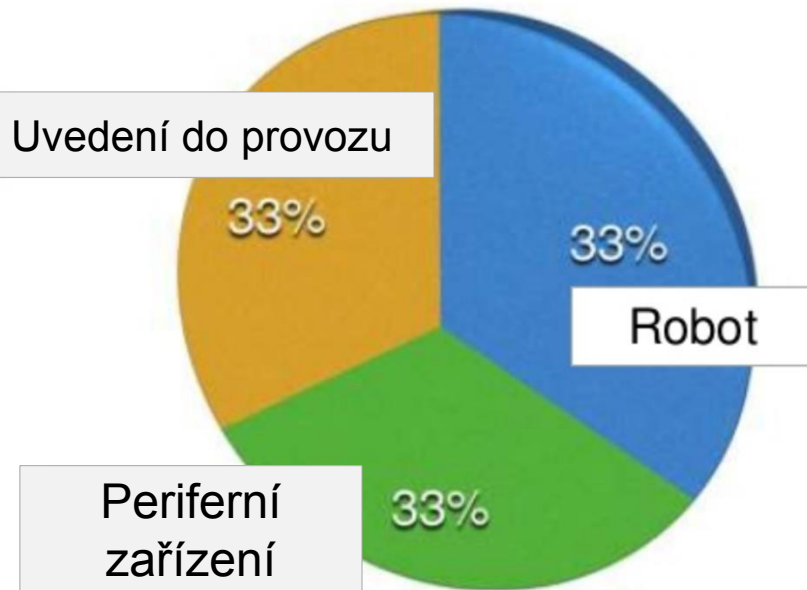
Kolaborativní roboty jsou spíše komplementární k tradičním průmyslovým robotům, než jejich konkurentem



## OČEKÁVANÝ PROFIT NASAZENÍ COBOTŮ

Průmyslové roboty

Kolaborativní roboty





# Vývojové etapy kolaborativních robotů



## VÝVOJOVÉ ETAPY KOLABORATIVNÍCH ROBOTŮ V NĚMECKU

DLR LBR1

DLR LBR2

DLR LBR3

KUKA LBR3

KUKA LBR4

KUKA LBR4+

KUKA LBR iiwa



1991 -2005

Projekt German  
Aerospace Center  
(DLR)  
Robotics and  
mchatronics centre

2005 - 2012

Technologický transfer  
a společný vývoj  
prototypu LBR 3 do  
sériové produkce  
LBR4/4+

2013 - DNEŠEK

LBR iiwa  
Sériová produkce pro  
průmyslové využití  
Výroba 24 hodin  
denně/ 7 dní v týdnu



## 1. Etapa 1992 – 1995 - LBR I

- robot se 7 °volnosti,
- hmotnost 14,7 kg;
- nosnost 7 kg;
- zabudované protikolizní ochrany formou momentových snímačů;
- příhradová konstrukce z uhlíkového kompozitu.

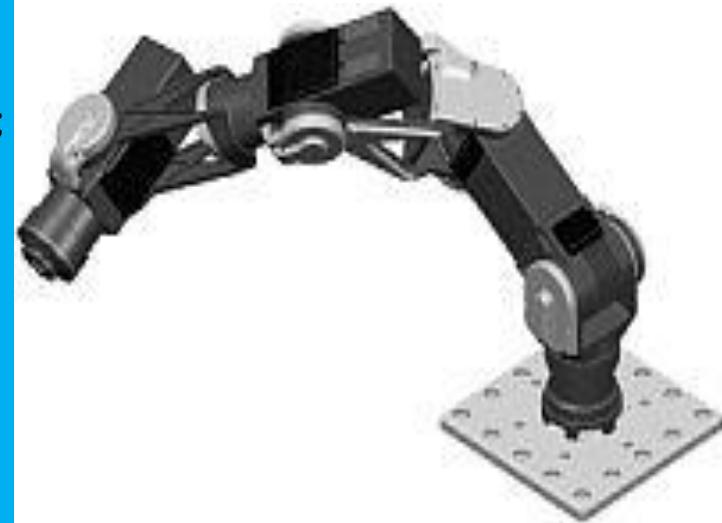






## 2. Etapa 1996 – 1999 - LBR II

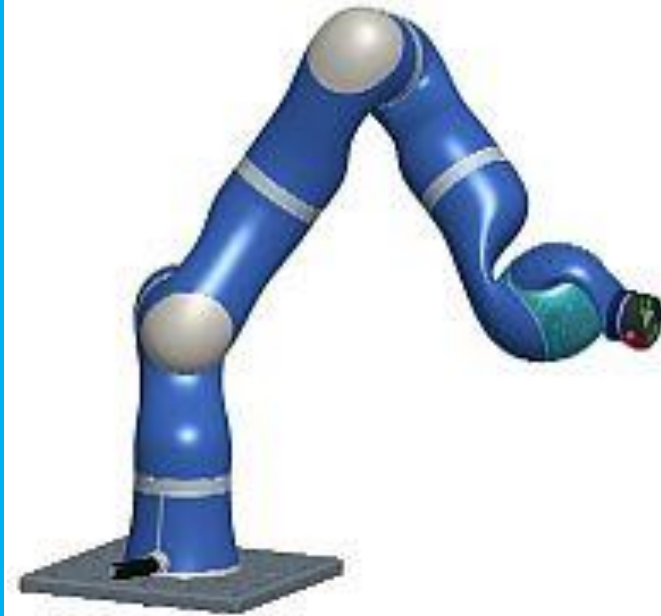
- robot se 7 °volnosti,
- Odlehčené pohony EC motory + Harmonic Drive;
- Odlehčené brzdy;
- **hmotnost** (včetně elektroniky) **18 kg**;
- **nosnost 7 kg**;
- zabudované protikolizní ochrany formou momentových snímačů;
- příhradová konstrukce z uhlíkového kompozitu.





### 3. Etapa 1997 – 2002 - LBR III

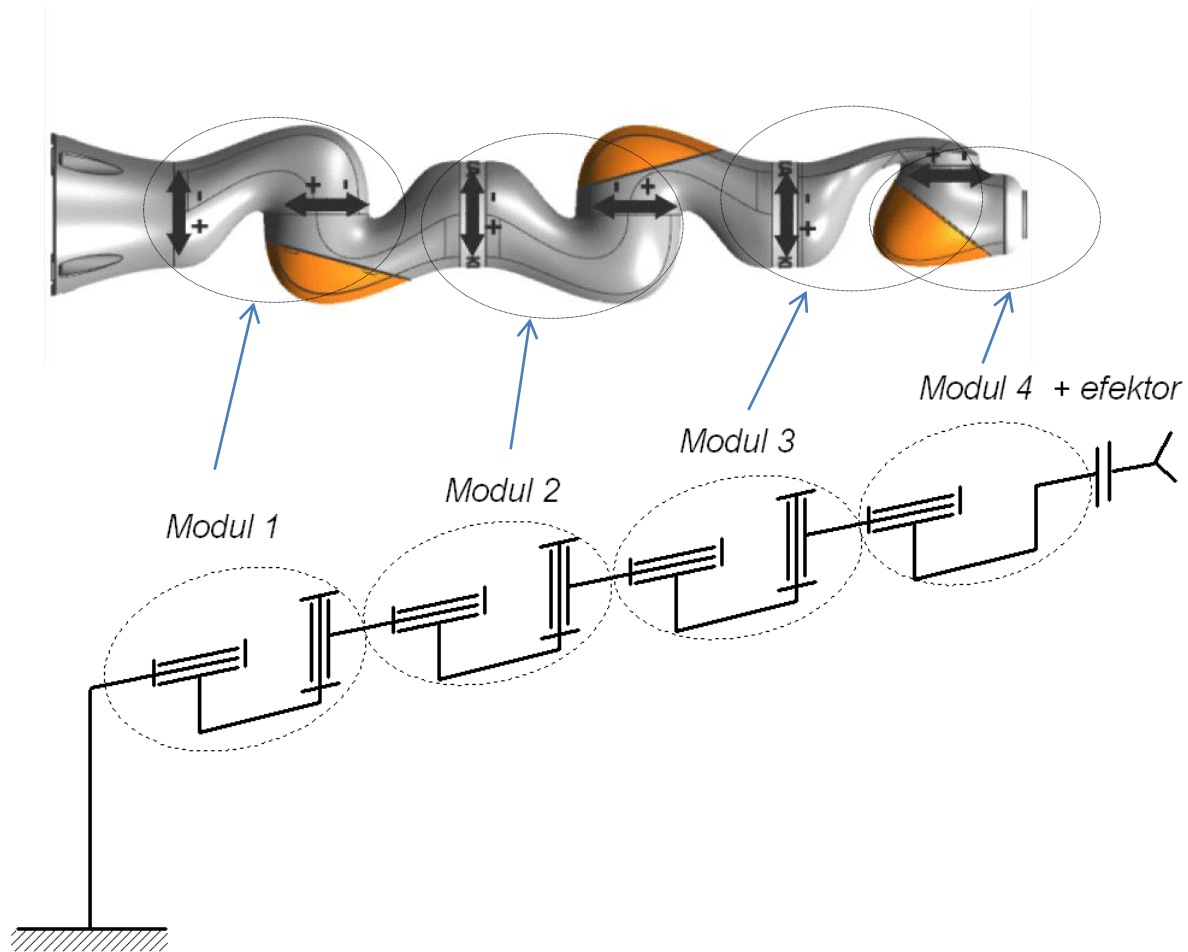
- robot se 7 °volnosti,
- Modulární struktura;
- Odlehčené brzdy;
- **hmotnost (včetně elektroniky) 13,5 kg;**
- **nosnost až 15 kg;**
- Bezkartáčový motor s brzdou a servoměničem vylehčené konstrukce + převodovka HD;
- Skořepinová konstrukce z uhlíkového kompozitu.
- Dosah 1200 mm;
- Rychlost v kloubu max. 180°/s;
- **Nízký příkon na úrovni max 120 W.**



