



1a.

ÚVOD, proč senzory

(seznámení se senzory a jejich aplikacemi)

Přednášející:

prof. Ing. Miroslav Husák, CSc.

husak@fel.cvut.cz

tel.: 2 2435 2267

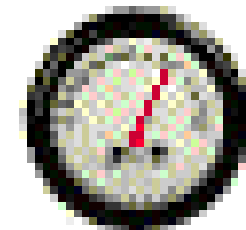
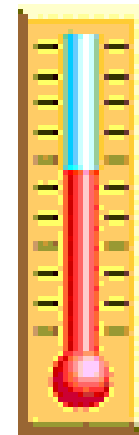
<http://micro.feld.cvut.cz>

Cvičení:

Ing. Adam Bouřa, Ph.D.

Ing. Alexandr Laposa, Ph.D.

Ing. Tomáš Teplý



Vznik a vývoj mikrosenzorů a mikrosystémů

A Bit of History: *“mind the step”*

Vznik a vývoj senzorů, mikrosenzorů je motivován především novými poznatky z oblastí:

- nové materiály
- mikroelektronické technologie
- fotonika a optoelektronika
- Informační technologie (sítě)
- další obory

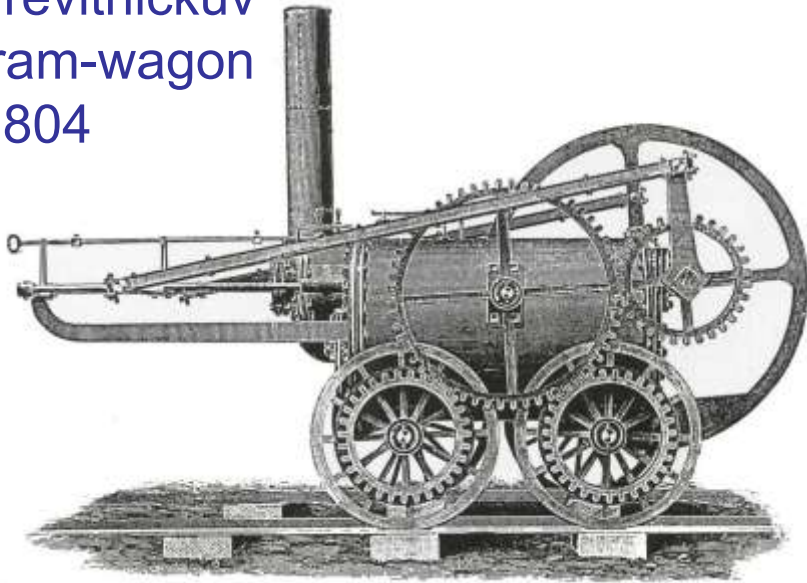
THINK
OBSERVE
DISCUSS
LISTEN
READ

Worldwide EVOLUTION

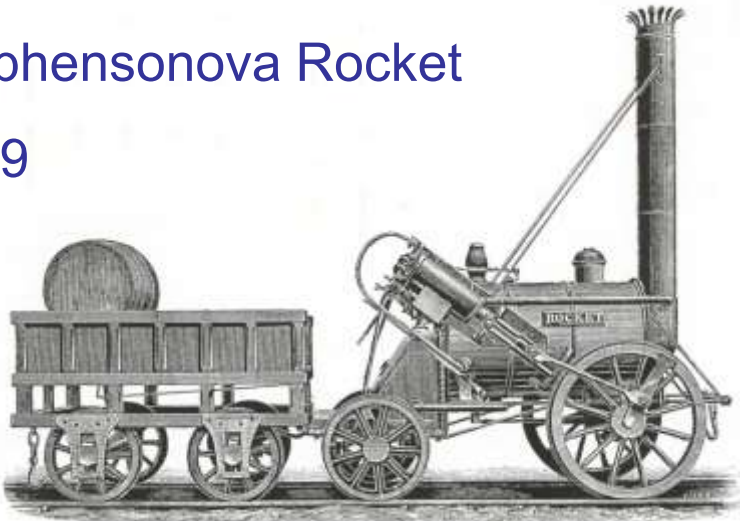


Rozvoj mechaniky

Trevithickův
tram-wagon
1804



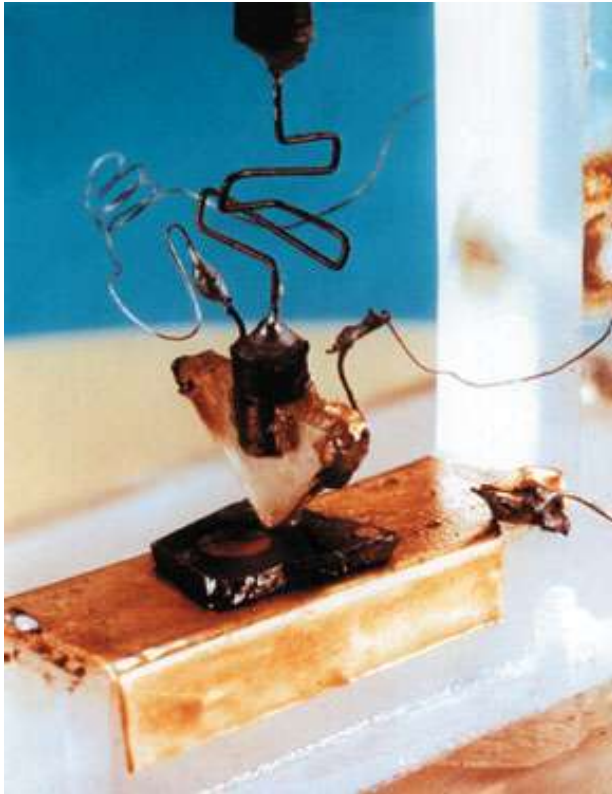
Stephensonova Rocket
1829



Škoda 1960



Vývoj elektroniky za více než 75 let

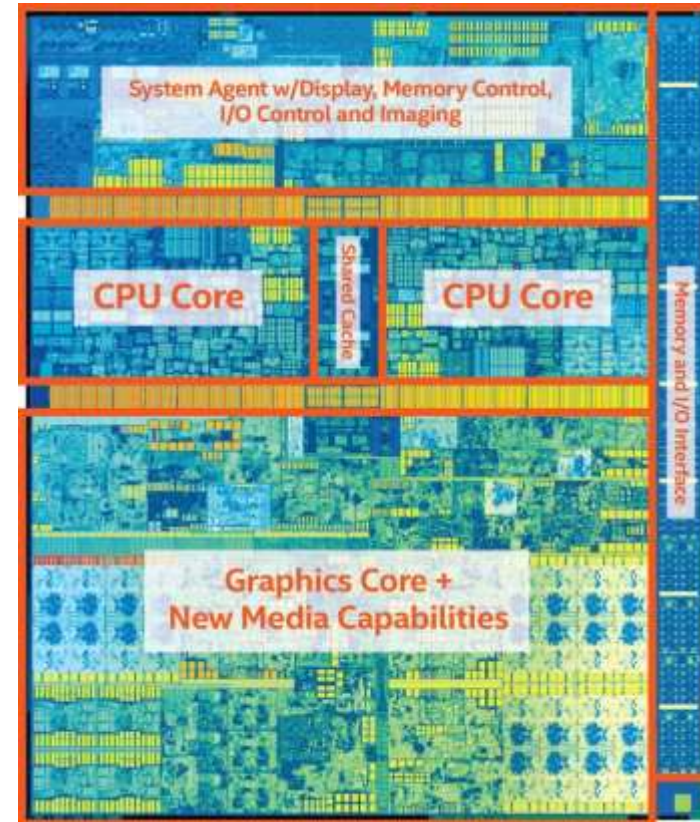


Od jednoduchých k
výrazně složitějším
systémům

1947 tranzistor
(Baardeen, J. et al.)

2020 Xeon Ice Lake
(10 μm Intel technologie)

Více než 10^9 tranzistorů



Penryn	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge	Kaby Lake	Cannon Lake
NEW Process Technology 45nm	NEW Microarchitecture 45nm	NEW Process Technology 32nm	NEW Microarchitecture 32nm	NEW Process Technology 22nm	14 nm	10 nm
2007				2012	2017	2022

Vývoj elektroniky za 75 let

1949 první
tranzistor mimo
Bell laboratoří

substitute transistors one-for-one for vacuum tubes. In summary talk, Jack Morton supercharged attendees to take a BTL transistor technology to the outside world.

The first very aggressive firm which appreciated the potential of semi-conductors for advanced electronic system was Hughes Aircraft Company. Si Ramo, Dean Wooldridge and Burt Miller of Hughes hired Harper Q. North, who was previously with MIT Radiation Laboratory and General Electric to start Hughes Advanced Electronic Development Laboratory. In April 1949 North hired a young engineer Sanford H. Barnes to duplicate Bell Laboratories' point-contact transistor. Barnes worked for six months; he had no germanium crystals so he was using large crystalline grain from polycrystalline germanium which he polished. This was a very difficult process and Barnes was able to demonstrate only some feasibility of a new device; however no device really worked as a transistor. The project was scrubbed by the end of 1949.

The first point-contact transistors built successfully outside Bell Laboratories (and before Bell released details about technology) were designed by Helmar Frank and Jan Tauc in Prague. They had only limited information published by Bell scientists in Physical Review, but they had germanium crystals of very good quality which the Germans used for microwave diodes in their radar research. Professor Frank actually developed a more advanced method of "contact sharpening" than the method developed by Pfann. Frank and Tauc transistors did not need any contact adjusting and there was no window to access point contacts. (Fig. 1.24). Some of these devices survived until now and they are still working⁷.

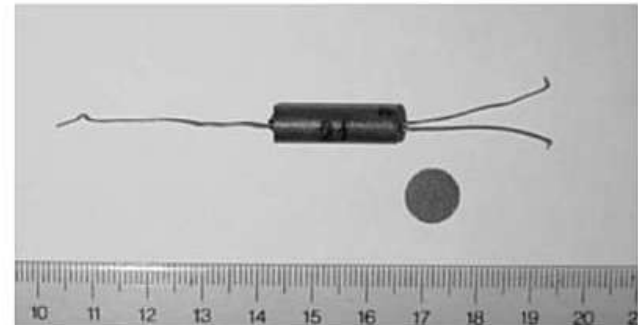


Fig. 1.24. The first European point contact transistor designed by H. Frank and J. Tauc in 1949. "dot" is unpolished Germanium sample

⁷ The author "inherited" germanium samples from Prof. Frank, and learned how to build point-contact transistor from scratch. The whole procedure takes about sixty minutes. No really special tools are needed.



Jak je rychlý rozvoj ostatních oblastí

1948

- Rychlost 100 km/hod
- Spotřeba 12 l/100 km
- Nosnost 5 lidí
- Cena 30 tis. Kčs



1948

2024

- Rychlost 16 000 km/hod?
- Spotřeba 0,2 l/100 km?
- Nosnost 10^6 lidí?
- Cena 3,60 Kč?



2024

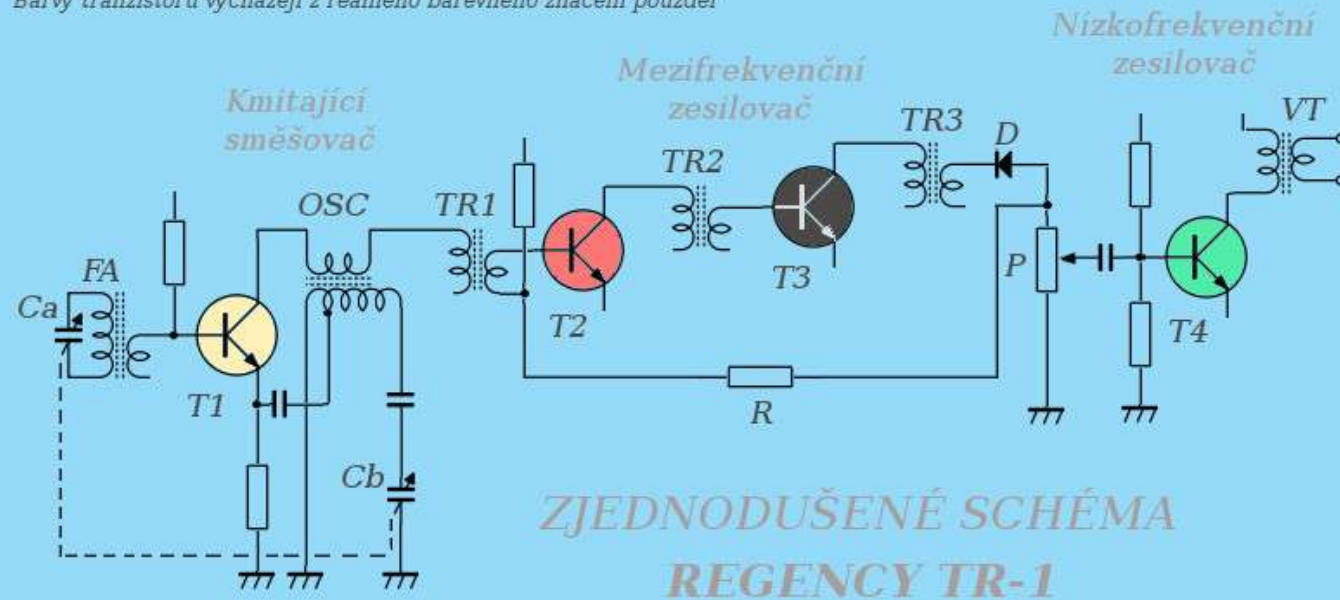


Rozvoj elektroniky

- První tranzistorový radiopřijímač na světě 1954
- Regendy TR-1
- vyvinutý v TI, výroba firma IDEA
- 4 tranzistory



Barvy tranzistorů vycházejí z reálného barevného značení pouzder



Rozvoj elektroniky

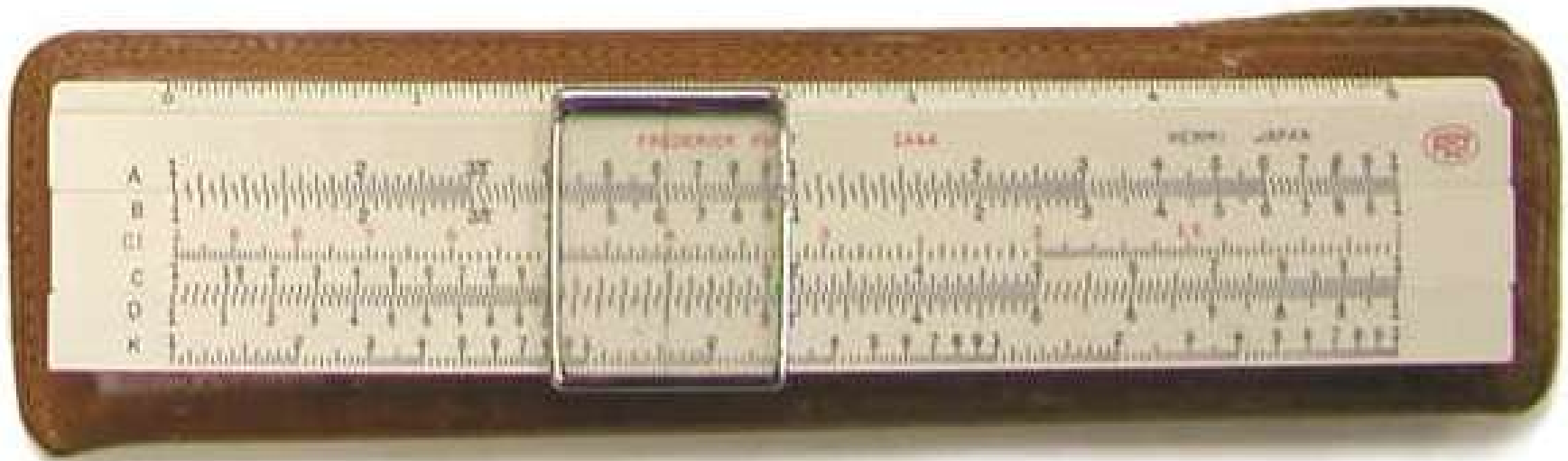
První československý tranzistorový radiopřijímač T58 /A (1958 – 1960)



- Obsahoval 27 kondenzátorů, 33 rezistorů a 2 potenciometry
- Výrobek z TESLY Lanškroun

Rozvoj výpočetní techniky

Logaritmické pravítko

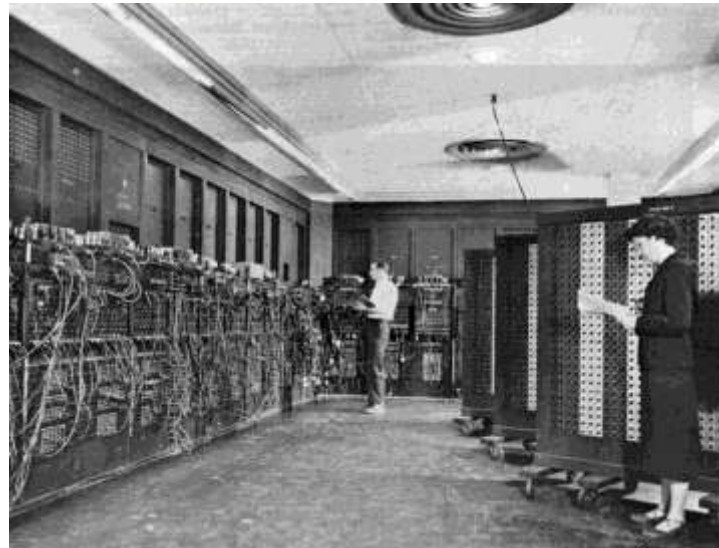


První sálový počítač ENIAC

14.2.1946

Plocha 150 m²

Příkon 300 kW



Rozvoj výpočetní techniky

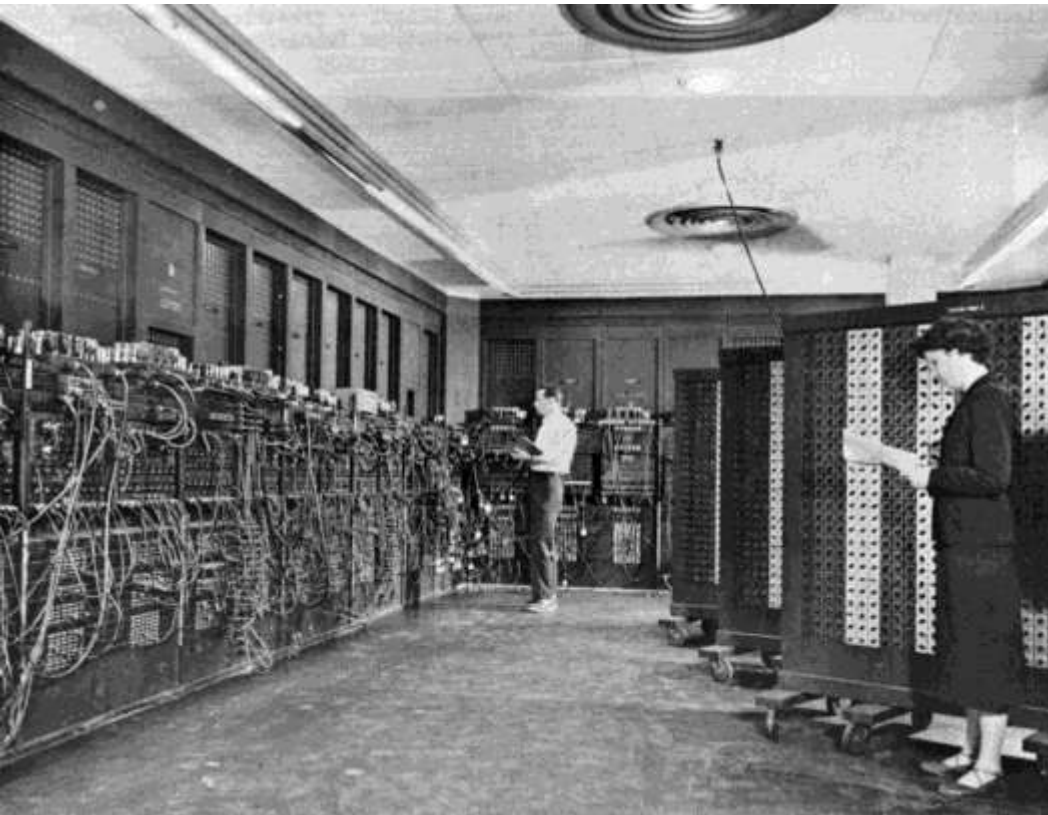
První elektronický počítač ENIAC

14.2.1946

Plocha 150 m²

Příkon 300 kW

Pracoviště vkládání
programu do stroje



Obsahoval 17 468 elektronek, 7200 krystalových diod, 1500 relé, 70 000 rezistorů, 10 000 kondenzátorů, cca 5 mil. ručně pájených spojů, hmotnost 30 t, zabíral 63 m³, spotřeba 150 kW, cena vývoje 500 tis USD.

Vstup i výstup - děrné štítky

Poruchovost - téměř každý den vyhořelo několik elektronek, traduje se, že když byl zapojen, pouliční světla Philadelphie slabě poblikávala. Do 1948 zabíralo odstraňování závad až polovinu užitného času.