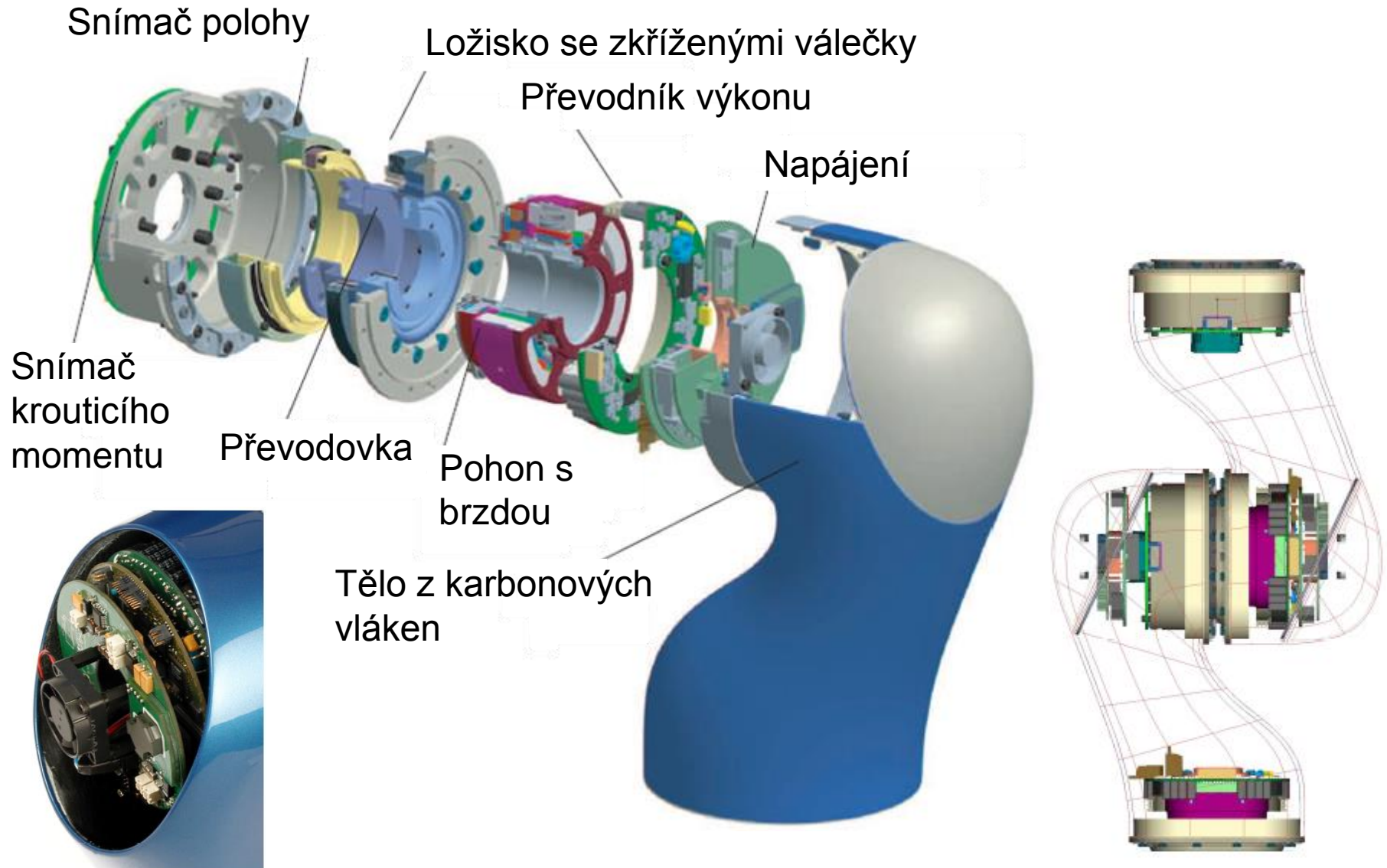
#### POZNÁMKA:

*člověk ve špičkovém pracovním výkonu má výkon cca 70 W  
srovnatelnost energie robotu a člověka je základem možné koexistence na  
1 pracovišti s přijatelným rizikem*