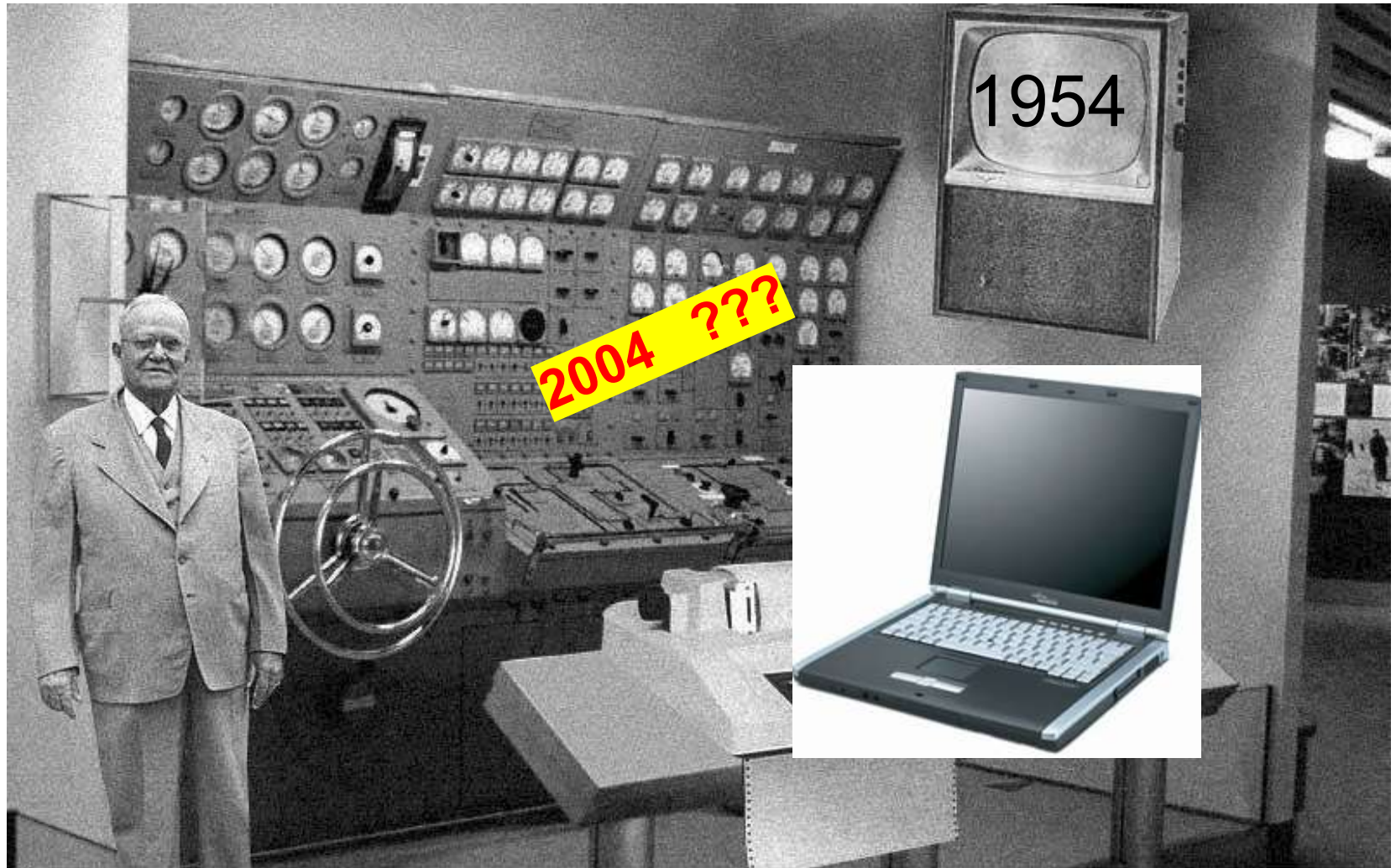
Výpočty a programování

Používal desítkovou soustavu, byl programován přepínači.

Využití

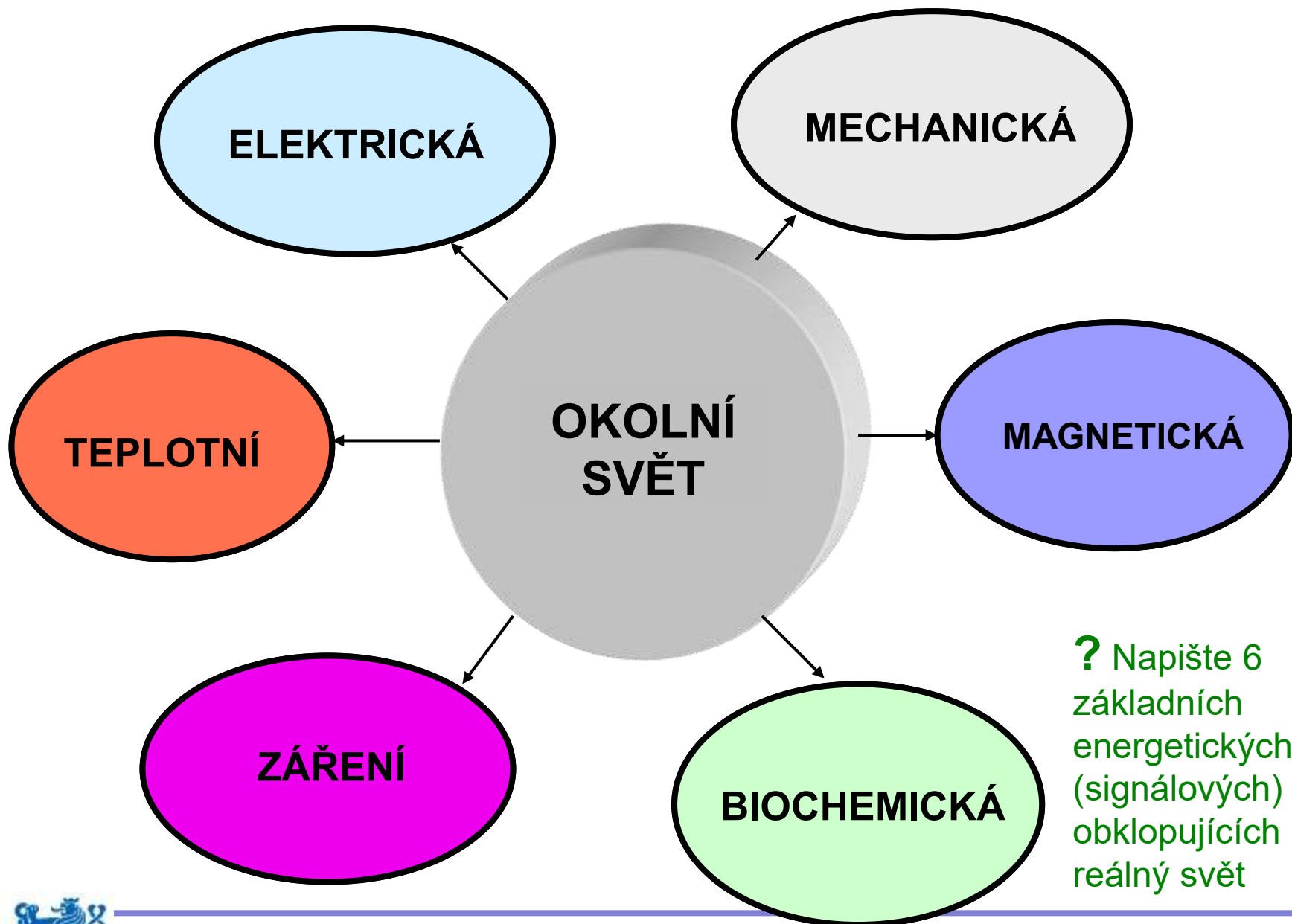
Určen pro výpočty palebných tabulek pro dělostřelectvo US army za druhé sv. války, válka skončila dříve nežli mohl být stroj ve válce využit., pomáhal s výpočty pro výpočet atomové bomby - výpočty se prováděly paralelně ručně v Los Alamos a současně i na ENIACU a výsledky se kontrolovaly vzájemným porovnáváním)

Rozvoj výpočetní techniky



Článek z časopisu "Popular Mechanics" z roku 1954:

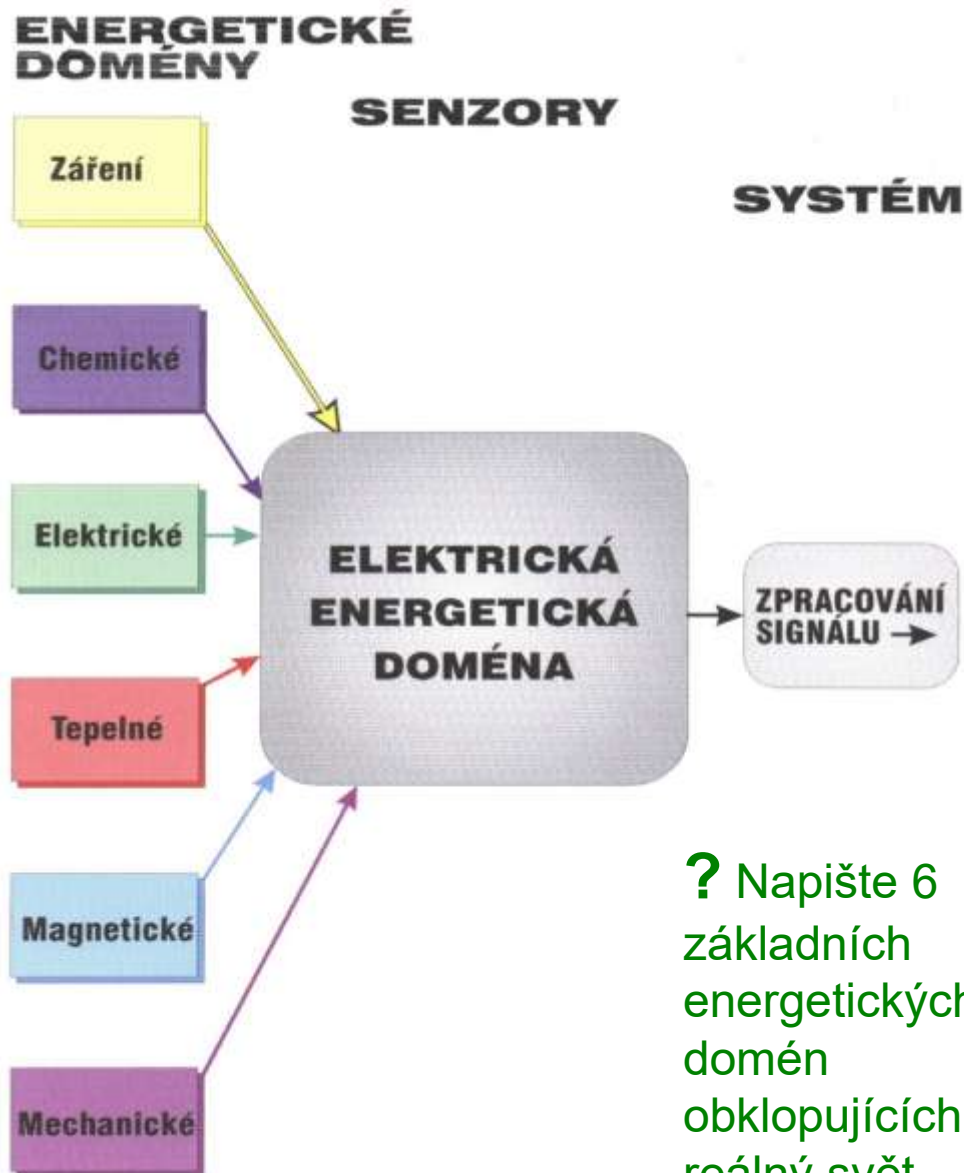
Vědci ze společnosti RAND vytvořili model "domácího počítače", jak by mohl vypadat v roce 2004. Potřebné technologie však nebudou pro průměrnou domácnost ekonomicky dosažitelné. Vědci též přiznávají, že tento počítač bude ke své skutečné činnosti potřebovat dosud nevytvořené technologie, ale dá se očekávat, že technický pokrok tyto problémy za 50 let vyřeší. S teletextovým rozhraním a záznamem Fortran bude tento počítač pro každého snadno použitelný. Co dodat? Snad jen, že **místo kormidla máme myš!** ;)



? Napište 6 základních energetických (signálových) domén obklopujících náš reálný svět

Senzor

měří veličiny ze vstupních energetických (signálových) domén okolního reálného světa



? Napište 6 základních energetických domén obklopujících náš reálný svět

TRANSDUCER

Obecný neelektrický převodník

AKTUÁTOR

Výstupní transducer.

Převodník elektrické veličiny na neelektrickou

SENZOR

Vstupní transducer.

Převodník neelektrické veličiny na elektrickou

MIKROSYSTÉM

SENZORY

AKTUÁTORY

PROCESOR

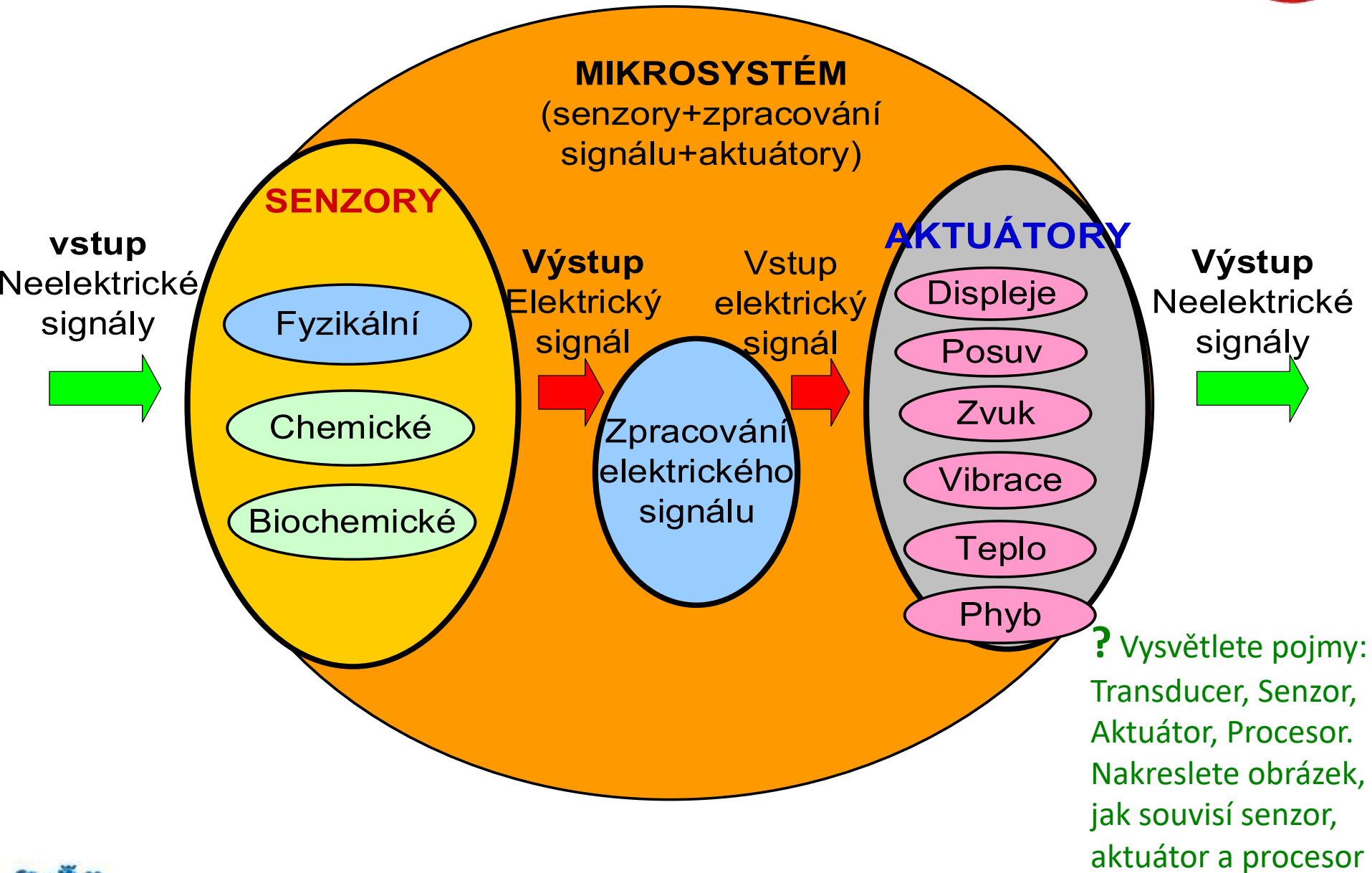
PROCESOR

Elektrický transducer.

Soustava elektrických převodníků A/A, A/D, D/D, D/A.

? Vysvětlete pojmy: Transducer, Senzor, Aktuátor, Procesor. Nakreslete obrázek, jak souvisí senzor, aktuátor a procesor





Čidlo nebo senzor?

Čidlo

- používalo se v době, kdy pojem senzor neexistoval, resp. senzorem byly velmi jednoduché součásti, např. termistor
- Pojem setrvačností přetrvává v našem průmyslu

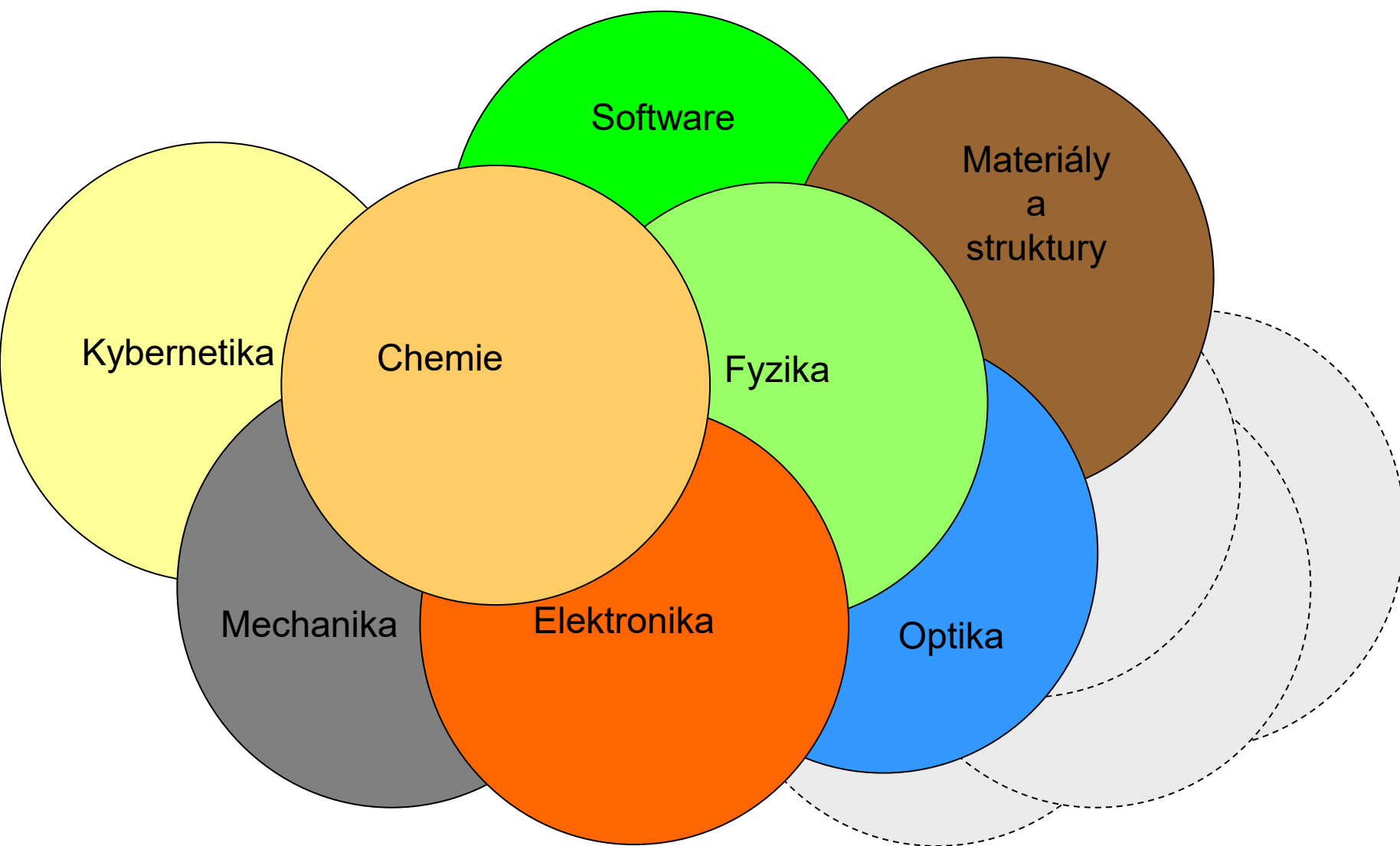
~~Čidlo~~ → **Senzor**

Senzor

- pojem používaný v současnosti, může být jednoduchý (např. termistor) nebo integrovaný včetně vybavení inteligencí
- zcela nahradil pojem čidlo