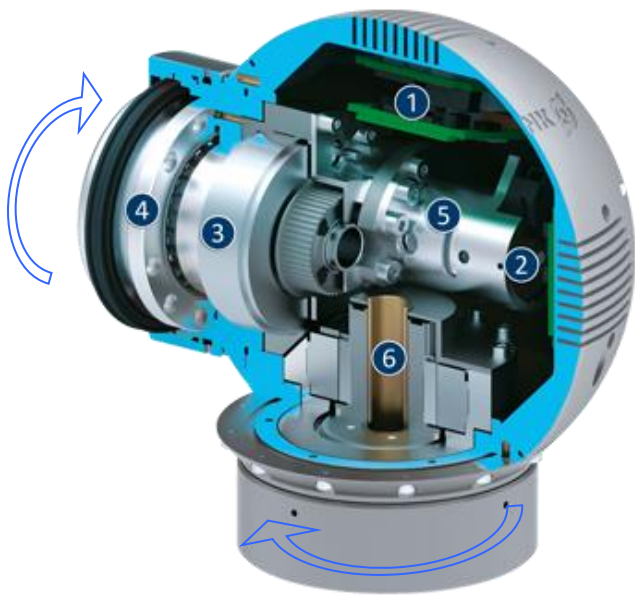
## VŠICHNI VÝROBCI KOLABORATIVNÍCH ROBOTŮ APLIKUJÍ DVOUOSÉ MODULY



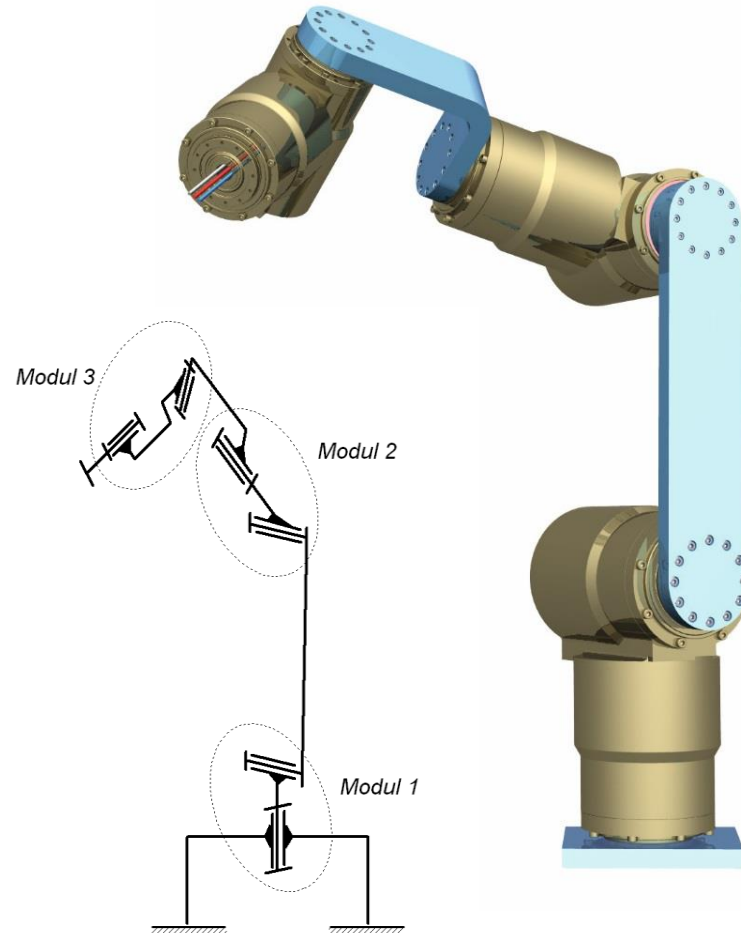
## INTEGROVANÁ LEHKÁ KONSTRUKCE MODULŮ KOLABORATIVNÍHO ROBOTU



## DVOUSÝ MODUL POWERBALL ERB firma SCHUNK



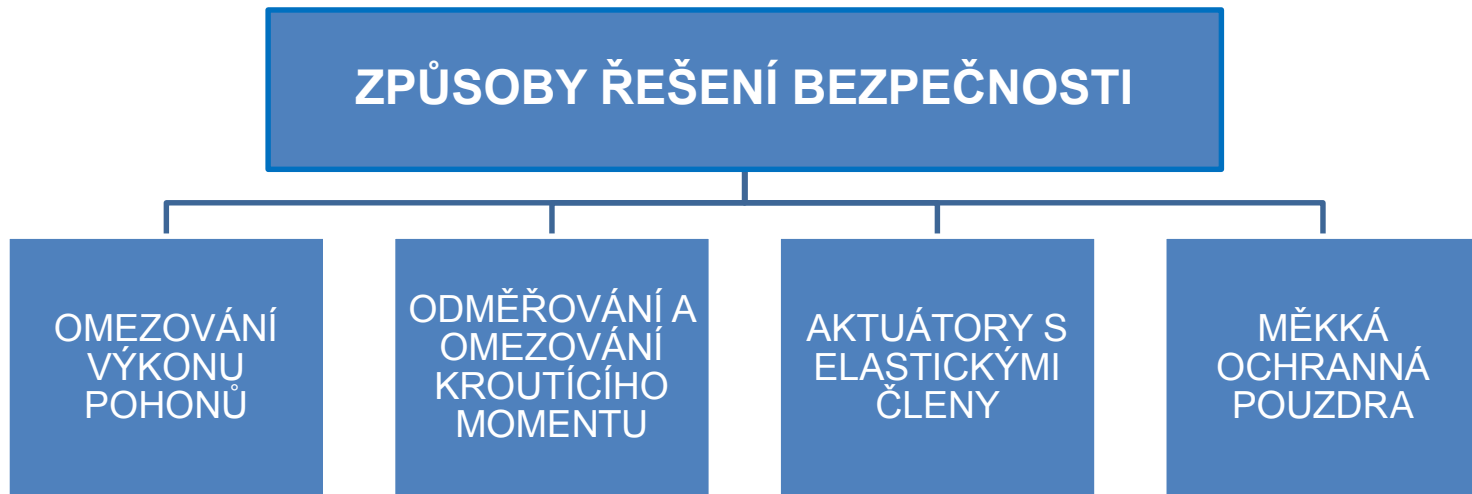
## ROBOT Z DVOUOSÝCH MODULŮ firma HARMONIC DRIVE



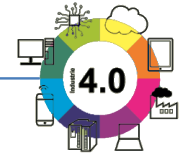


## ROBOT Z DVOUOSÝCH MODULŮ - firma YASKAWA







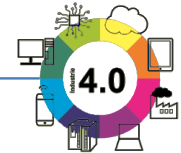


# Safety roboty pro kolaborativní aplikace - ABB

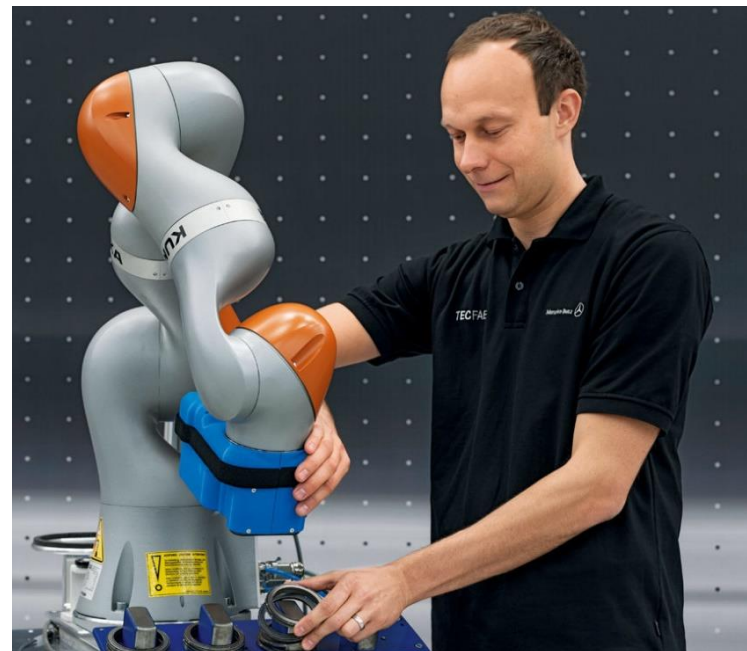


Robot YUMI





# Safety roboty pro kolaborativní aplikace - KUKA





## Safety roboty pro kolaborativní aplikace - UR



# Safety roboty pro kolaborativní aplikace – Rethink Robotics





## ZPŮSOB ŘEŠENÍ BEZPEČNOSTI PODMIŇUJE CENU ŘEŠENÍ

22,000€



Serial elastic actuators on each axis

**Sawyer Robot - Rethink Robotics**

80,000€



Torque sensors on each axis

**LBR iiwa - KUKA**

"Leichtbauroboter", iiwa = "intelligent industrial work assistant".