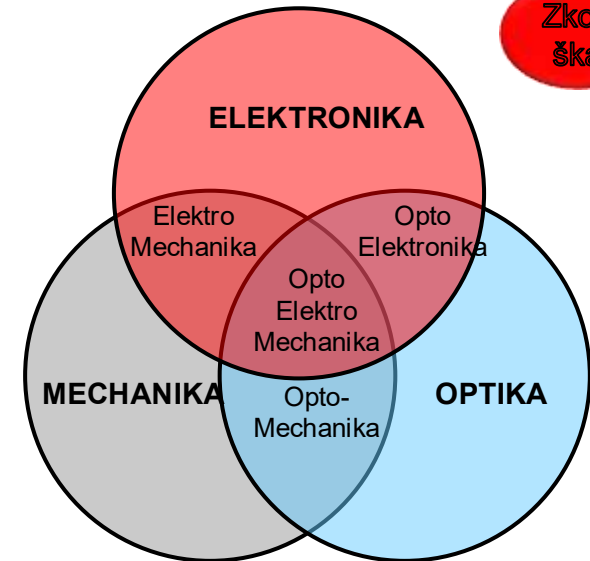
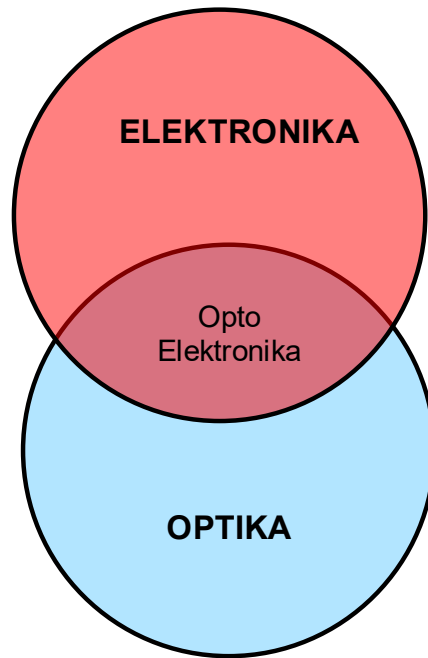
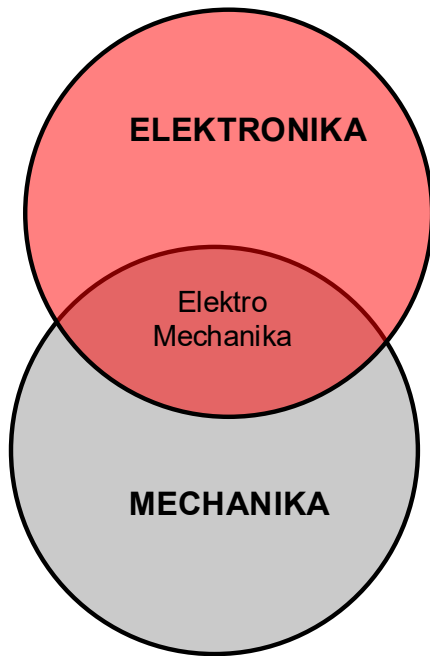


Senzor – propojení různých oborů

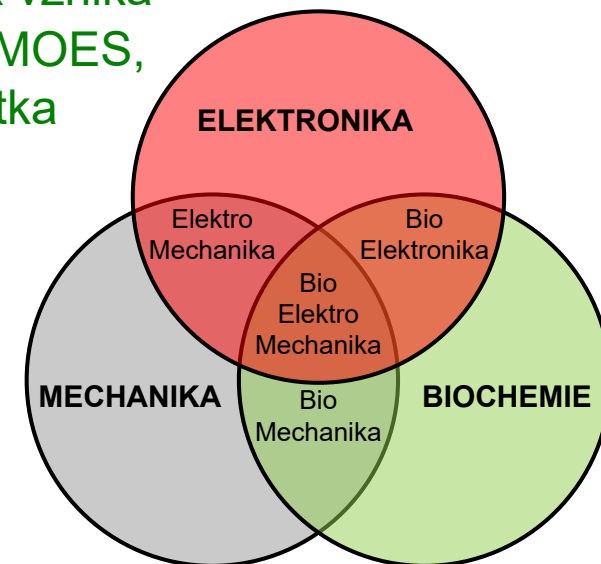


MEMS, MOEMS, BIOMEMS apod - Multidisciplinárity

Zkouška

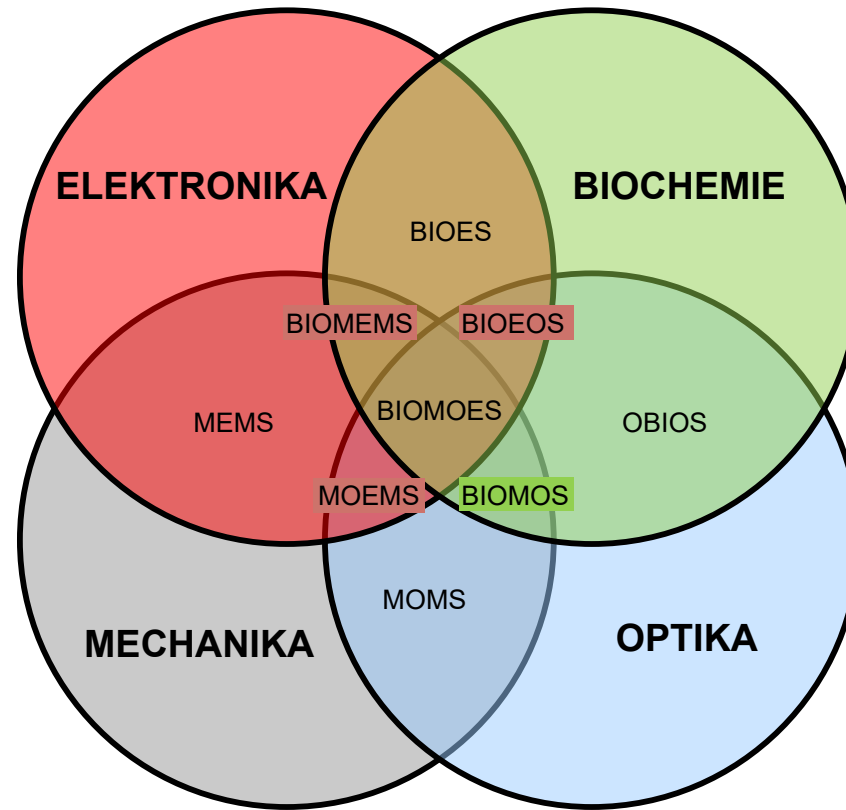


? Nakreslete, jak vzniká doména MEMS, MOES, co vyjadřuje zkratka



MEMS	Mikro-elektro-mechanický systém
MOEMS	Mikro-opto-elektro-mechanický systém
MOES	Mikro – opto – elektrický systém
MOMS	Mikro – opto - mechanický systém
BIOMEMS	Mikro-bio- elektro-mechanický systém

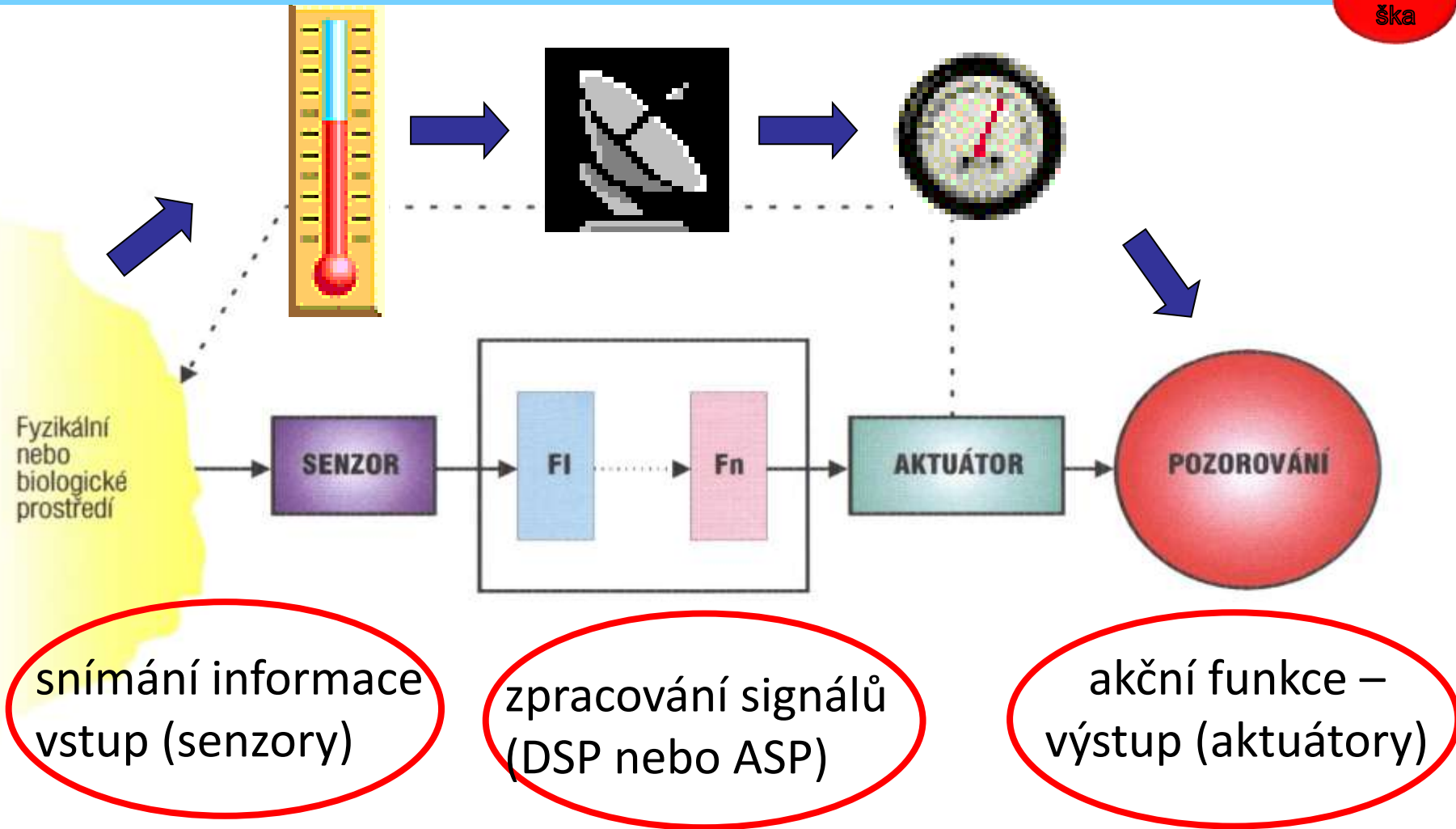




? Nakreslete příklad průniku 4 energetických domén

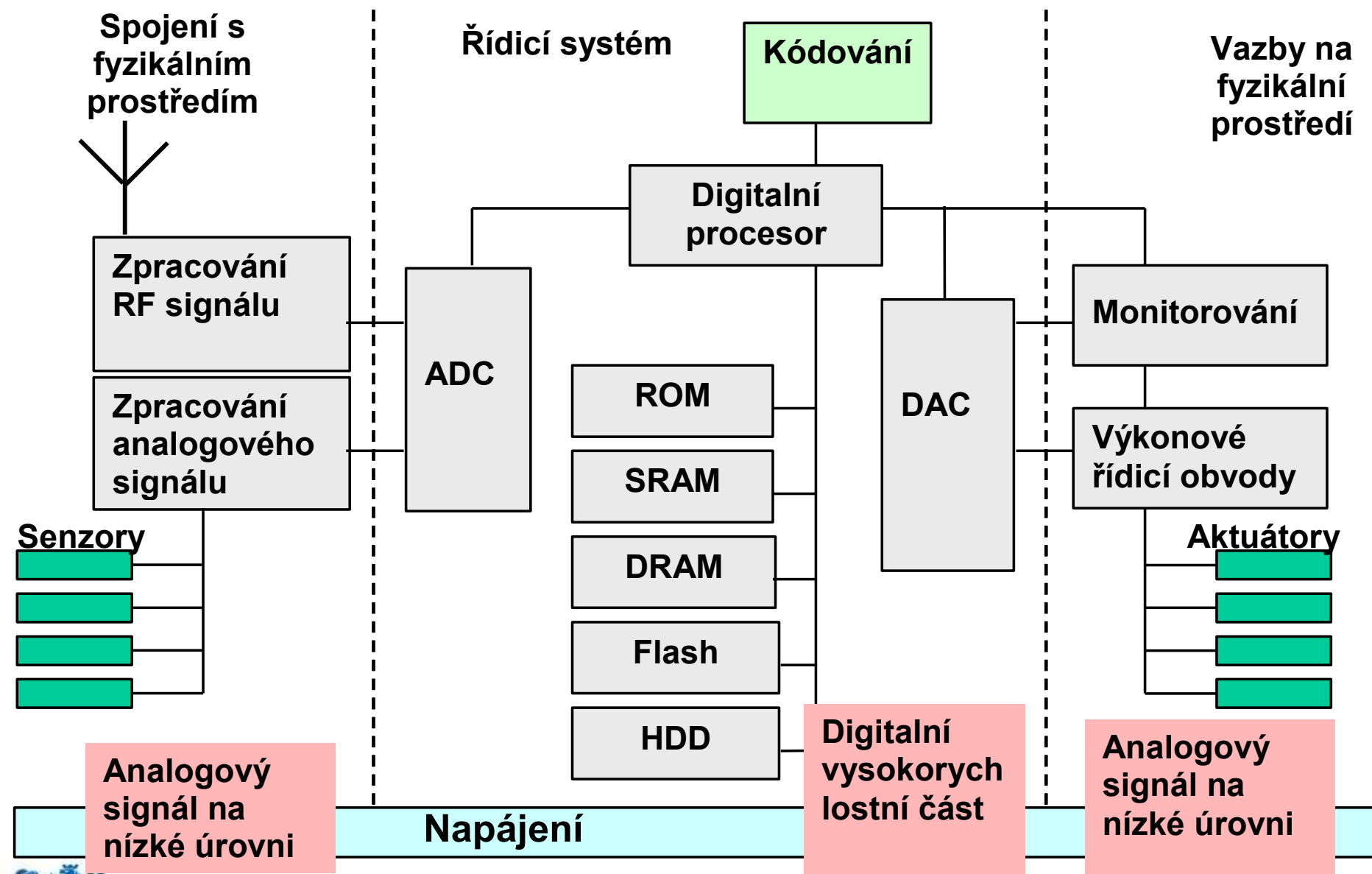
Senzory jsou součástí měřicího (regulačního) řetězce

Zkouška

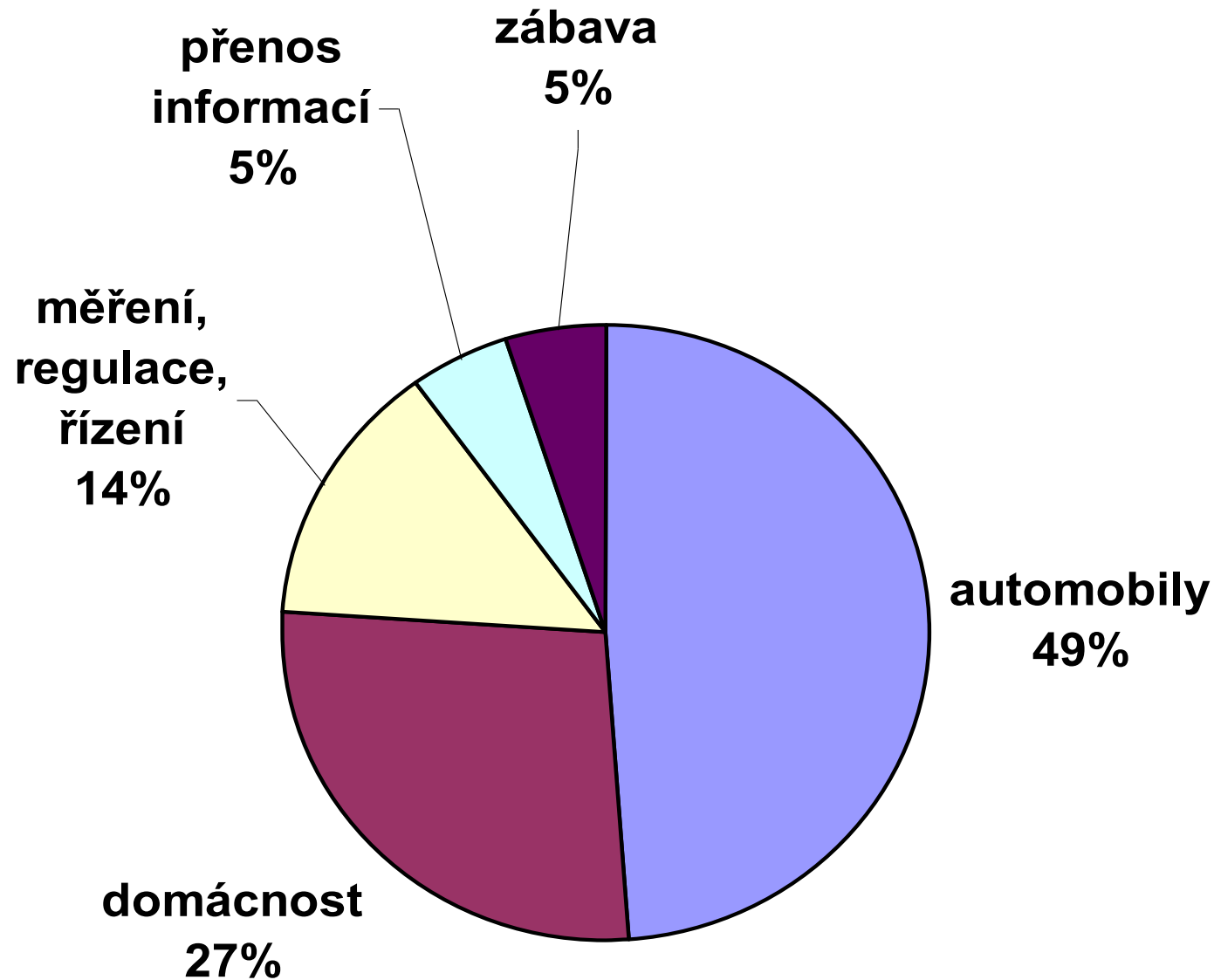


? Uvedte 3 hlavní funkce (části) měřicího (regulačního) řetězce

Spojení senzorů a vyhodnocování signálů



% rozdělení senzorů v jednotlivých oblastech

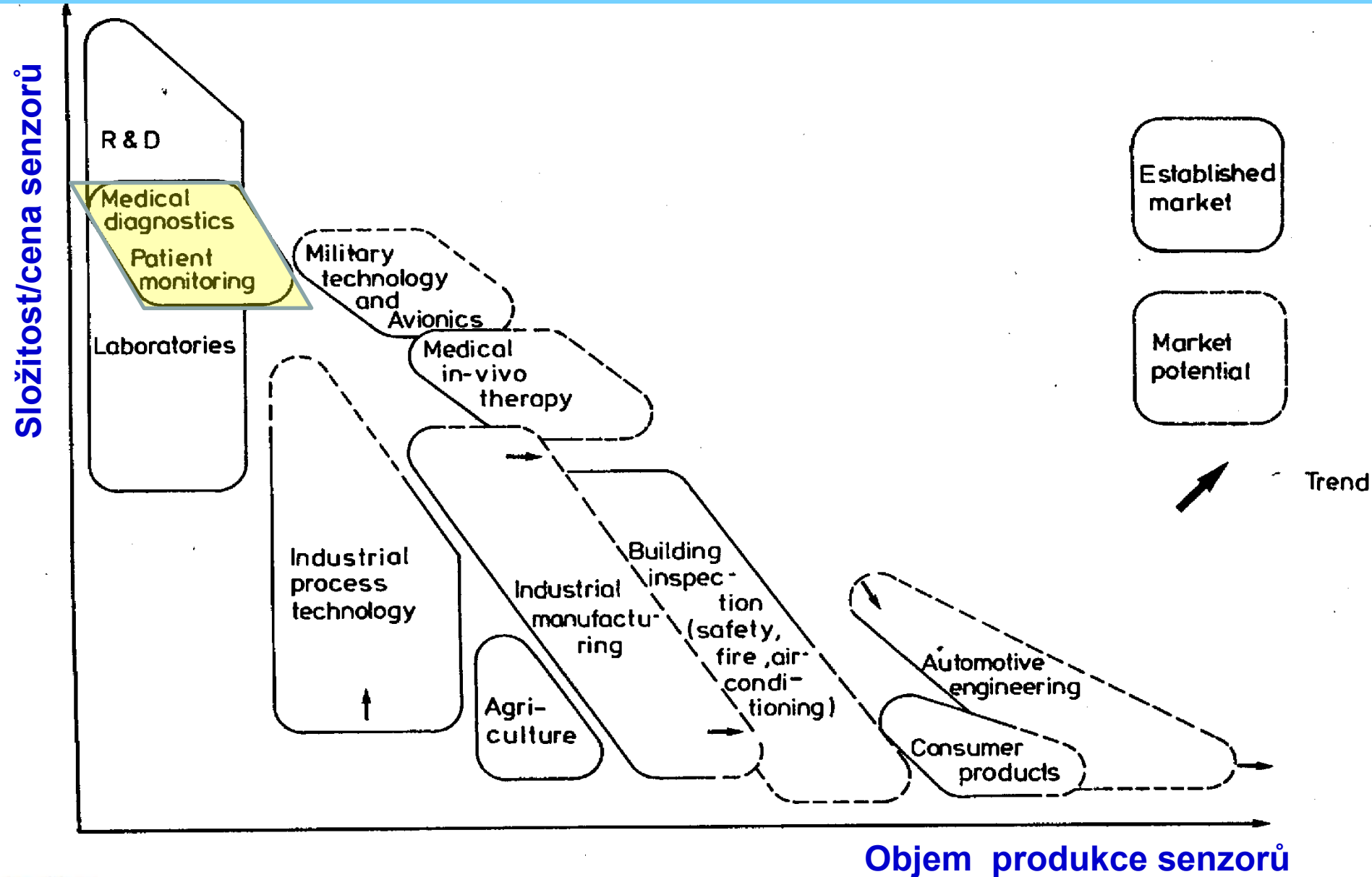


Typické oblasti využití senzorů a aktuátorů

- tlakové senzory
- akcelerometry
- gyroskopy
- průtokové senzory
- infračervené senzory
- náklonoměry
- chemická analýza
- biometrické senzory
- biomedicínská diagnostika
- kardiostimulátory
- naslouchadla
- Čtecí/zapisovací hlavy
- inkoust. trysk. hlavy
- mikrodispleje
- drug delivery systems
- optické myši
- magneto-optické hlavy
- mikrospektrometry
- MOEMS
- RF-MEMS
- mikromotory



Trendy v senzorových technologiích versus trh



I. První generace

- využití **základních fyzikálních jevů**
- **vývoj ukončen**
- př.: odporová, indukční, kapacitní, termoelektrická, piezoelektrická, atd..
- využití v automatizaci a robotizaci

? Definujte I, II a III generaci senzorů – charakteristické znaky

II. Druhá generace

- **Využití polovodičů**
- **Integrace** s elektronikou
- Výrazně lepší parametry (citlivost, miniaturizace, dynamické vlastnosti, přesnost, atd.)
- **Řady a matice** senzorů v jednom pouzdře
- **Multisenzory**
- Význam pro robotiku
- Stále ve vývoji



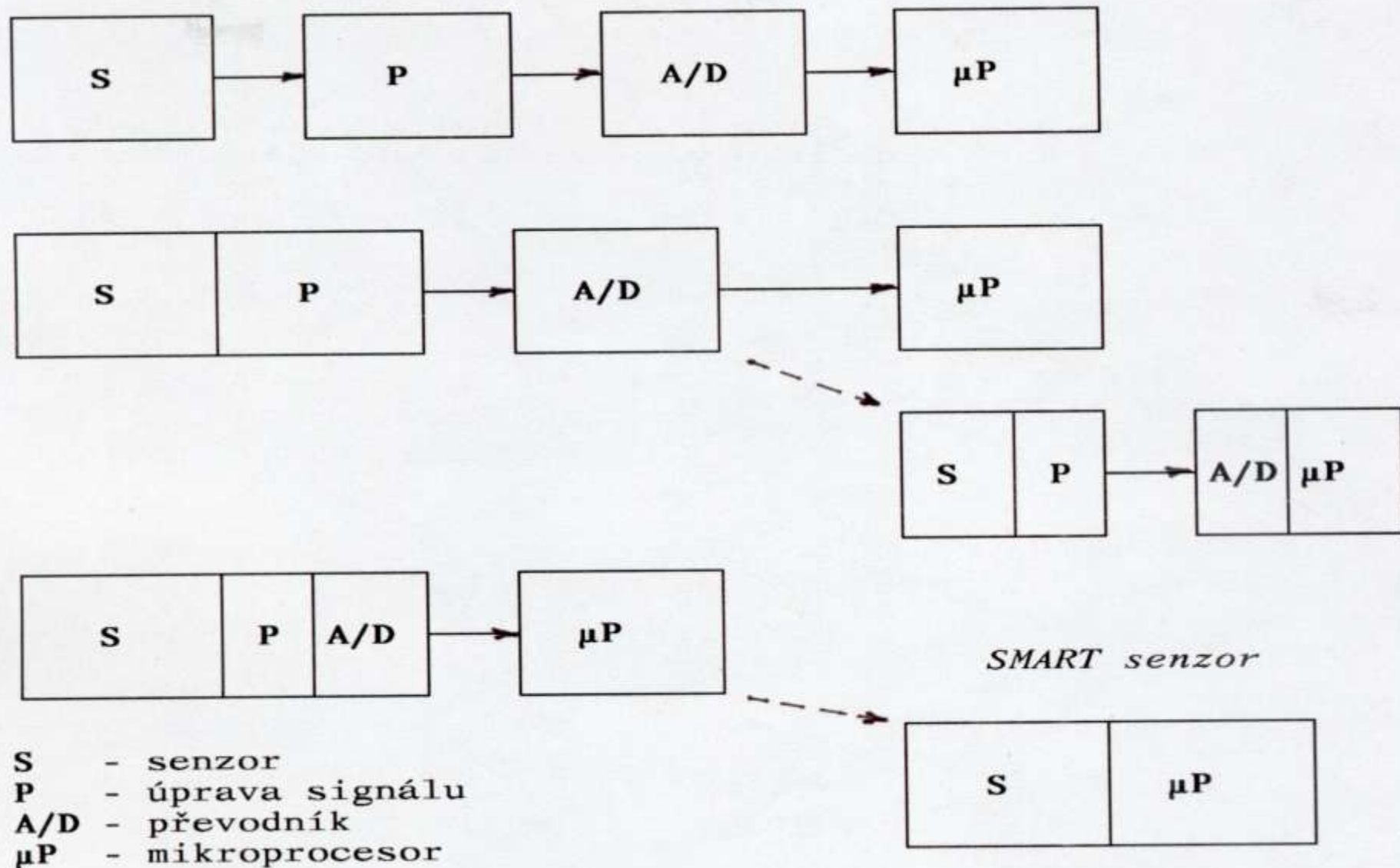
III. Třetí generace

? Definujte I, II a III generaci senzorů – charakteristické znaky

- Fotonické - optické vláknové senzory, optoelektronické další
- Přenos signálů pomocí optických vláken
- Vyjíměčné vlastnosti
- Využití ve všech oblastech průmyslu
- Ve vývoji

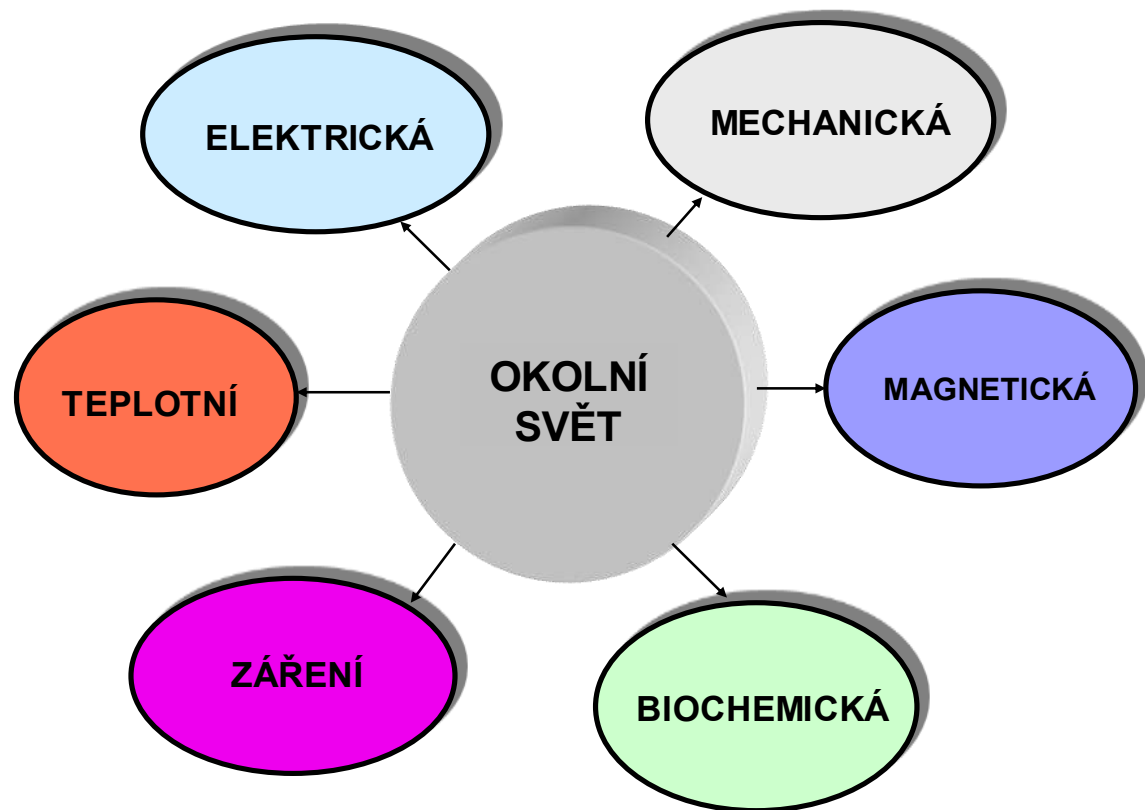


Vývoj senzorů 2. generace



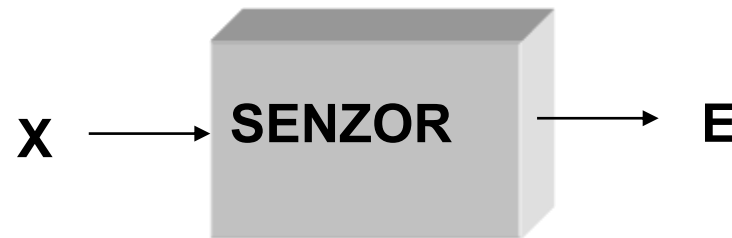
Rozdělení senzorů - podle vstupních signálů

1. Mechanické veličiny
2. Tepelné veličiny
3. Chemické a biochemické veličiny
4. Záření
5. Magnetické veličiny
6. Elektrické



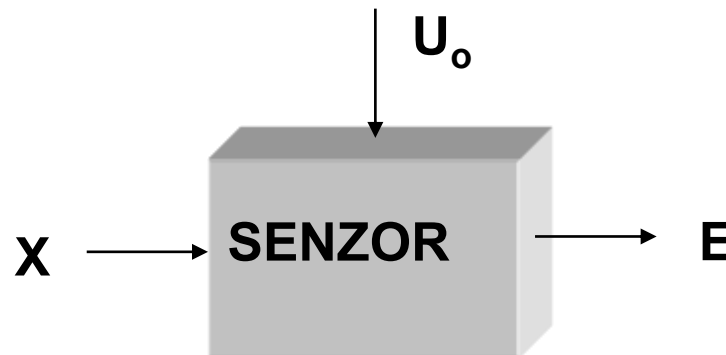
Aktivní
(generátorové)

termočlánek



Pasivní
(modulační)

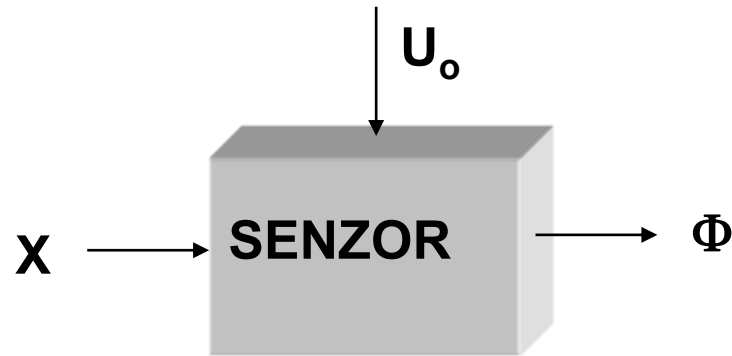
termistor



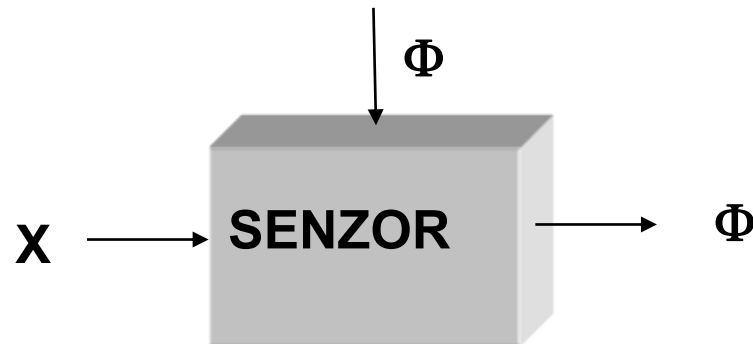
? Aktivní a pasivní senzory. Definujte aktivní a pasivní senzor. Uveďte konkrétní příklady senzorů pro obě skupiny. Principiální blokové zapojení pro měření fyzikální veličiny (pasivní a aktivní senzor)

Rozdělení senzorů - podle napájení (fotonické)

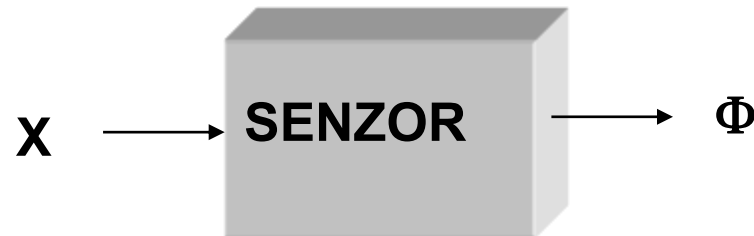
**Elektrické
napájení**



**Napájení
světelným
tokem**



Bez napájení



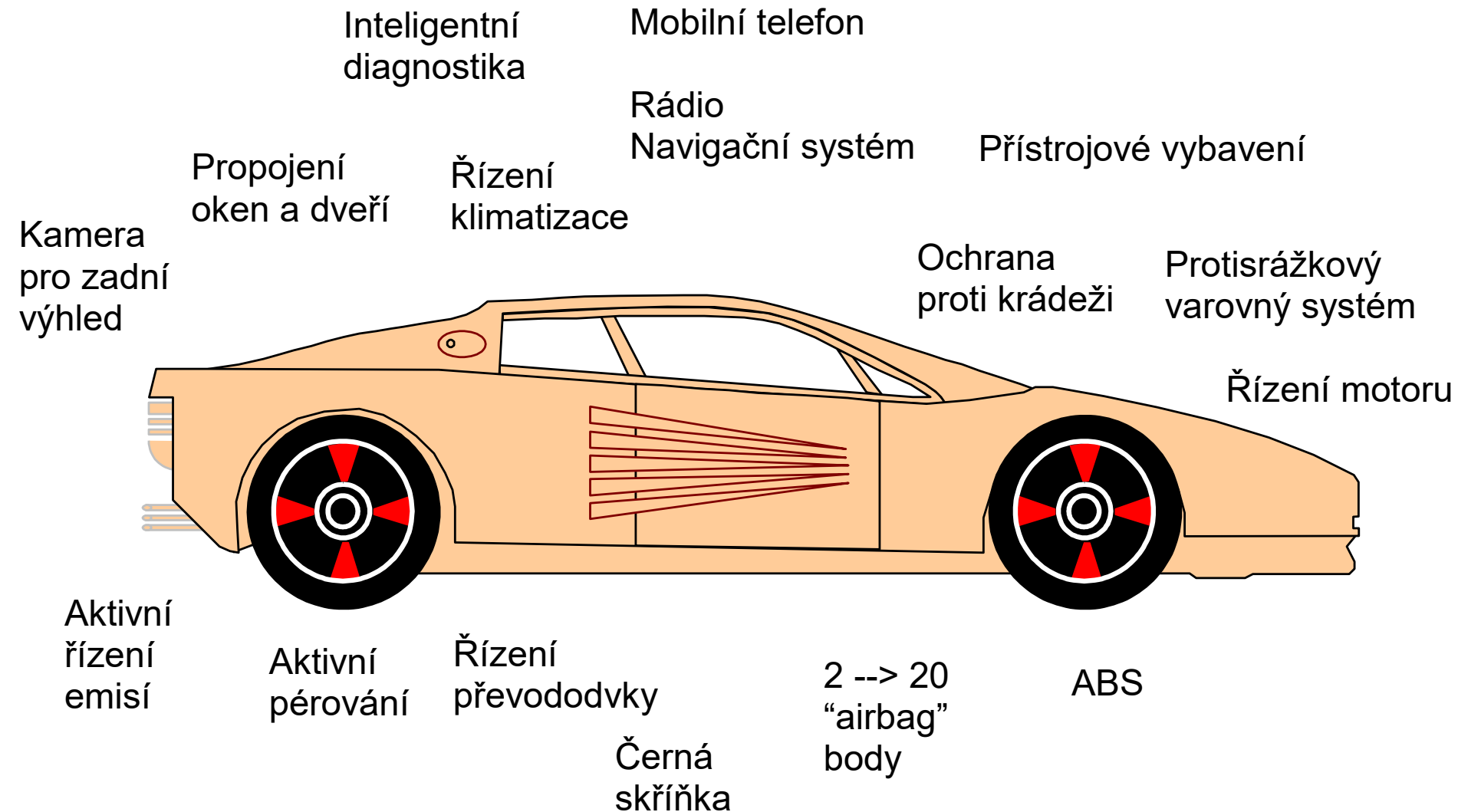
- Jednoznačná závislost výstupní veličiny na veličině vstupní
- Vhodný tvar základní přenosové charakteristiky
- Velká citlivost
- Požadovaná přesnost
- Časová stálost
- Vhodná frekvenční charakteristika (časová konstanta)
- Minimální závislost na parazitních parametrech (teplota, tlak, vlhkost,...)
- Minimální zatěžování měřeného prostředí (velký vstupní fyzikální odpor)
- Minimální ovlivňování okolního fyzikálního nebo jiného prostředí (parazitní vliv senzoru)
- Co největší výstupní elektrický signál
- Spolehlivost

? Napište alespoň 5 základních požadavků na výběr senzoru

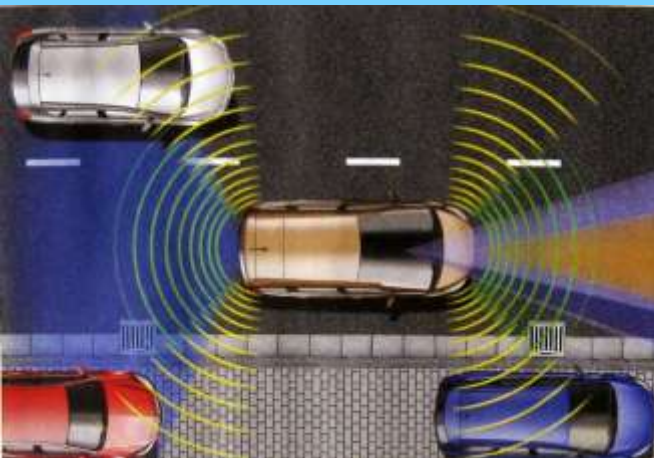
Nikdy nelze splnit všechny požadavky - výběr senzoru je kompromisní řešení



Aplikace senzorů v automobilech



Aplikace senzorů



Audi A6 allroad quattro – asistenční systémy

PŘEDNÍ KAMERA:

- udržování v jízdním pruhu
- udržování bezpečné vzdálenosti
- ukazatel rychlostního limitu
- upozornění na vozy před vámi
- asistent adaptivních světlometů

POSTRANNÍ SENZORY:

- parkovací asistent

ZADNÍ KAMERA:

- inteligentní parkovací asistent s kamerou pro couvání
- parkovací asistent s kamerou pro couvání (podle stupně výbavy)

PŘEDNÍ SENZORY:

- udržování bezpečné vzdálenosti
- inteligentní parkovací asistent
- parkovací asistent



ZADNÍ SENZORY:

- inteligentní parkovací asistent
- parkovací asistent

ZADNÍ RADAROVÉ SENZORY:

- upozornění na vozidlo ve vedlejším pruhu
- upozornění na vozidlo za vámi

INFRAČERVENÁ KAMERA:

- noční asistent s detekcí chodců na vozovce

NÁRAZOVÉ SENZORY:

- přední, postranní a zadní nárazové senzory

PŘEDNÍ RADAROVÉ SENZORY:

- udržování bezpečné vzdálenosti
- upozornění na vozidlo před vámi

SARA (SENSOR ARRAY AUDI) SENZORY:

- elektrický stabilizační program
- upozornění na vozidla v okolí

Aplikace senzorů

Comfort

Tank/tire pressure
(On board diagnostics)

Tilt sensor
(headlamp aiming, security)

Inertial/pressure
(Central locking, theft protection)

Microphones/ displays
(Communication)

Rain sensor
(Wash/ wipe control)

Light sensor
(Automatic light, air conditioning)

Angular rate
(Navigation, tilt, chassis)

Air quality sensor
(Air condition)

Humidity/ temperature
(Air condition)

Atmospheric pressure sensor
(transmission control, motronic)

Manifold absolute pressure sensor
(Electronic diesel control, motronic)

Knock sensor
(Motronic)

Mass air flow sensor
(Motronic – air intake)

Angular position sensor
(Motronic – cam and crankshaft position)

Piezo actuator
(Fuel injection)

Rotational speed sensor
(Electronic transmission control, motronic)

Oil quality sensor
(Transmission and engine)

Soot sensor
(Motronic – exhaust)

High pressure sensor
(Fuel injection system, common rail)

Oxygen sensor
(Motronic - lambda)

Pedal position sensor
(Electronic accelerator, electro-hydraulic brake)

Powertrain

Radar 77 GHz
(lateral control, obstacle detection)

Infrared
(Night vision system)

Radar 24 GHz
(Pre-crash, parking aid)

Steering wheel angle sensor
(Vehicle dynamics)

Rotational speed
(Antilock braking system)

Pressure sensor
(Vehicle dynamics, crash detection)

Yaw rate
(Electronic stability program)

Angular rate sensor
(Roll over)

CMOS camera
(parking aid)