25,000€

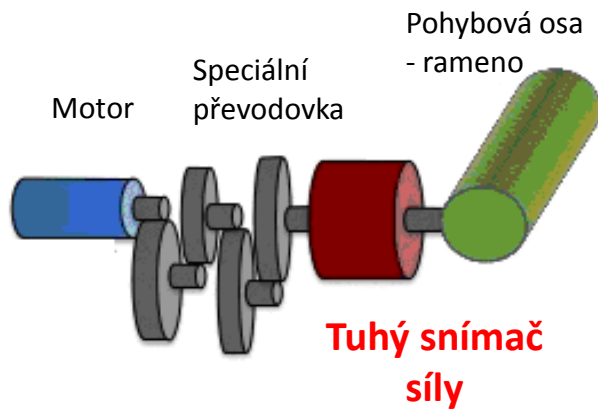


Motor current and position monitoring

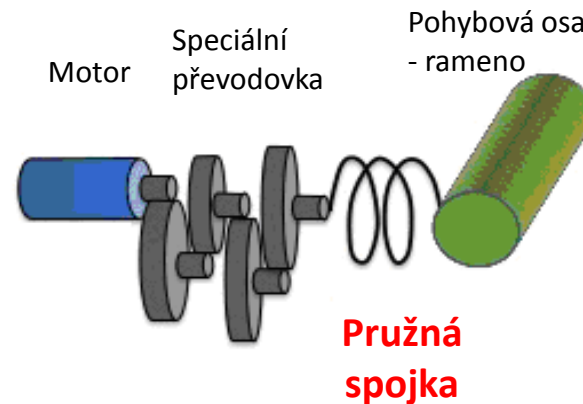
**UR 10 - Universal robots**

## PŘEHLED ZPŮSOBŮ ŘEŠENÍ BEZPEČNOSTI SILOVÉHO ŘÍZENÍ

Motor s převodovkou a momentovým senzorem

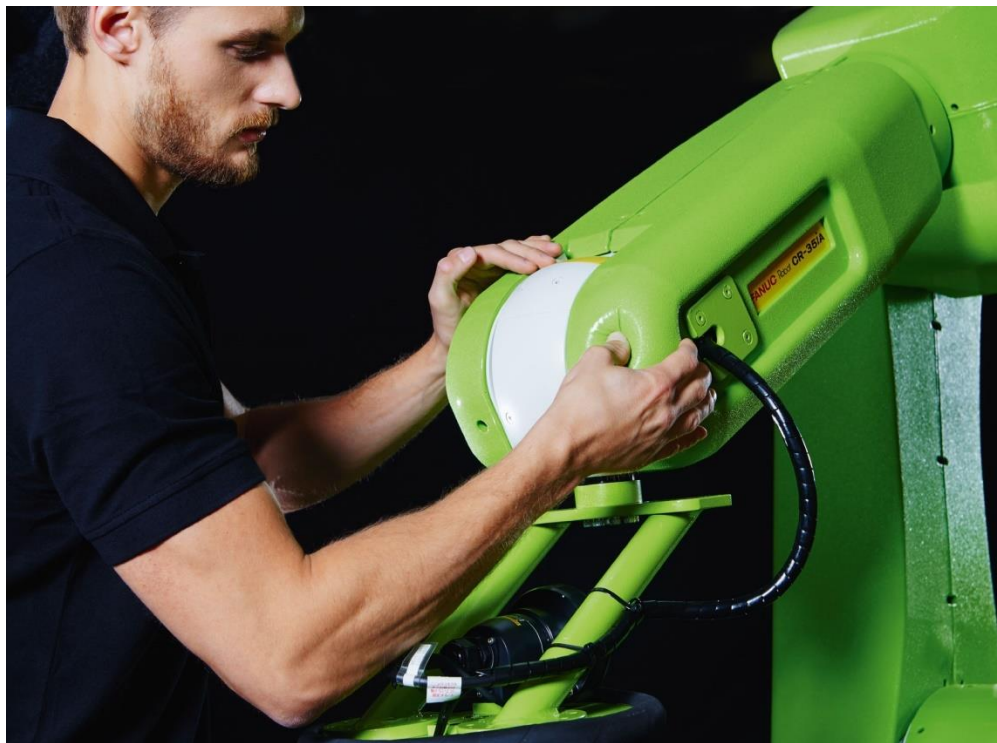


Sériový elastický aktuátor





# Safety roboty pro kolaborativní aplikace – FANUC - obložení pružným elastomerem



## Přehled oblastí robotiky

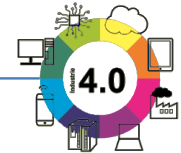




## Robotika pro logistické úkoly

DRONY - Flexibilní koncept pro logistiku...

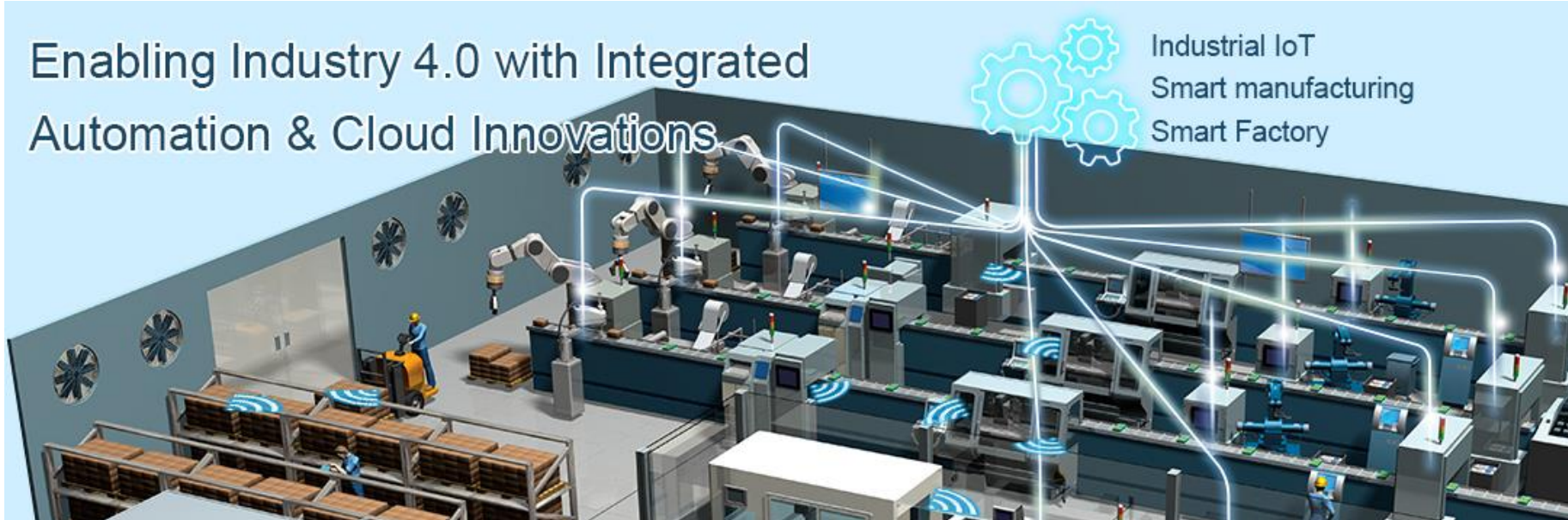




# Interaktivní robotika



- ① Networked systems provide connectivity for local decentralized information processing.
  - ② Progressive miniaturisation allows for small, low-cost and high-performance sensors and actuators.
  - ③ Auto-ID for customized product manufacturing creates unique identification and links to the virtual world.
  - ④ Intelligent field devices using software that allows for the global dynamic distribution of functionality is an integral part of the system integration.
  - ⑤ Mobile Device Management (MDM): man-machine interfaces for intuitive operation of complex systems without special training.
- (Figure: Industrial Ethernet Book, Source: Weidmuller)



Enabling Industry 4.0 with Integrated Automation & Cloud Innovations

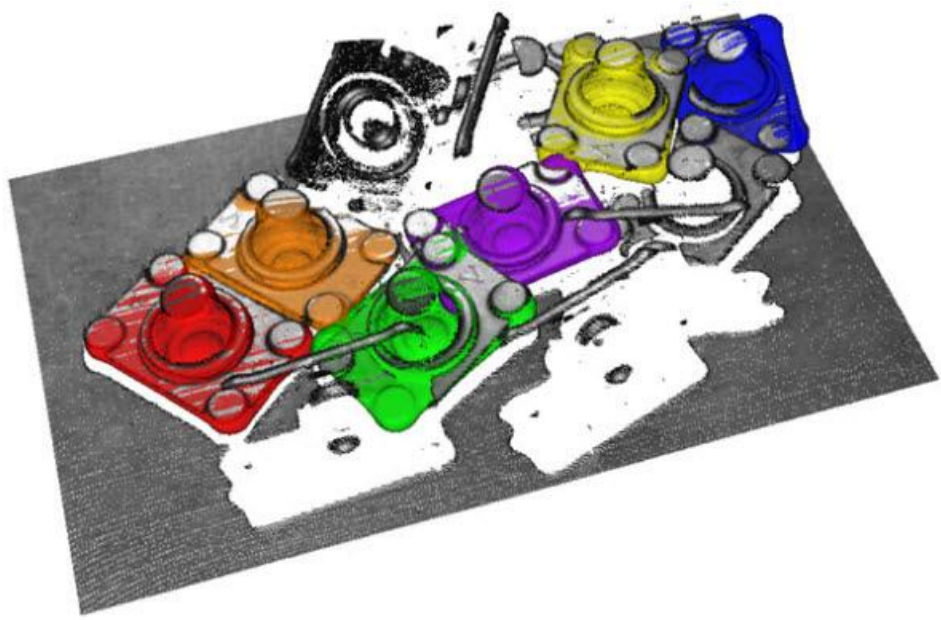
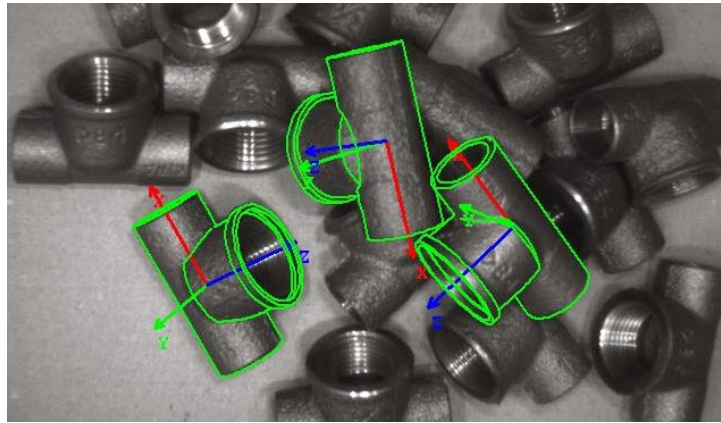
Industrial IoT  
Smart manufacturing  
Smart Factory



# Bin Picking



# Bin Picking





# Kooperující roboty





# ERGONOMIE A KOLABORATIVNÍ ROBOTIKA

Zaměření  
výzkumu



- **Kolaborativní robotika** může být prostředkem k **řešení problému poruch pohybového aparátu v průmyslu**;
- Cílem je **vyvinout generické nástroje a provádět ergonomické studie hodnotící součinnost člověka a robotu při manipulaci**.

Metodika  
výzkumu

- Je nutné začít **od velmi malých vstupních dat**, založena na vyhodnocení simulace pomocí virtuálního manekýna;
- **Využití virtuálního modelu pro simulaci** modelových zátěží;
- Je nezbytné zamyšlení nad **využitím cobotu pro odhady namáhání pracovníků při různých manuálních úkonech**;

Neprodleně  
zahájit výzkum

- **Píšou se disertace** na téma možností využití virtuální ergonomie pro konstrukci kolaborativních robotů;
- Vycházejí **vědecké články k tématu ergonomie a coboty**;
- Je vyvíjen optimalizační software s cílem **optimalizovat kinematiku kolaborativního robotu**.



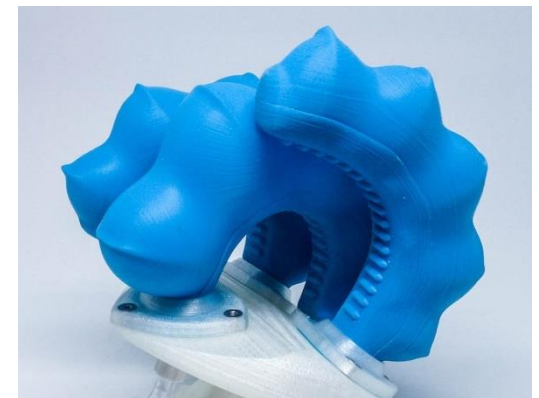
# ADAPTIVNÍ ÚCHOPNÉ HLAVICE

## Chapadlo pro HRC roboty – firma Röhmm



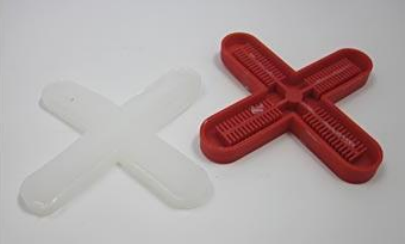


## ELASTICKÁ CHAPADLA s proměnnou strukturou uchopení

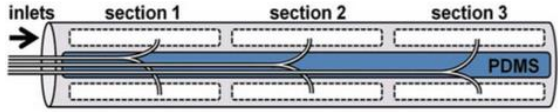


Super-Releaser Robotics

# Chapadla s proměnnou strukturou uchopení



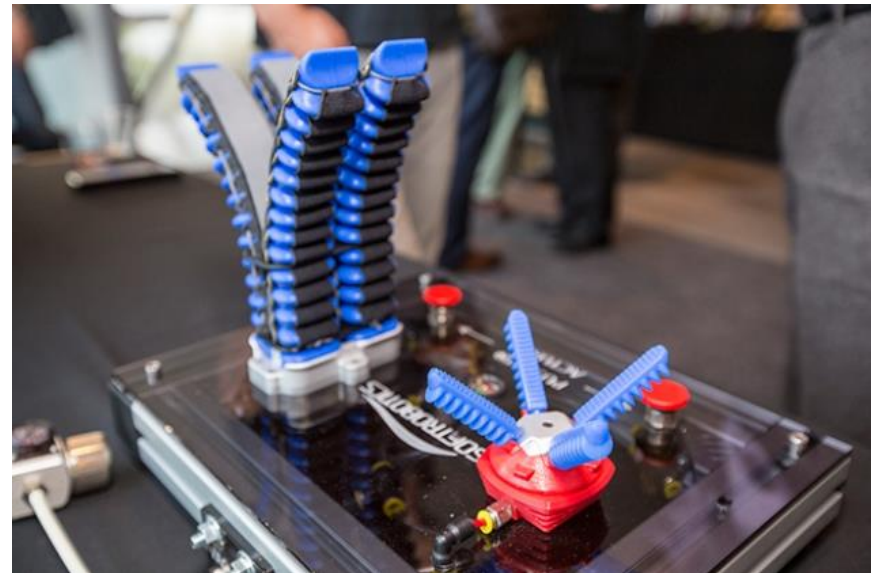
Harvard



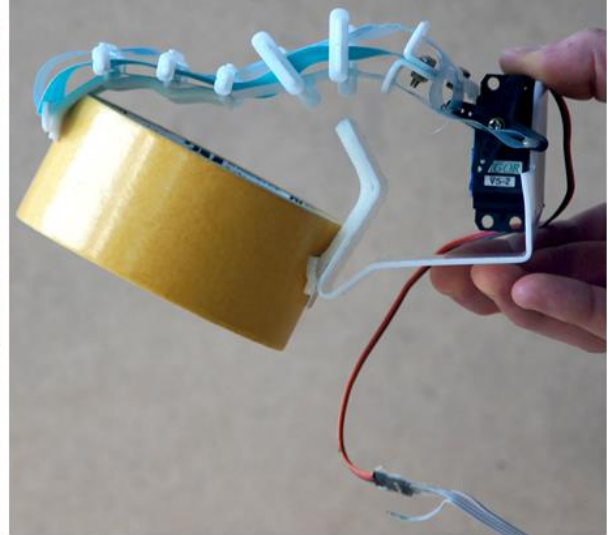
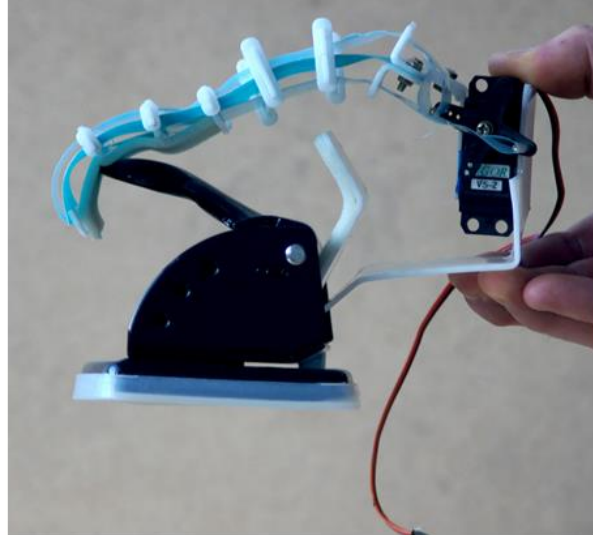
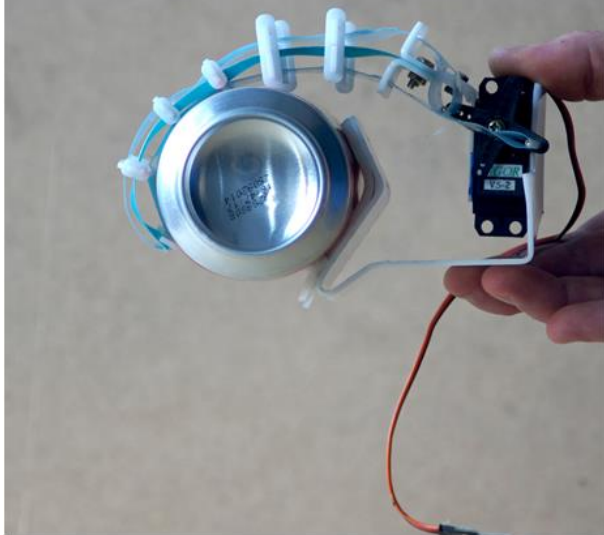
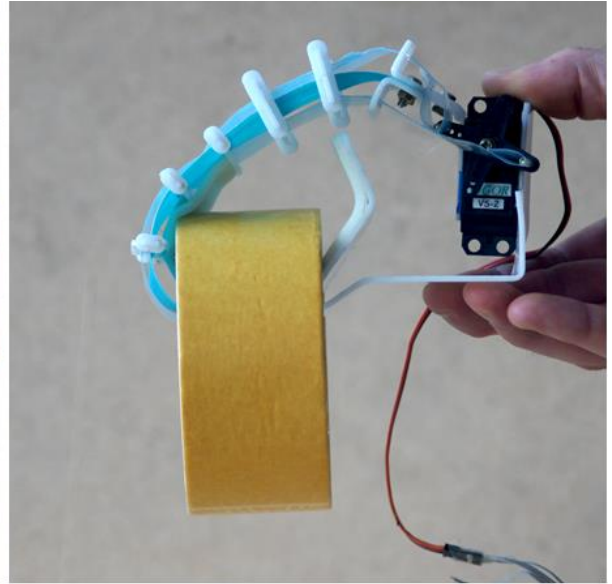
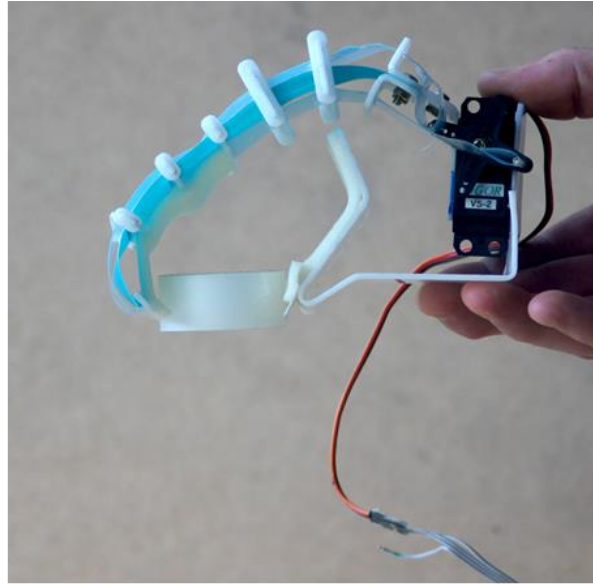
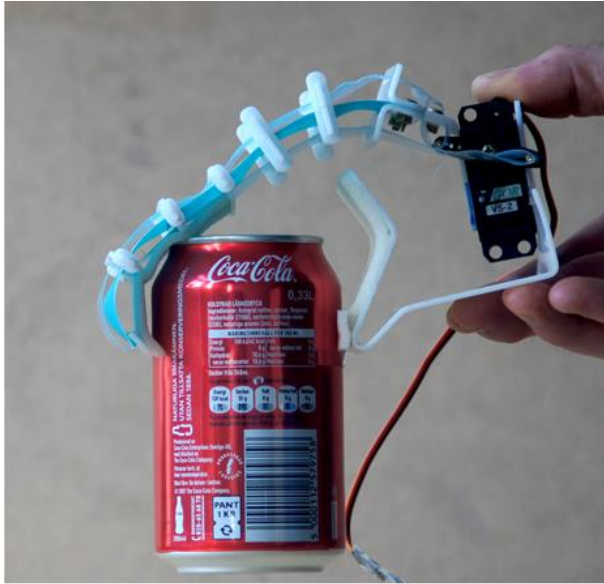
Sant'Anna School in Pisa