Inertial sensors
(airbag and stability control)

Out of position sensor
(Airbag)

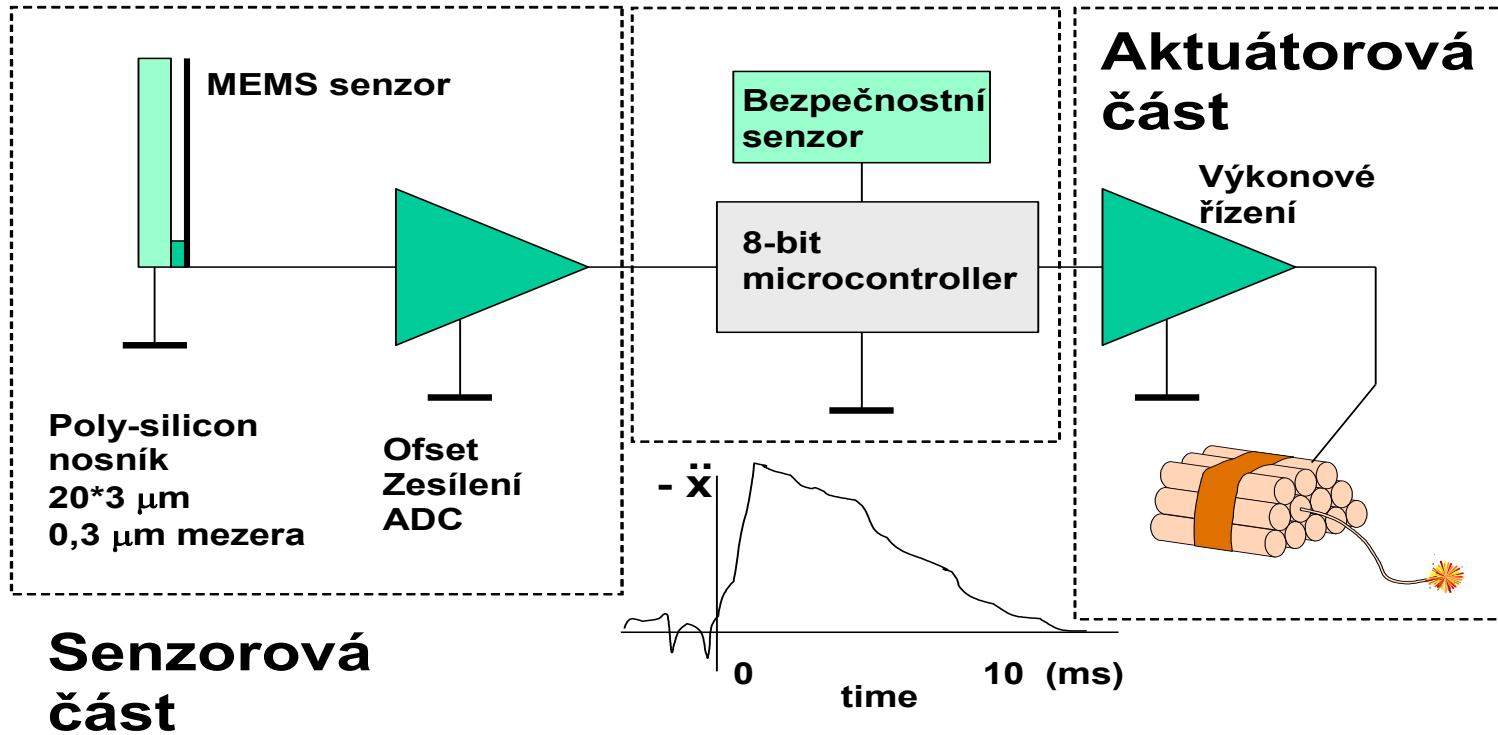
Seat occupancy sensor
(Airbag)

Safety

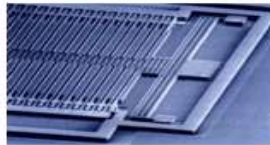


Airbag

Digitální zpracování signálu



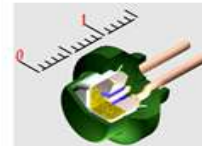
Senzor akcelerometr



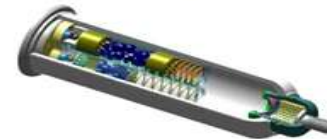
Elektronická řídicí jednotka



Spouštěcí modul



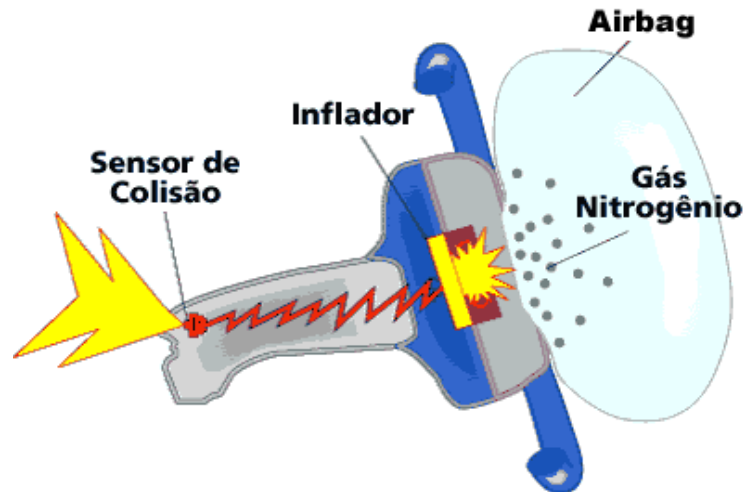
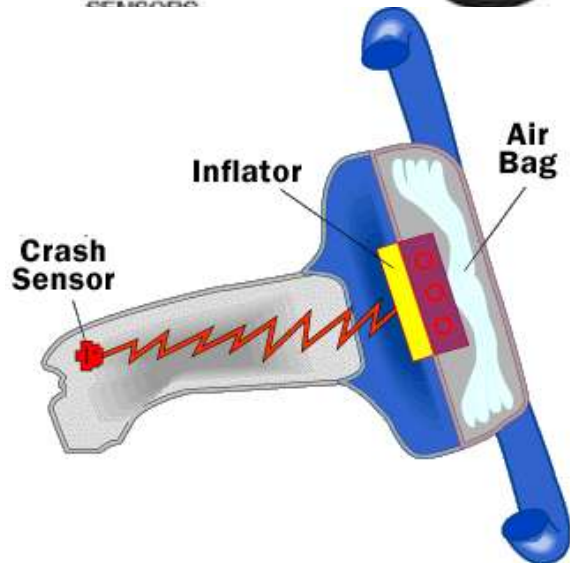
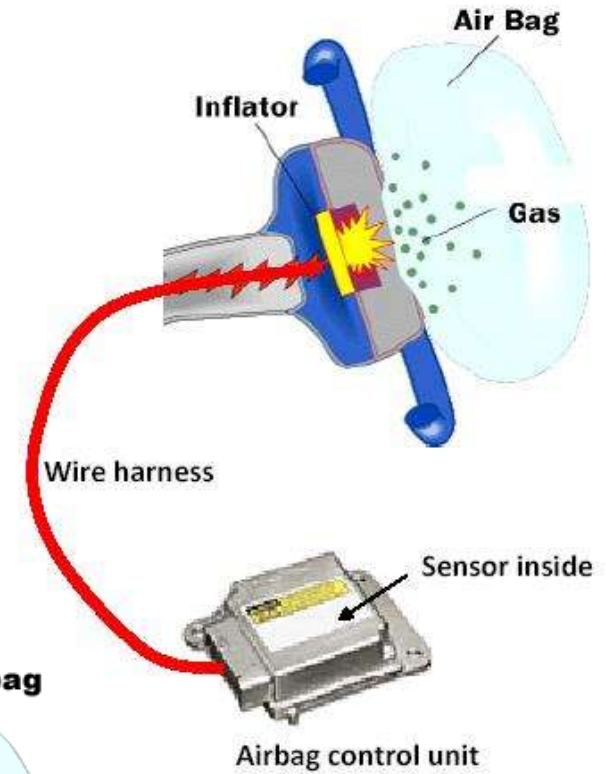
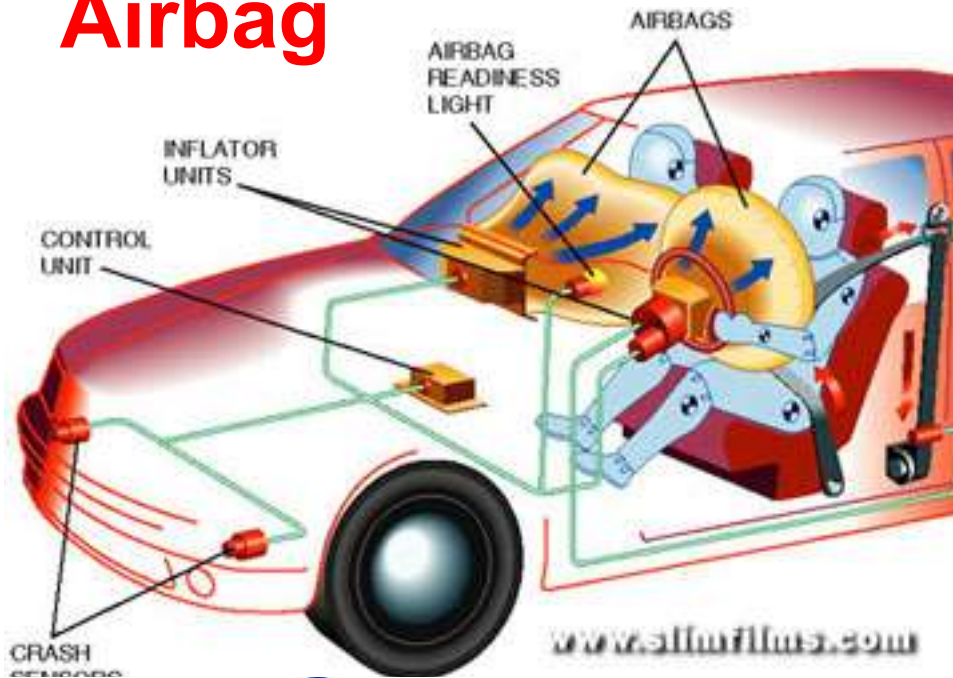
Pumpa



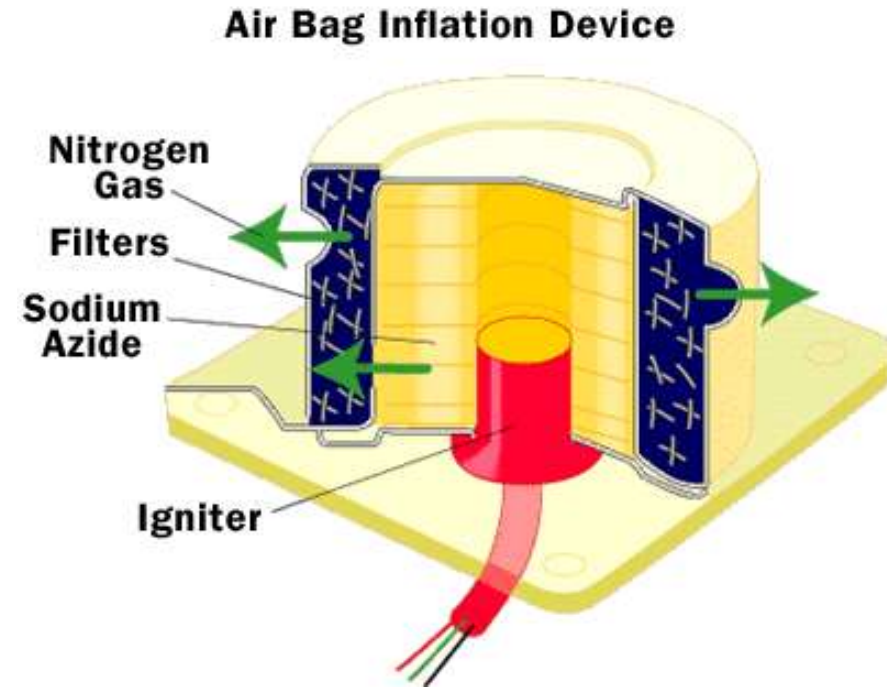
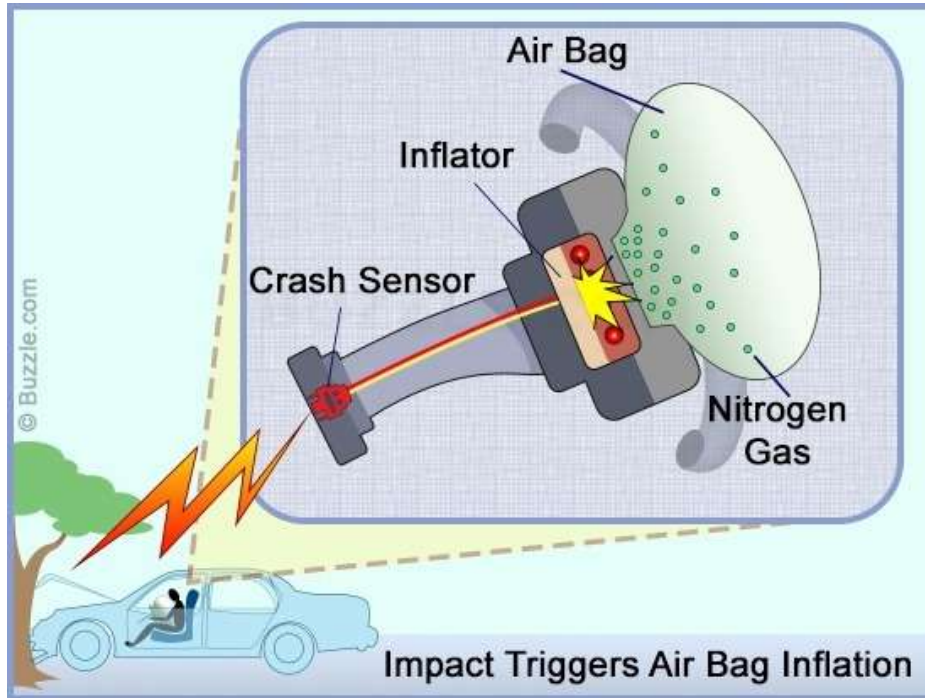
Vak



Airbag

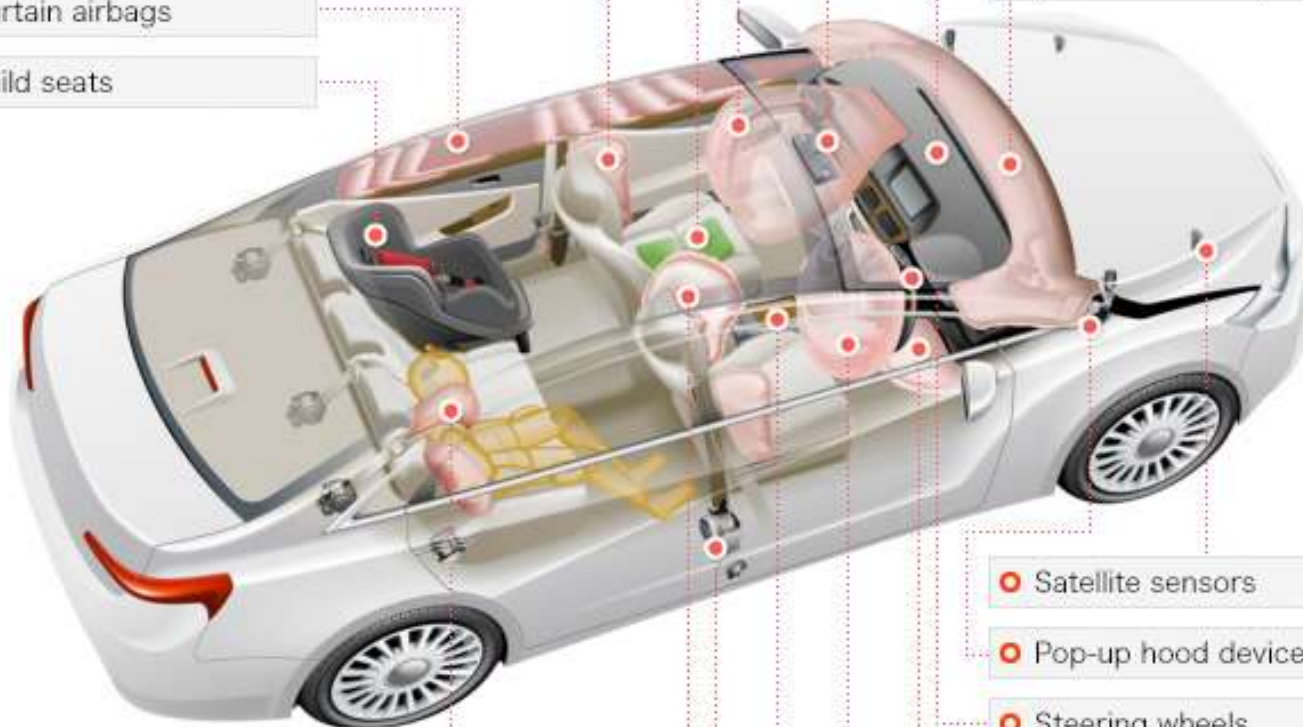


Airbag



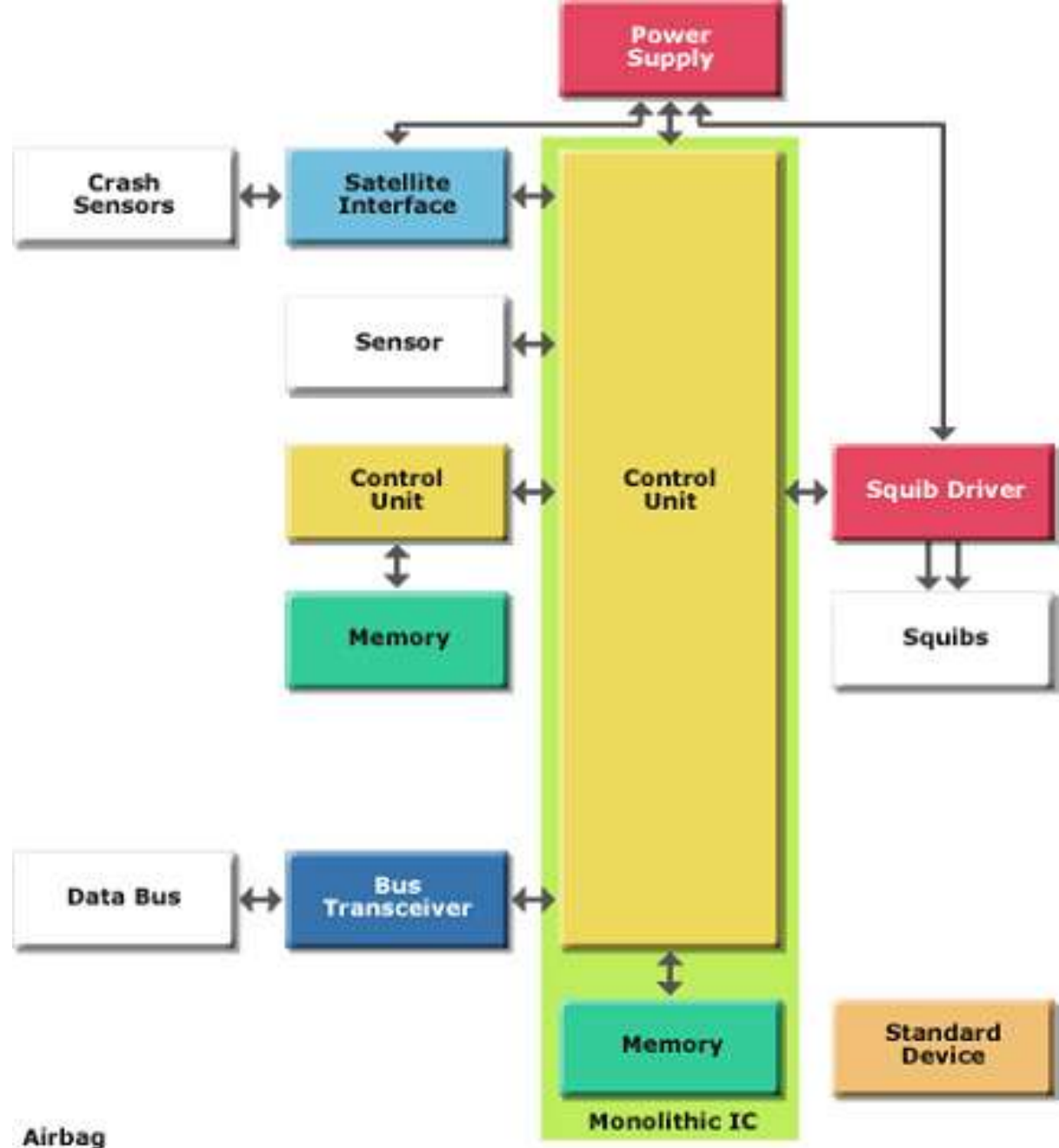
Airbagy v autě

- Occupant classification sensors
- Side airbags
- Curtain airbags
- Child seats
- Rear seat belts (Airbelts)
- Front center airbags
- Driver/Passenger seat belts (Motorized seat belts)