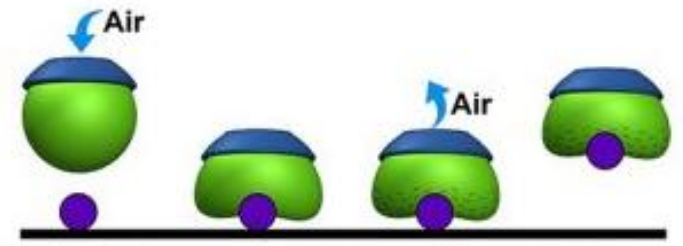
# Chapadla s proměnnou strukturou uchopení



## Chapadla s proměnnou strukturou uchopení



# Chapadla s proměnnou strukturou uchopení



## Adaptivní chapadla - Robotiq



## Adaptivní chapadla - Robotiq

ZPŮSOBY UCHOPENÍ:



Základní



Široké



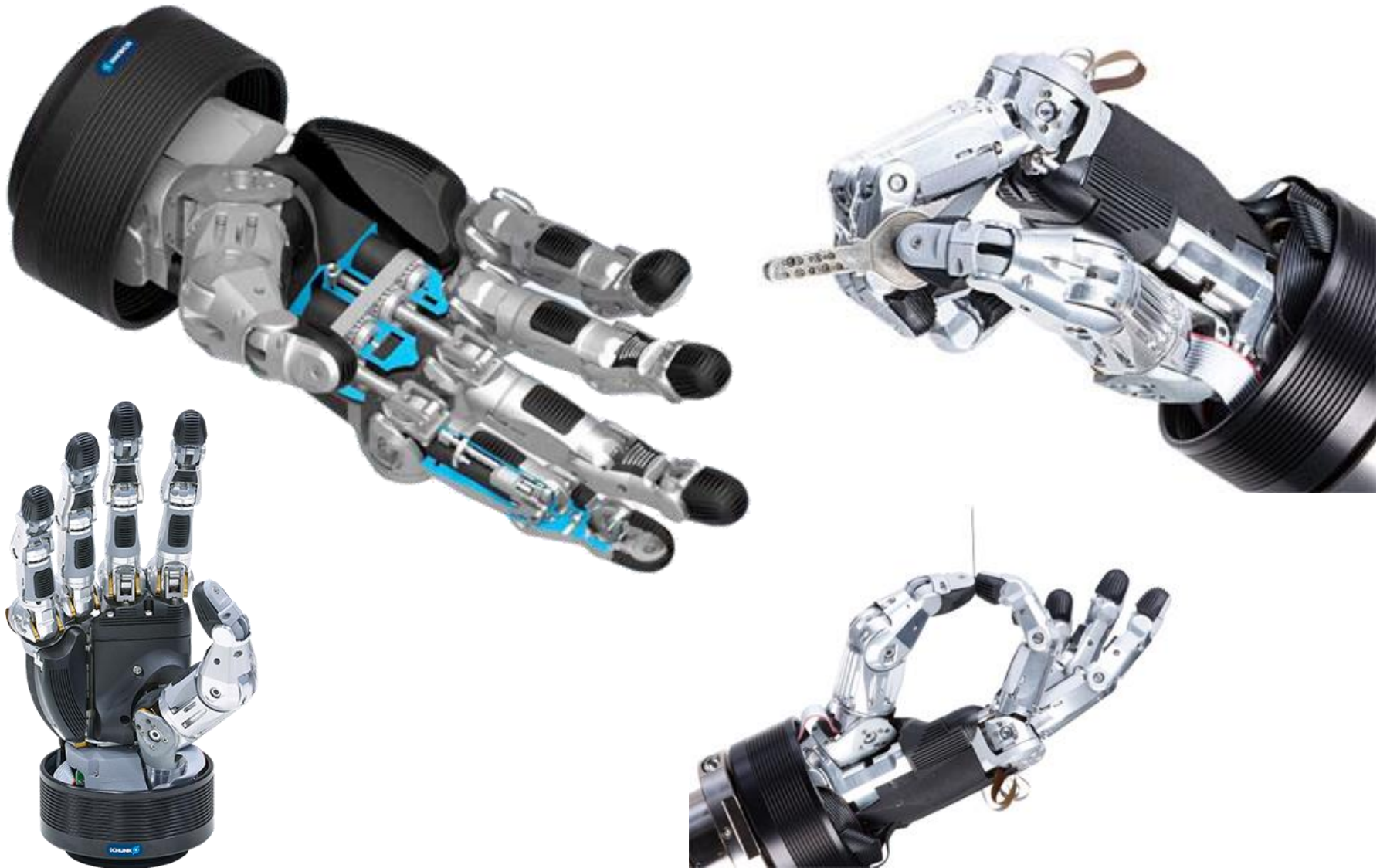
Špetka



Nůžky



## Antropomorfní chapadla - Schunk





# Antropomorfní chapadla - Laboratory/University of Washington



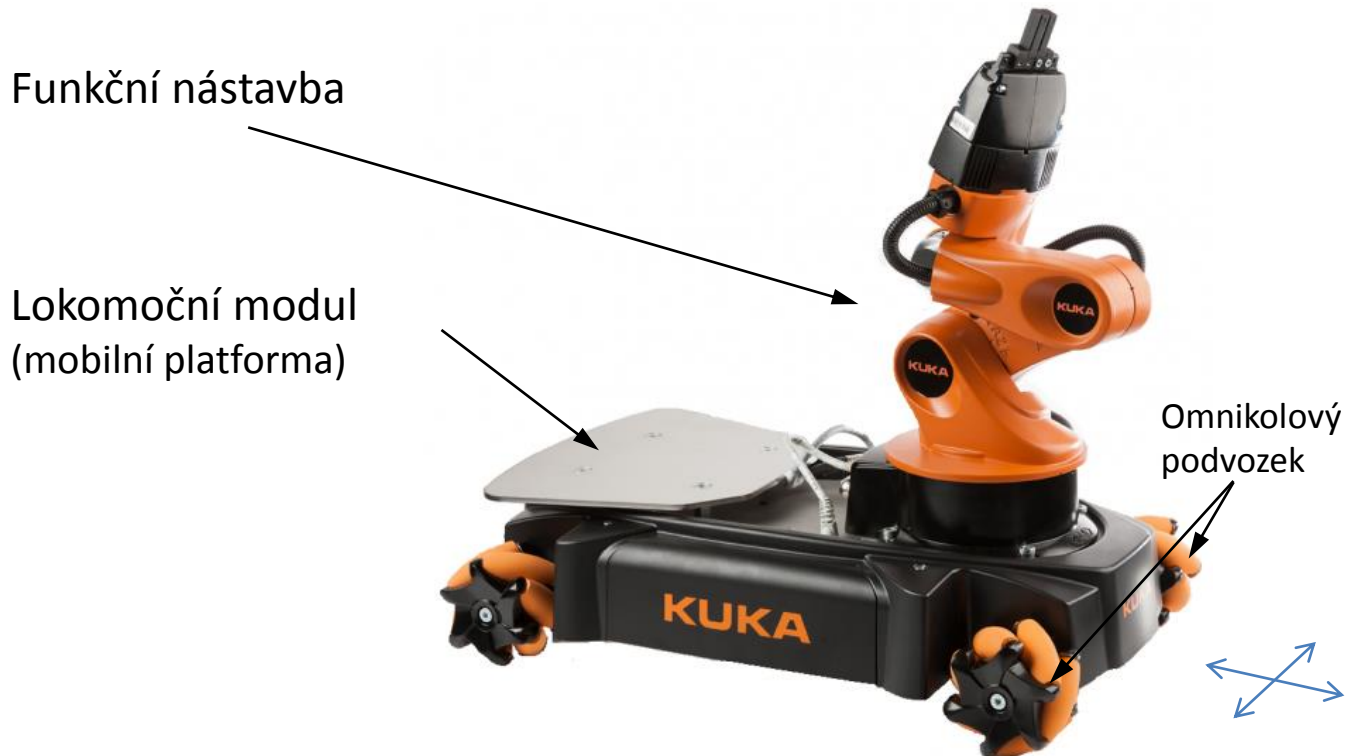
detail vnitřního svalu



## Servisní roboty - koncepce

Servisní robot lze obecně rozdělit na dvě základní části:

- 1. Lokomoce (pohybový modul)** – moduly a mechanismy realizující pohyb servisního robotu v operačním prostoru;
- 2. Funkční nástavba** – moduly a mechanismy zajišťující provedení požadované pracovní úlohy;