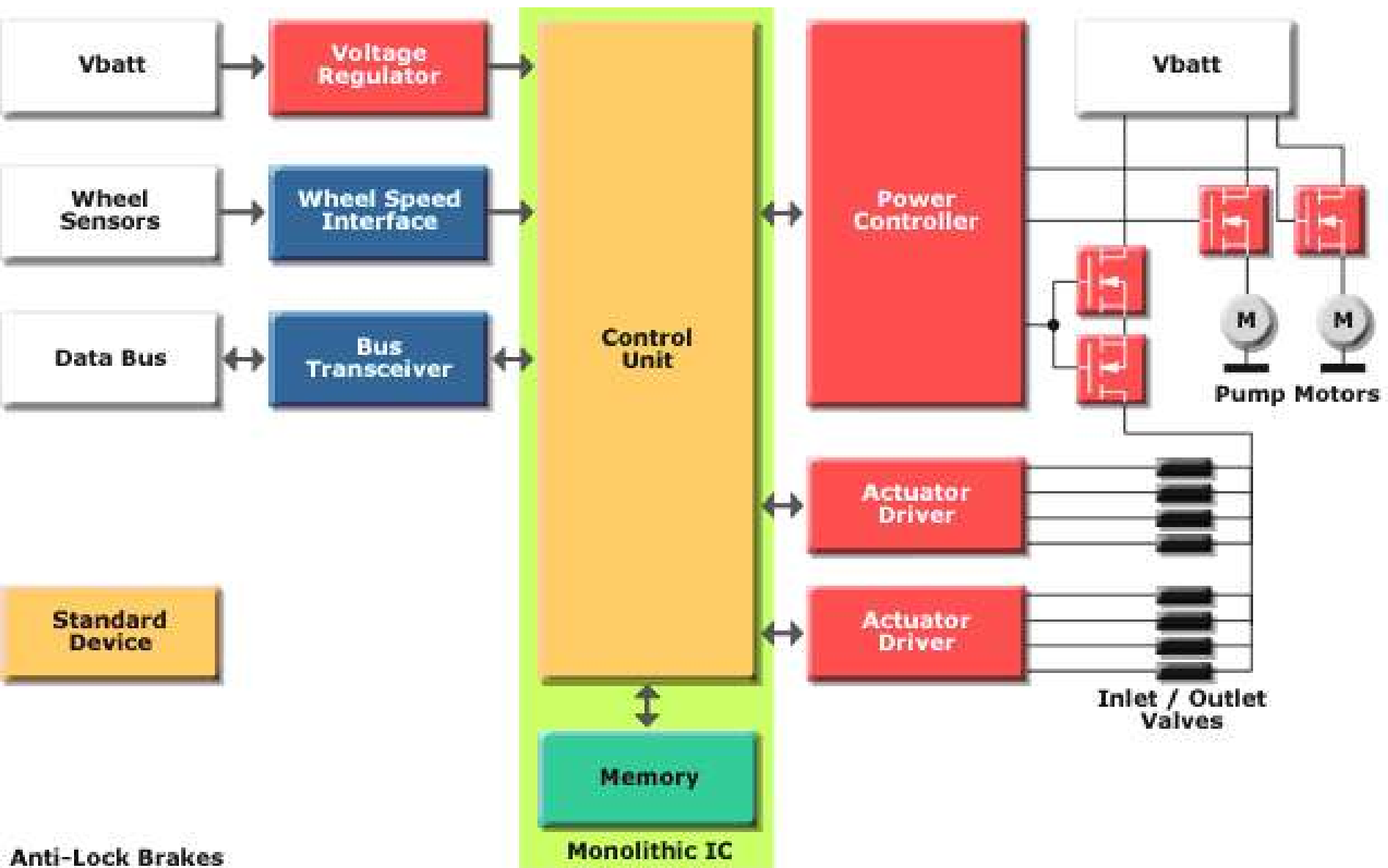


- Passenger airbags
- Vision sensors
- Interior parts
- Pedestrian head protection airbags
- Satellite sensors
- Pop-up hood devices
- Steering wheels
- Knee airbags
- Driver airbags
- ECUs