# Servisní roboty

## pro inspekční a technologické funkce na vertikálních stěnách



### *Charakteristika výstupu*

#### **ROBOTUL® Vertical Climber 02**

Servisní robot pro realizaci technologických funkcí (mytí, čištění, inspekce) na vertikálně orientovaných a hladkých převážně skleněných stěnách.

#### ***Technické parametry prototypu:***

Rozměry 1120 x 1120 x 300 mm,

Vlastní hmotnost robotu 48 kg,

Užitečná nosnost 15 – 20 kg,

Šíře záběru navazující technologie 800 – 1200 mm,

Pracovní rychlosti 0,8 – 1,2 m/min,

Výkon čištěné plochy 60 – 80 m<sup>2</sup>/h,

Výkon během diagnostiky povrchu 30 – 90 m<sup>2</sup>/h.



# Servisní roboty pro průmyslové a bezpečnostní aplikace





## Servisní roboty – dopravní sedačky určené pro imobilní občany





## Servisní roboty - humanoidy



## Servisní roboty – humanoidy s personifikačními aspekty

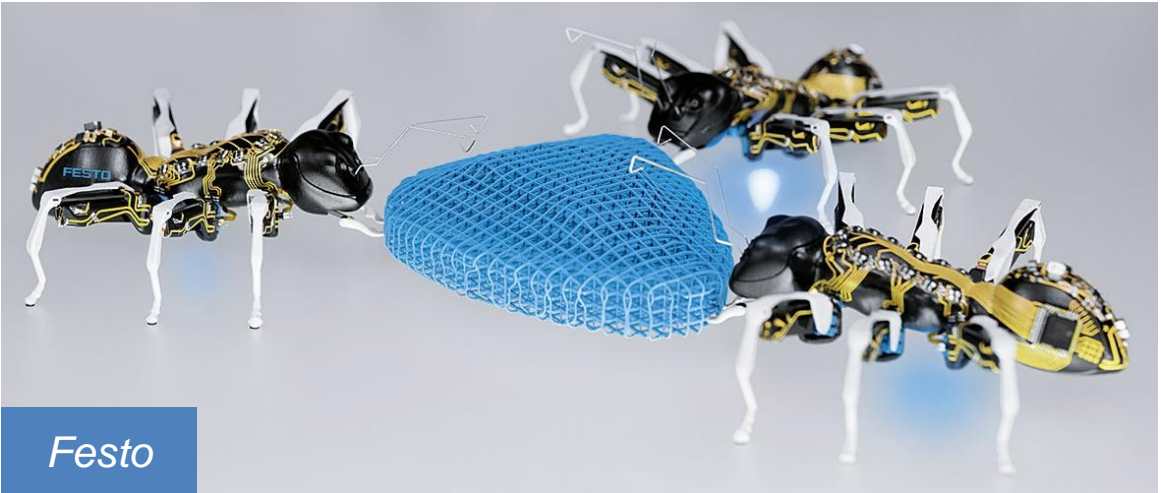
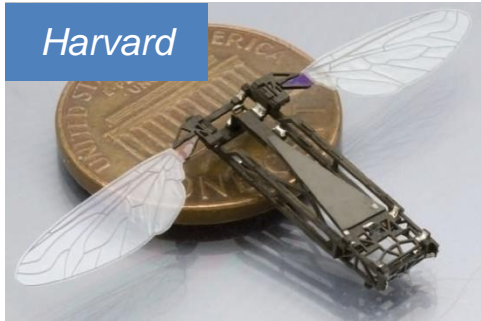


## Servisní roboty – exoskelety

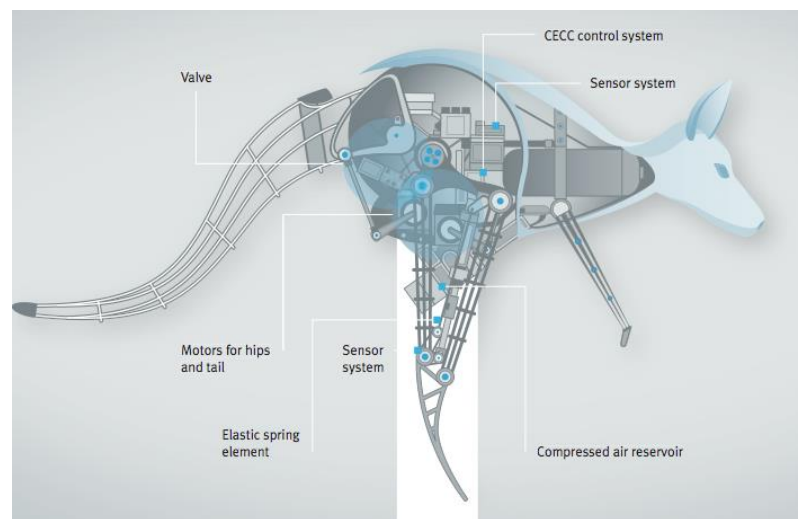
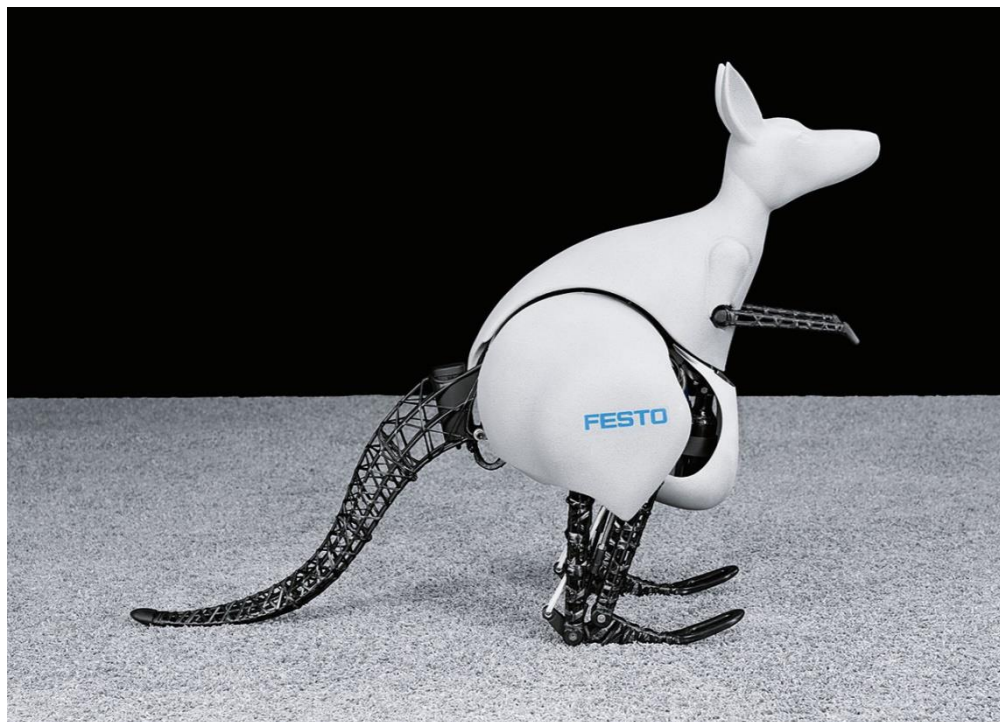
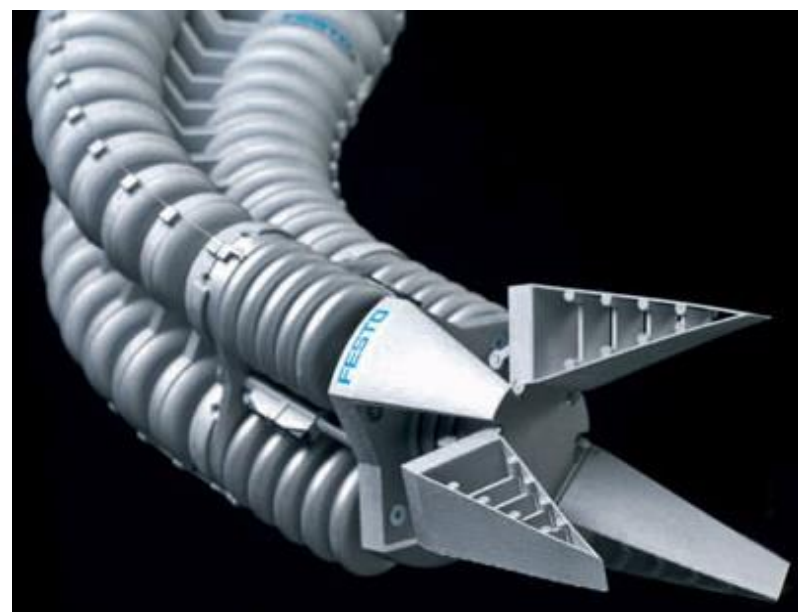




# Servisní roboty – bionika



## Servisní roboty – bionika



# Servisní roboty – bionika

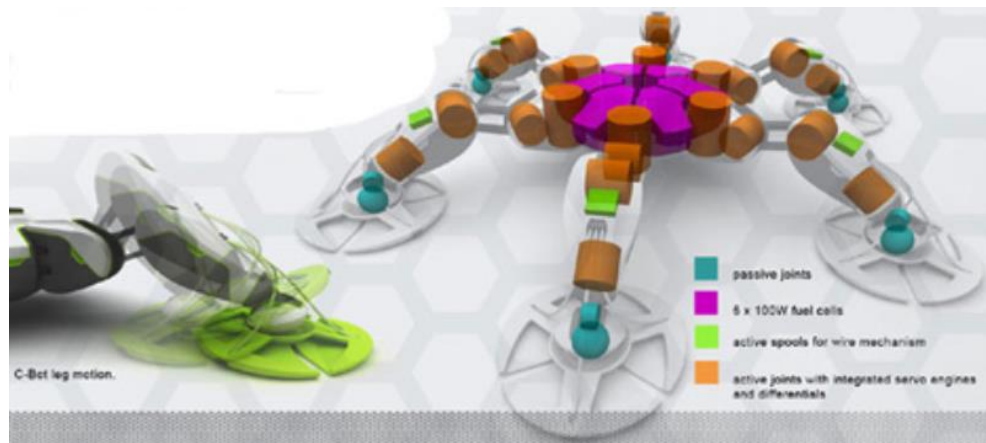


Inspiration: gecko foot.

Nano hairs from a real gecko foot.

C-Bot controls its adhesive mechanism through wires that "peel" the pads underneath its feet. Wires inside flexible tubes pull foot segments.

Microscopical photographs of the bionic "gecko material". It is washable and it does not lose its adhesive features.



C-Bot leg motion.

- passive joints
- 6 x 100W fuel cells
- active spools for wire mechanism
- active joints with integrated servo engines and differentials



# SHRNUTÍ

## VÝZNAM ROBOTŮ

- Je nepochybná **významná úloha robotů** k naplnění očekávání 4. Průmyslové revoluce

## SERVISNÍ ROBOTY

- Uplatnění robotů v neprůmyslových aplikacích
- Trendem jsou **servisní roboty**

## HRC ROBOTY

- **Kolaborativní roboty** vstupují do přímé bezbariérové spolupráce s lidmi

## BEZPEČNOST ROBOTŮ

- Hlavní požadavky na nové roboty je **spolehlivost, komunikace a bezpečnost**



## Přehled použitých podkladů:

[http://www.dis.uniroma1.it/~deluca/rob1\\_en/01\\_IndustrialRobots.pdf](http://www.dis.uniroma1.it/~deluca/rob1_en/01_IndustrialRobots.pdf)

[http://www.ima-zlw-ifu.rwth-](http://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de/fileadmin/user_upload/INSTITUTSCLUSTER/Publikation_Medien/Vortraege/download//Robotics_in_industry_4.0_2Feb2016.pdf)

[aachen.de/fileadmin/user\\_upload/INSTITUTSCLUSTER/Publikation\\_Medien/Vortraege/download//Robotics\\_in\\_industry\\_4.0\\_2Feb2016.pdf](http://www.ima-zlw-ifu.rwth-aachen.de/fileadmin/user_upload/INSTITUTSCLUSTER/Publikation_Medien/Vortraege/download//Robotics_in_industry_4.0_2Feb2016.pdf)

<file:///C:/Users/LRS/Downloads/BroschuereIndustrie40EN.pdf>

[http://files.messe.de/abstracts/68353\\_Mitsubishi\\_Electric\\_Puetz.pdf](http://files.messe.de/abstracts/68353_Mitsubishi_Electric_Puetz.pdf)

<http://www.automaticaeinstrumentacion.com/es/downloads2/nelmia-michael-laughlin.compressed.pdf>

[http://www.lets2014.eu/fileadmin/content/presentations/LETS\\_Koeppe\\_Final.pdf](http://www.lets2014.eu/fileadmin/content/presentations/LETS_Koeppe_Final.pdf)

<https://pdfs.semanticscholar.org/ba6f/9b97515df9c5e46c53e6ba809a9d1cf2e2cb.pdf>

<https://www.sogeti.com/globalassets/global/special/sogeti-things3en.pdf>

<http://www.iot.tt.com.pl/en/industry-4-0>

<https://www.tractica.com/automation-robotics/collaborative-robots-in-industry-4-0/>



Děkuji za pozornost