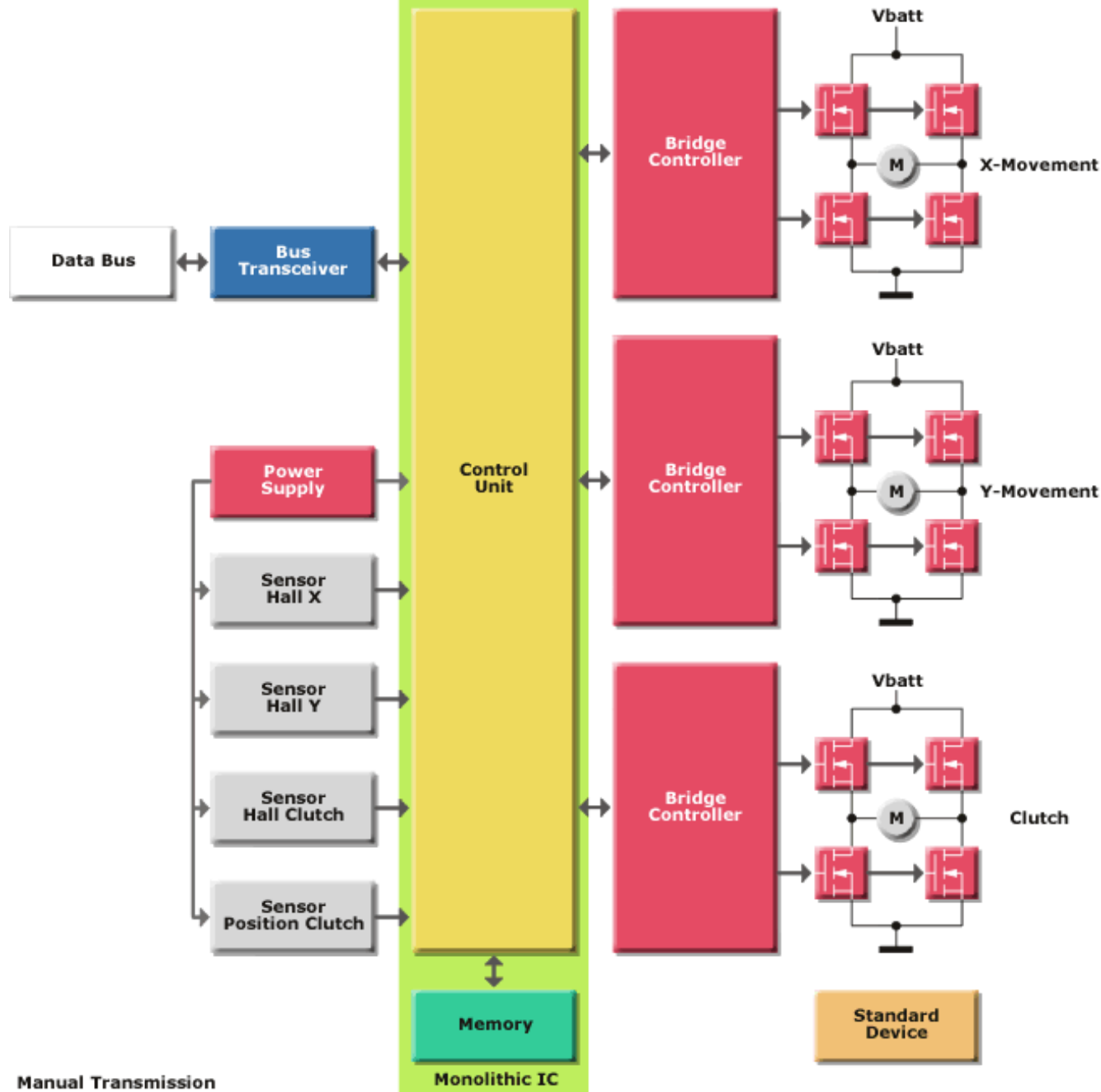
Airbag



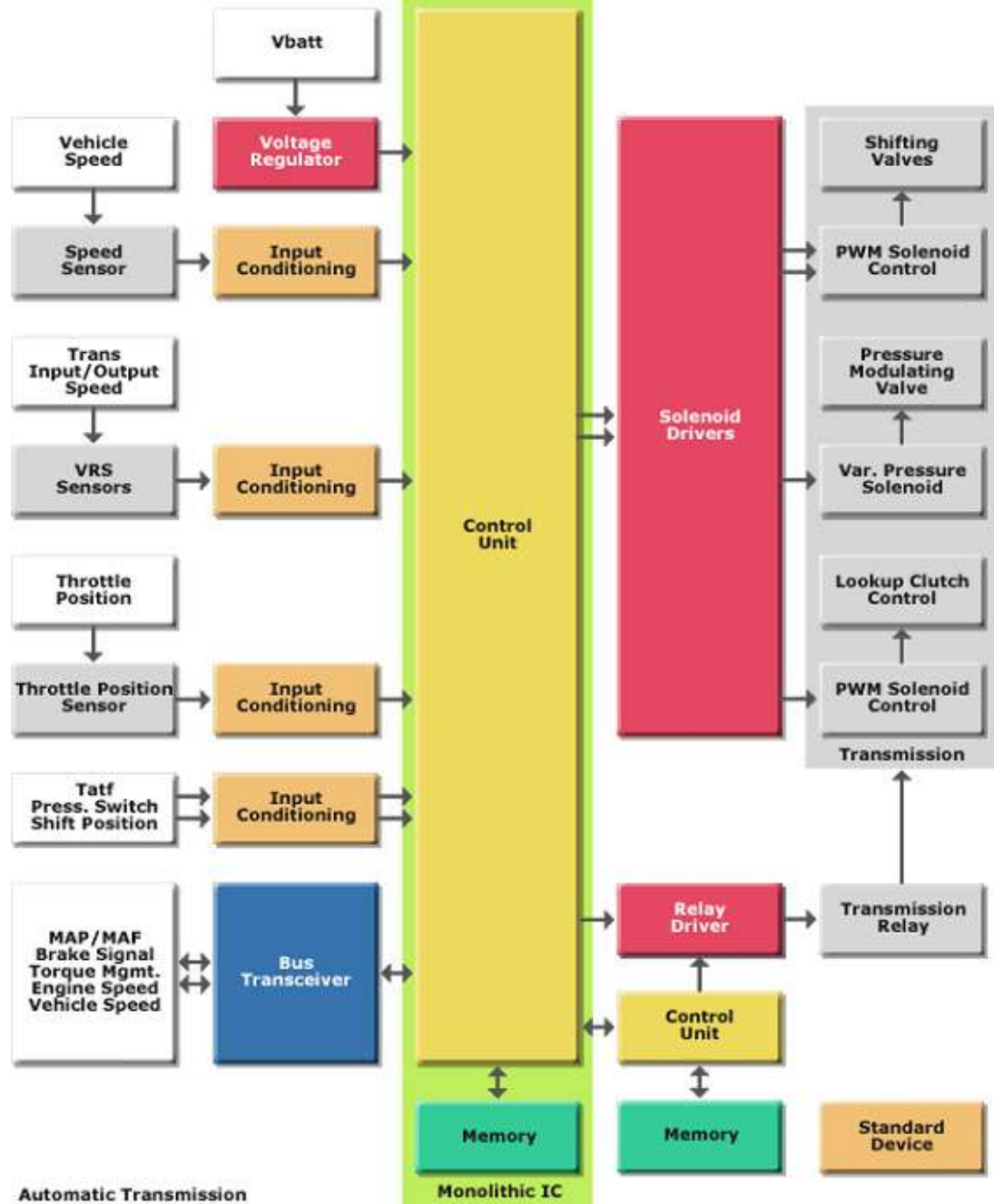
ABS



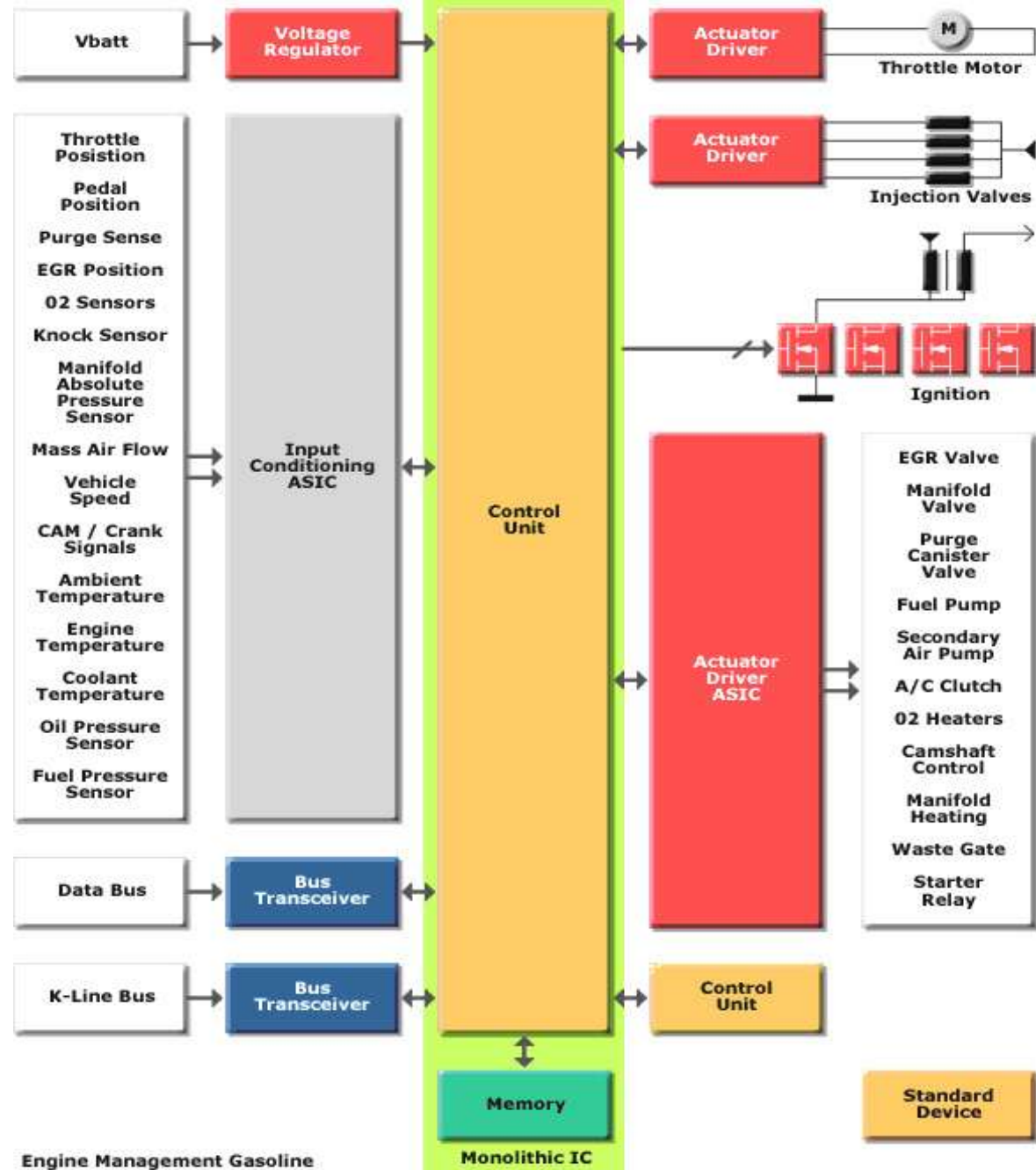
Manuální převodovka



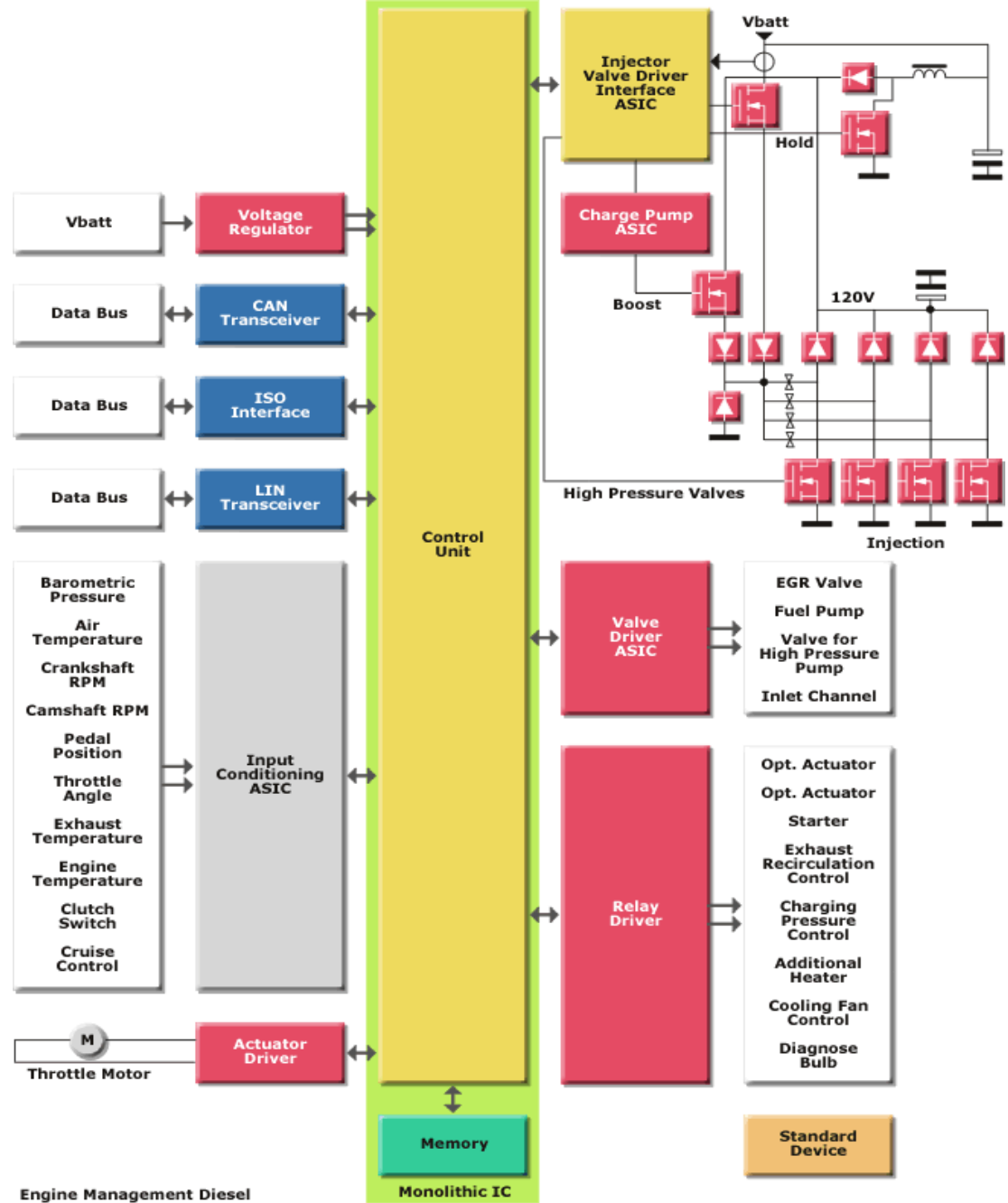
Automatická převodovka



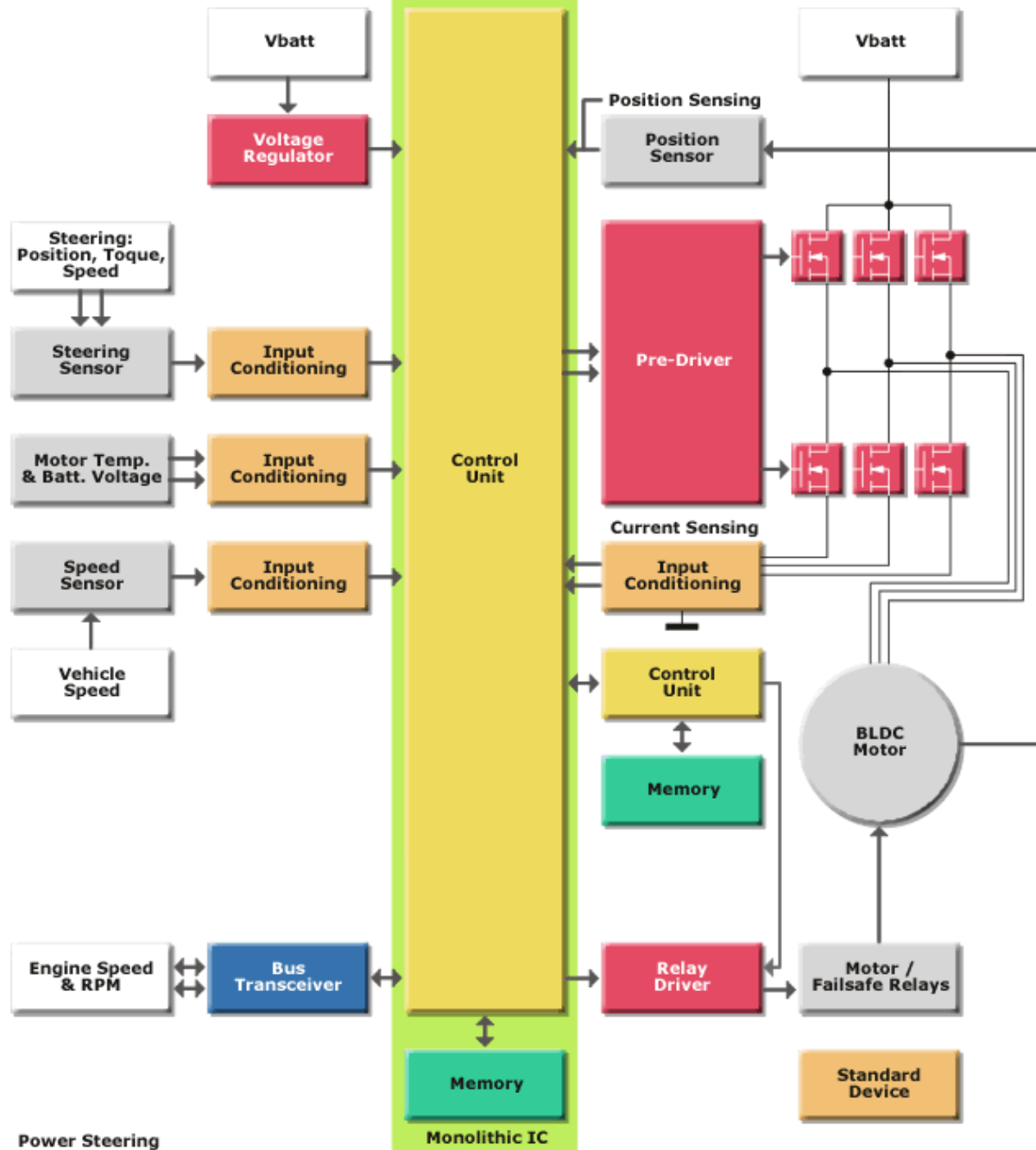
Management motoru – řízení paliva



Management diesel motoru – řízení paliva

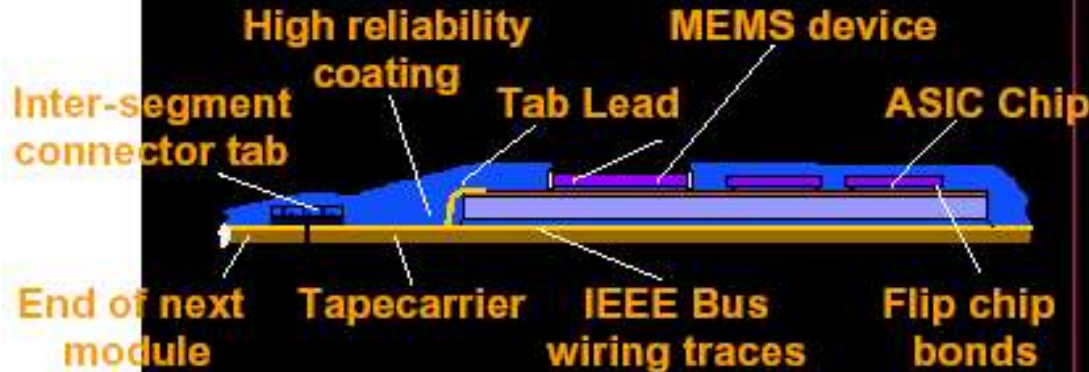


Řízení



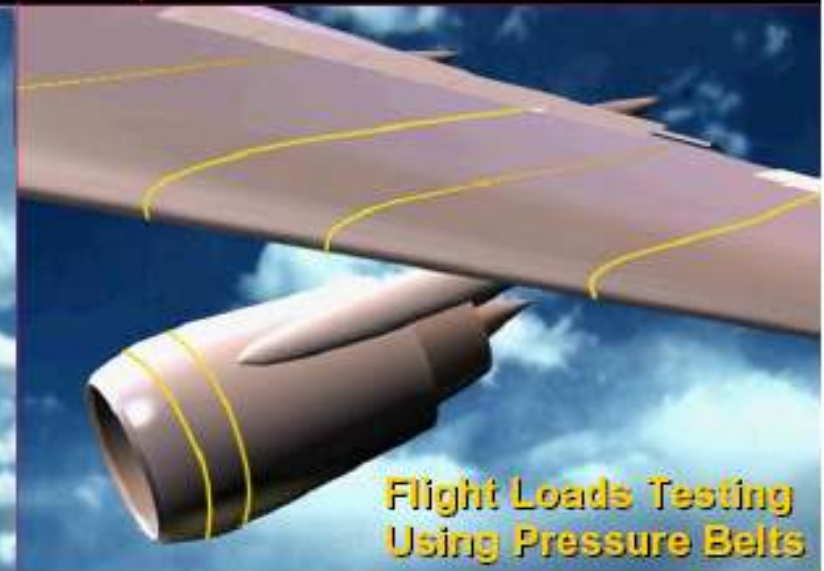
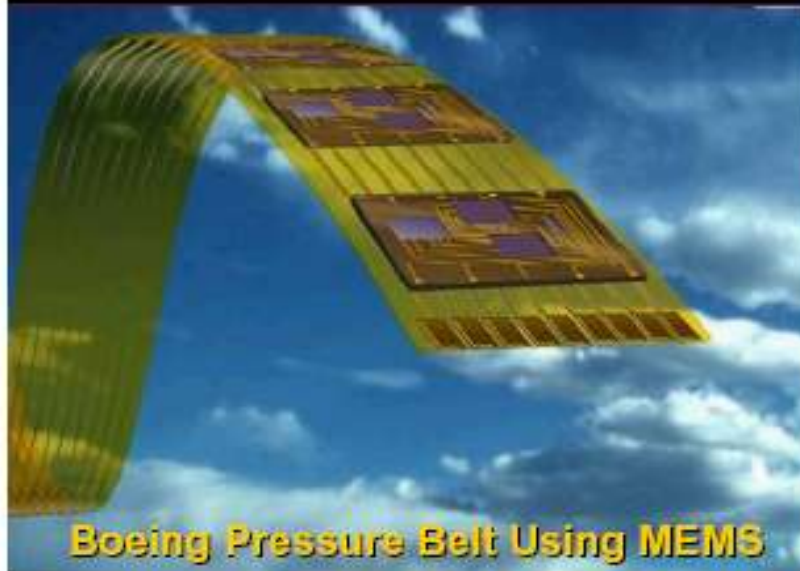
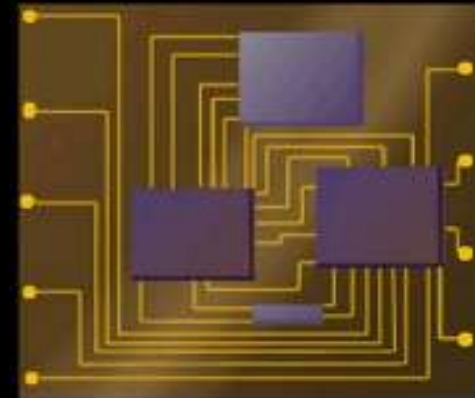
Pressure Sensor Belt on Jet Planes

Pressure Belt Cross Section

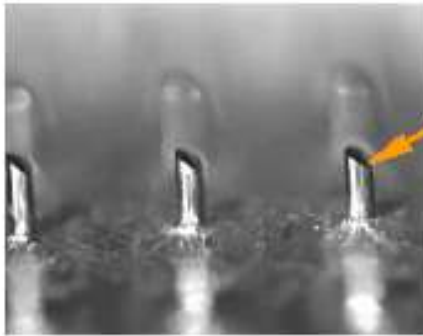


(Vertical scale enlarged for illustration only)

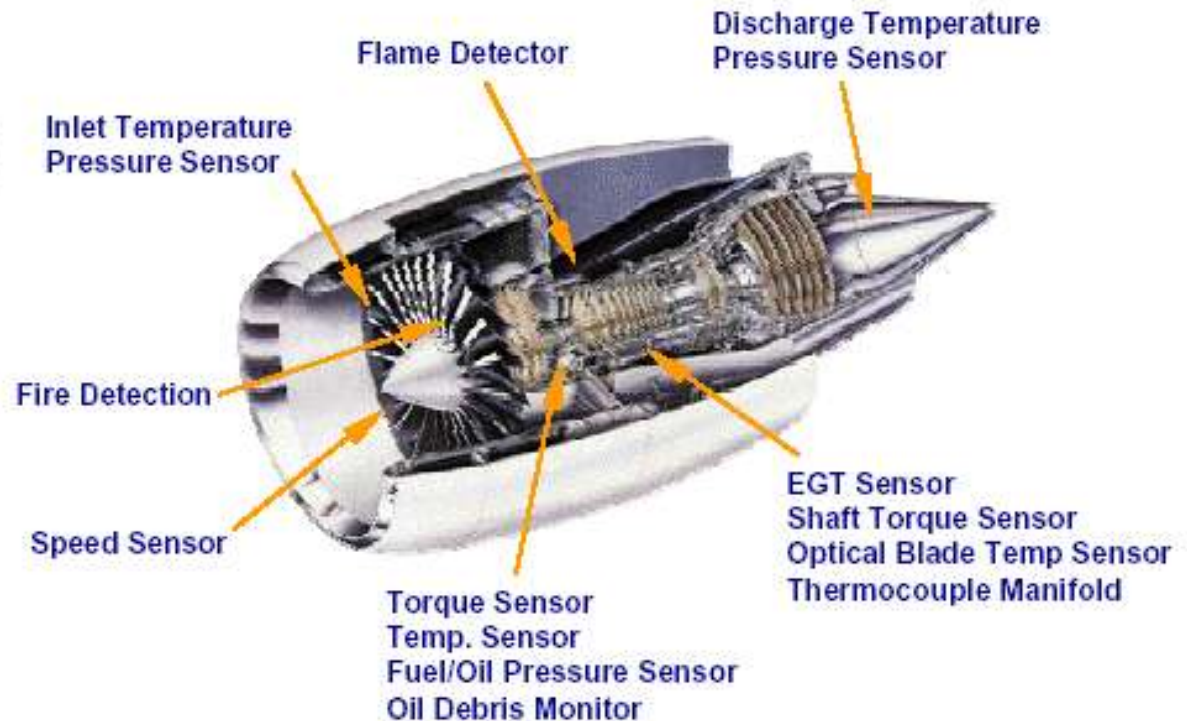
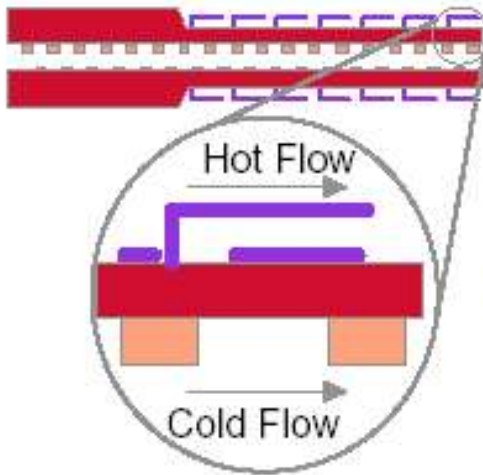
MEMS Sensor Integrated on an MCM with Embedded Passives



MEMS-Enhanced Jet Engine



Micro heat fins of nickel rods 150 μm diameter, 500 μm tall, spaced on 1.0 mm centers on a 1.7 cm diameter rod. (LSU)



Micro resonant strain gage with over 10,000x sensitivity of metal foil strain gages. Nominal sensitivity 600Hz/ μstrain . (UCB)

BF Goodrich
Aerospace

MEMS Safe/Arm/Fuse for Torpedoes



Inertial Measurement Unit
Rate Sensor



Slapper Detonator
(mounted on strip-line)



Slapper Fire-set
Fire-set and Optical Charging Circuit



Flow Sensor:
Pressure Differential



Impact Sensor

MEMS Exploder
7 cu in



MK 48 Exploder
118 cu in

MEMS technology enables:

- 17X reduction in volume &
- 4X reduction in production cost



Sonoelectronics (ATO)

CRAFT LANDING ZONE (CLZ)

SURF ZONE (SZ)

VERY SHALLOW WATER (VSW)

SHALLOW WATER (SW)

BLUE WATER

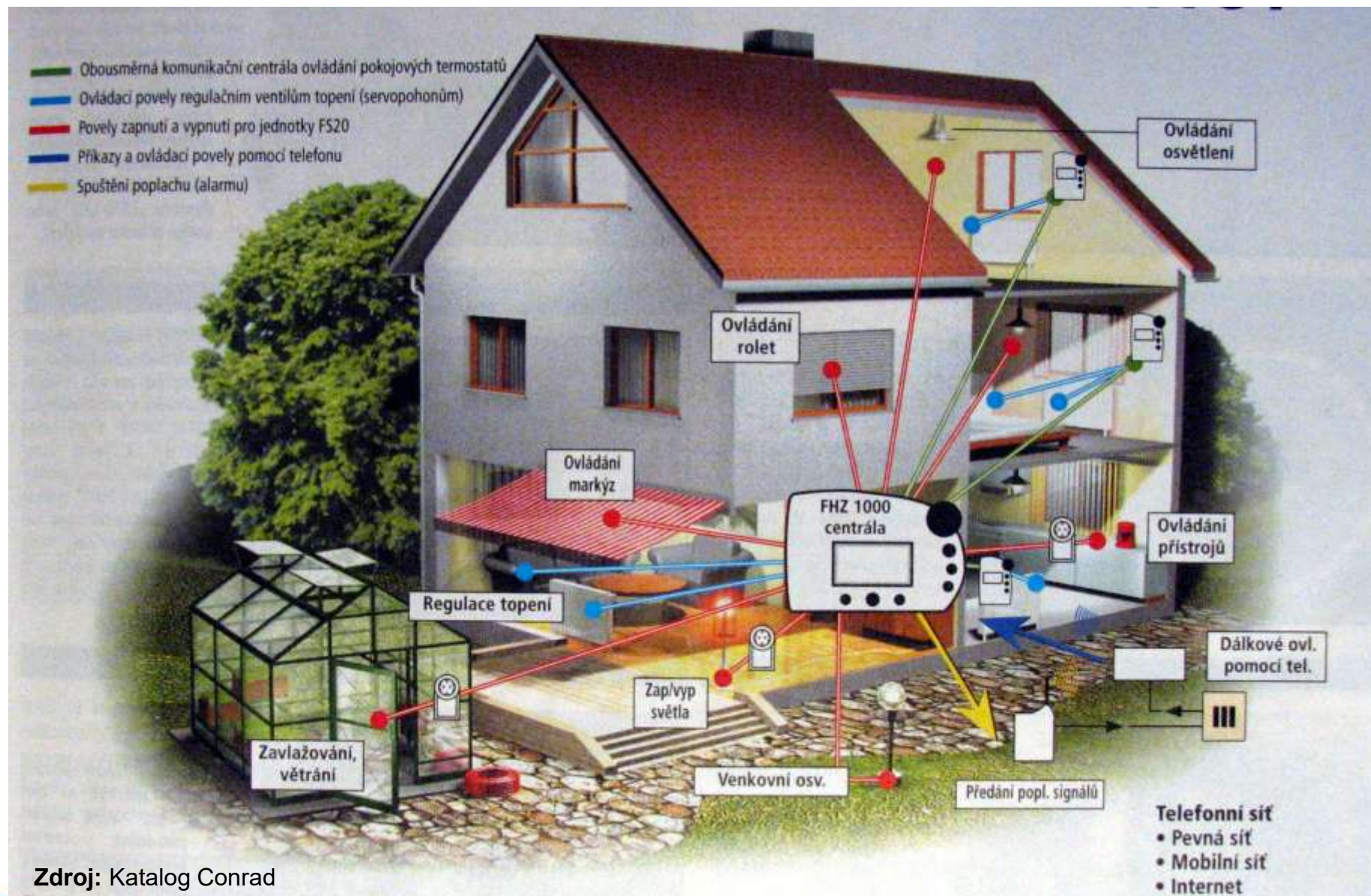
3 Different MEMS Transducers Mate to a Single Transmit / Receive IC

- Short-range imaging (5-10 m)
- Good resolution even in turbid water
- Compact, stealthy, low-power, portable
- "Video camera" operation
- Image while steady / hovering

Transducer Hybrid Assembly Concept with Eight 32x64 Tiles

Image courtesy of Lockheed Martin

Aplikace senzorů v domácnosti



Spínání přístrojů v závislosti na intenzitě osvětlení



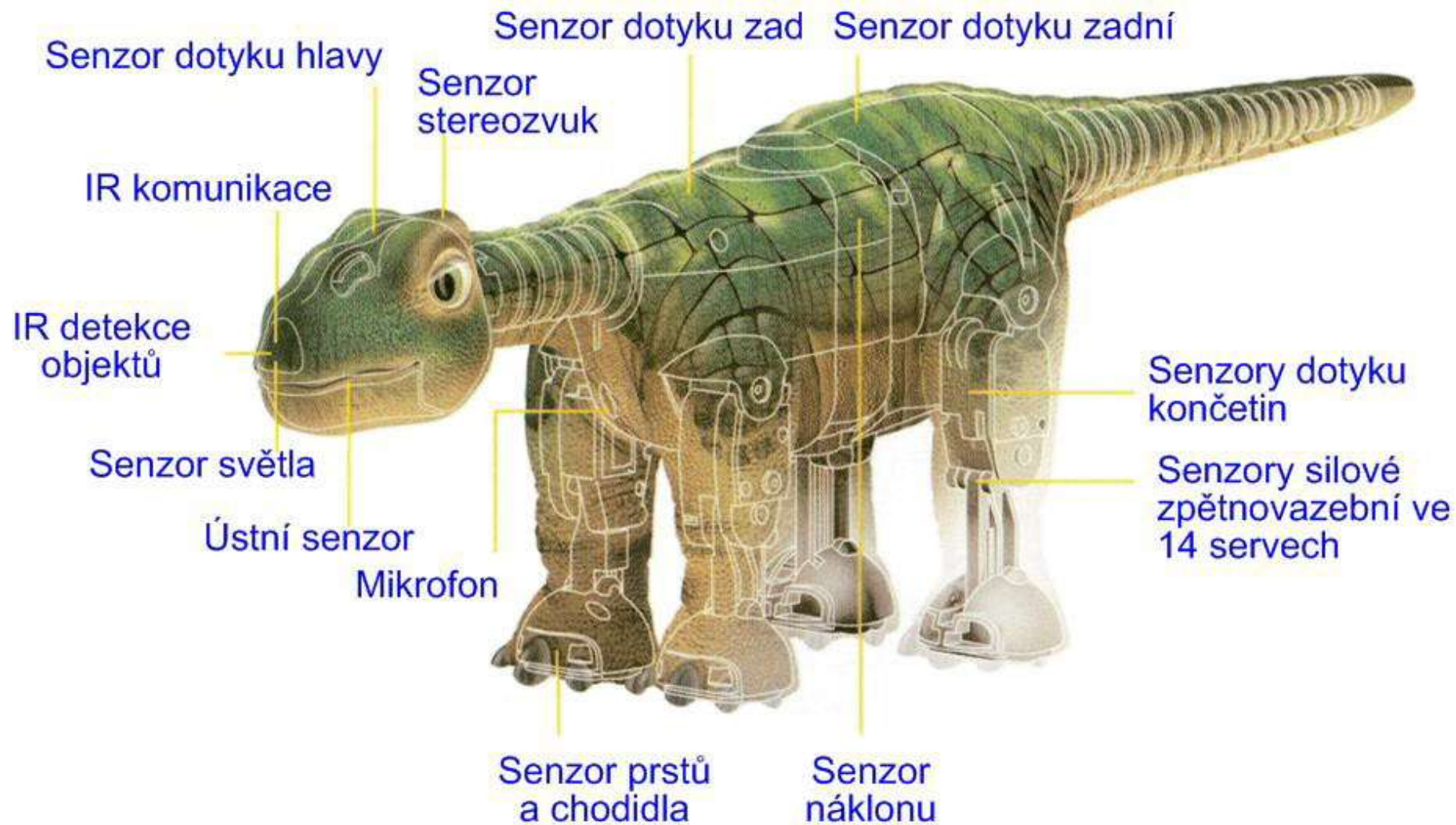
Bezdrátový senzor měření intenzity osvětlení „FS20 SD“ se například postará o to, že dojde po soumraku k automatickému spuštění žaluzií a při ranním rozbřesku k jejich automatickému otevření. A pomocí centrály „FHZ 1000“ můžete ovládat dodatečně například venkovní osvětlení nebo osvětlení chodeb či bytu, a to i tehdy, budete-li mimo dům na dovolené.

Spínání přístrojů v závislosti na vlhkosti

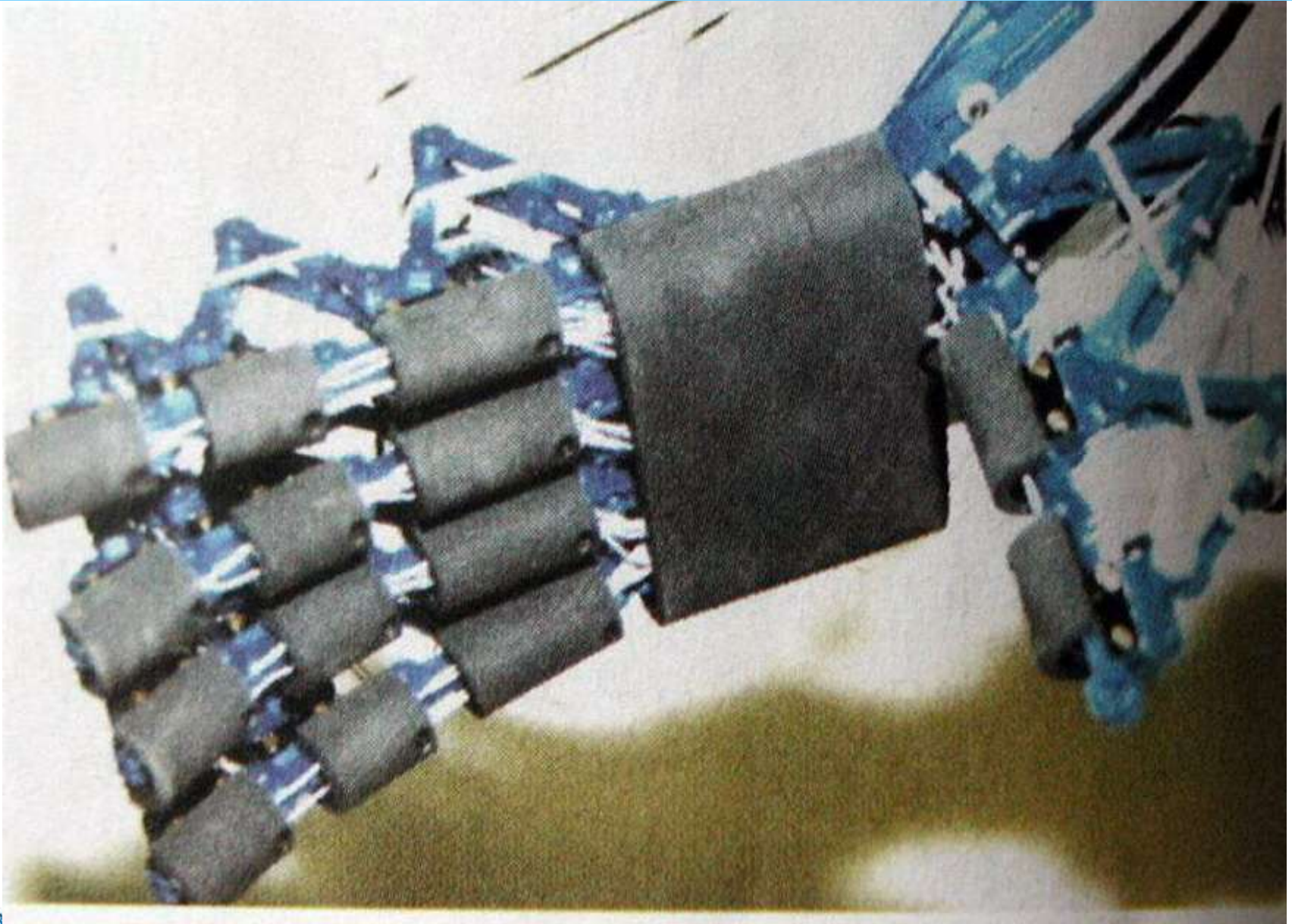


Bezdrátově řízený přístroj ovládání markýz a rolet „FS20 MS“ Vám umožní pohodlné otevření nebo stažení markýz, rolet nebo garážových vrat. Ve spojení se senzorem detekce deště „FS20 SR“ dojde k automatickému vysunutí markýzy, jakmile začne pršet.

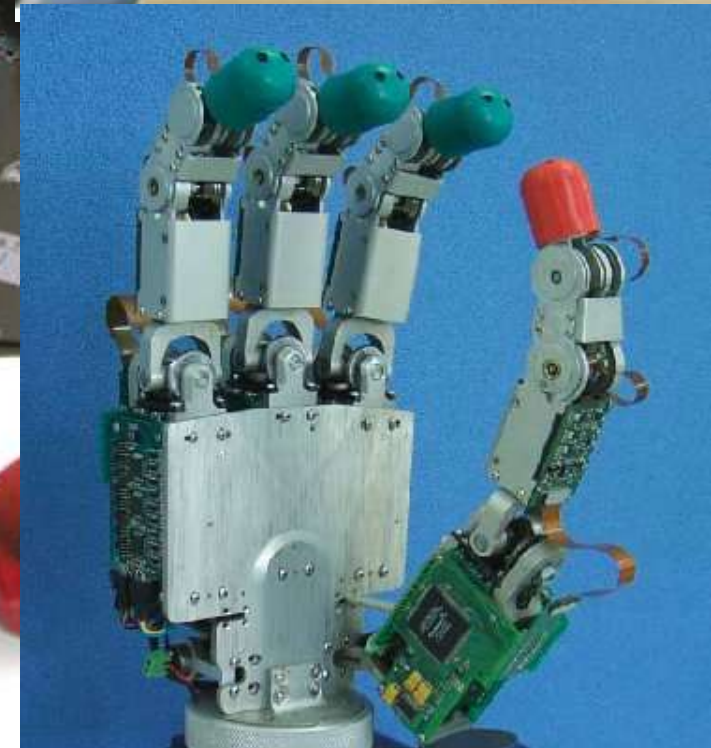
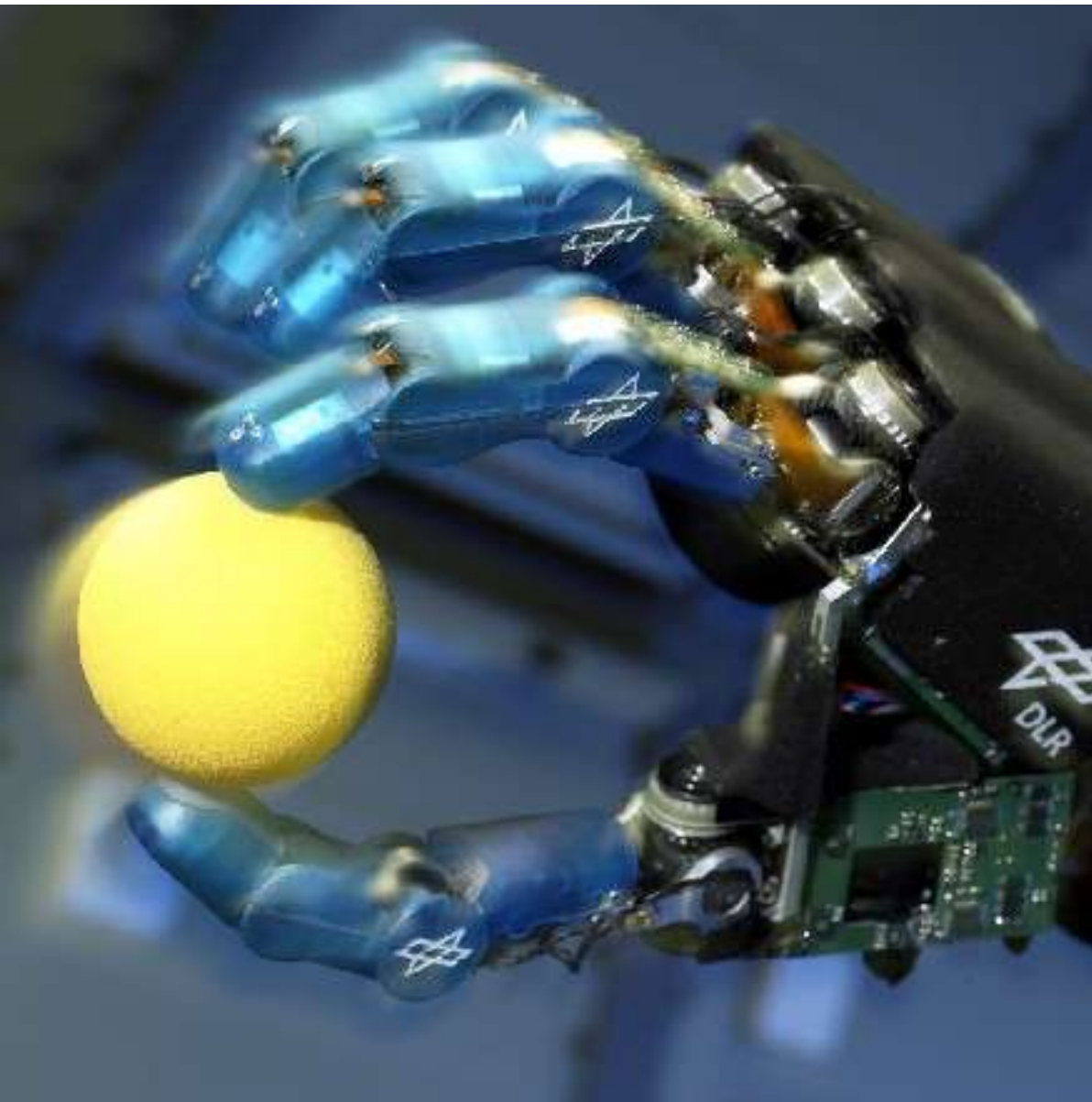
Aplikace senzorů v robotech



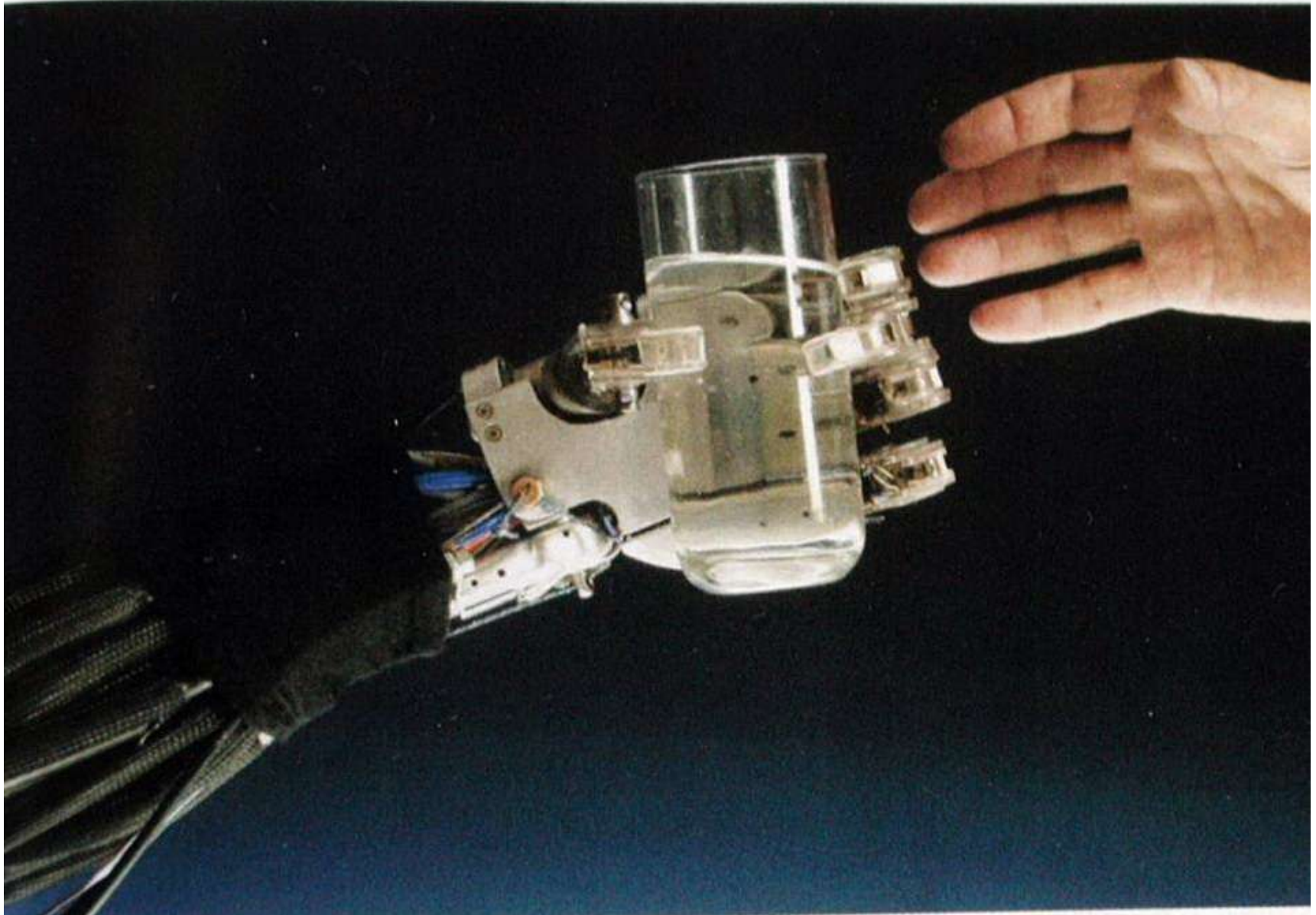
Taktilní senzory pro robotiku



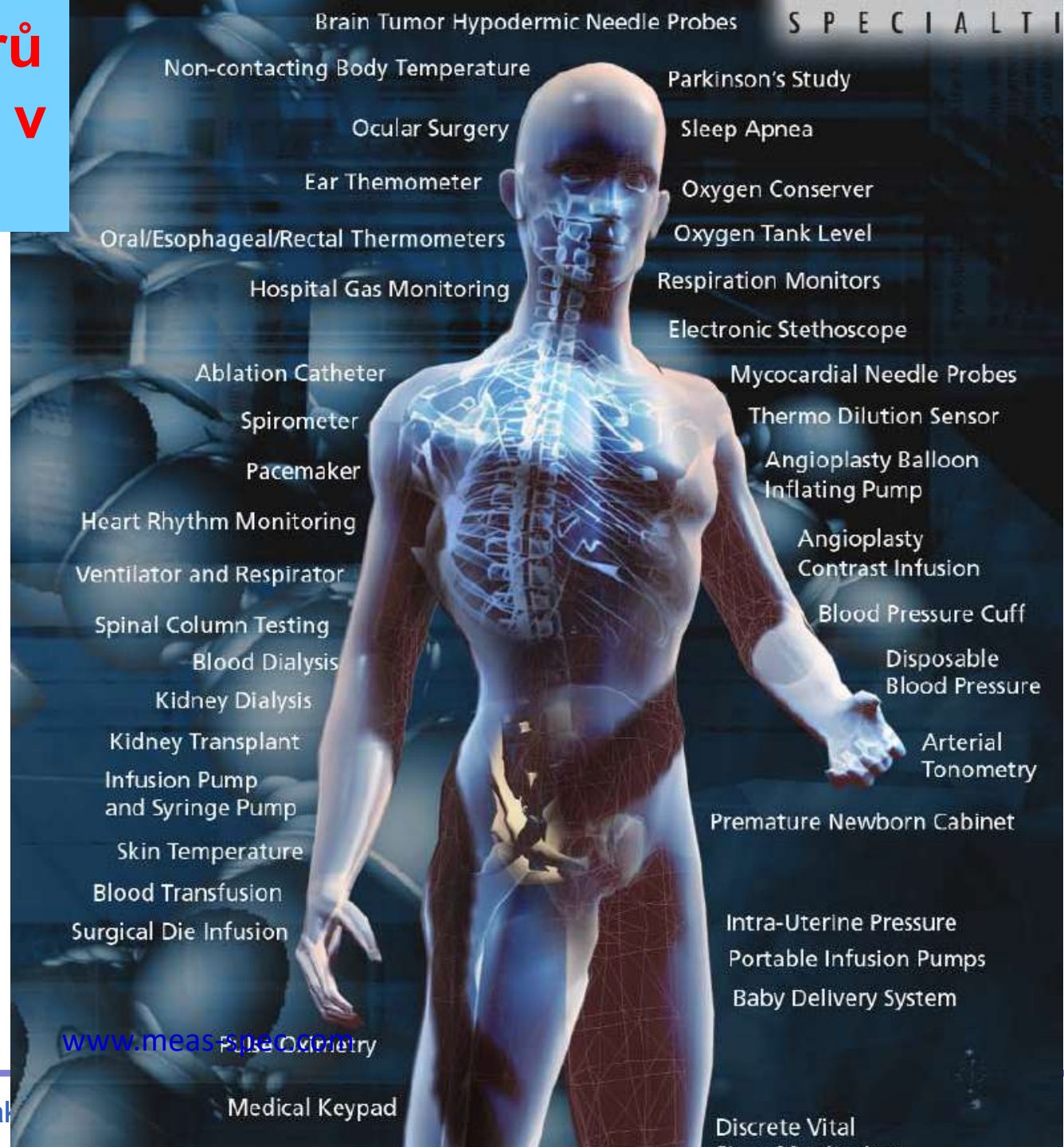
Taktilní senzory pro robotiku



Taktilní senzory pro robotiku

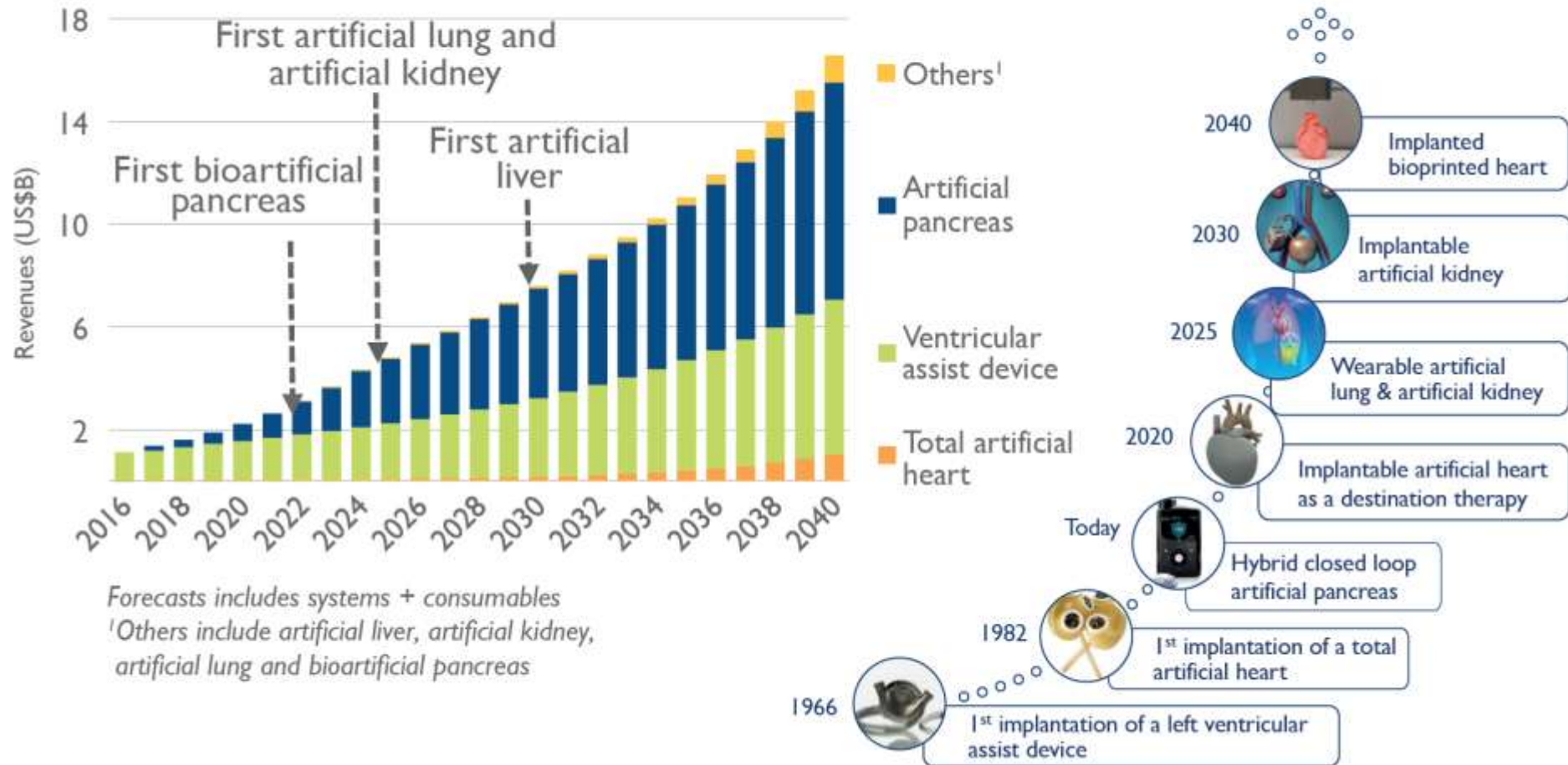


Aplikace senzorů a akčních členů v medicíně



Aplikace senzorů a akčních členů v biomedicině

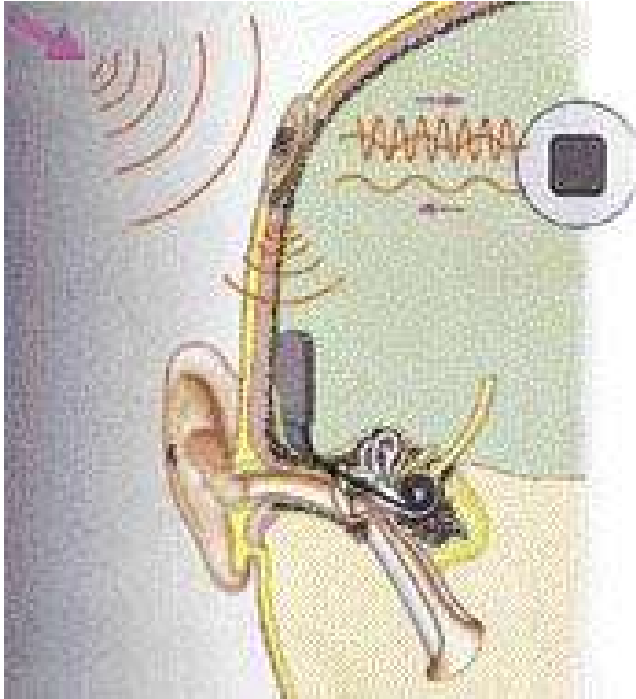
Artificial organ market and roadmap - 2016-2040 forecasts



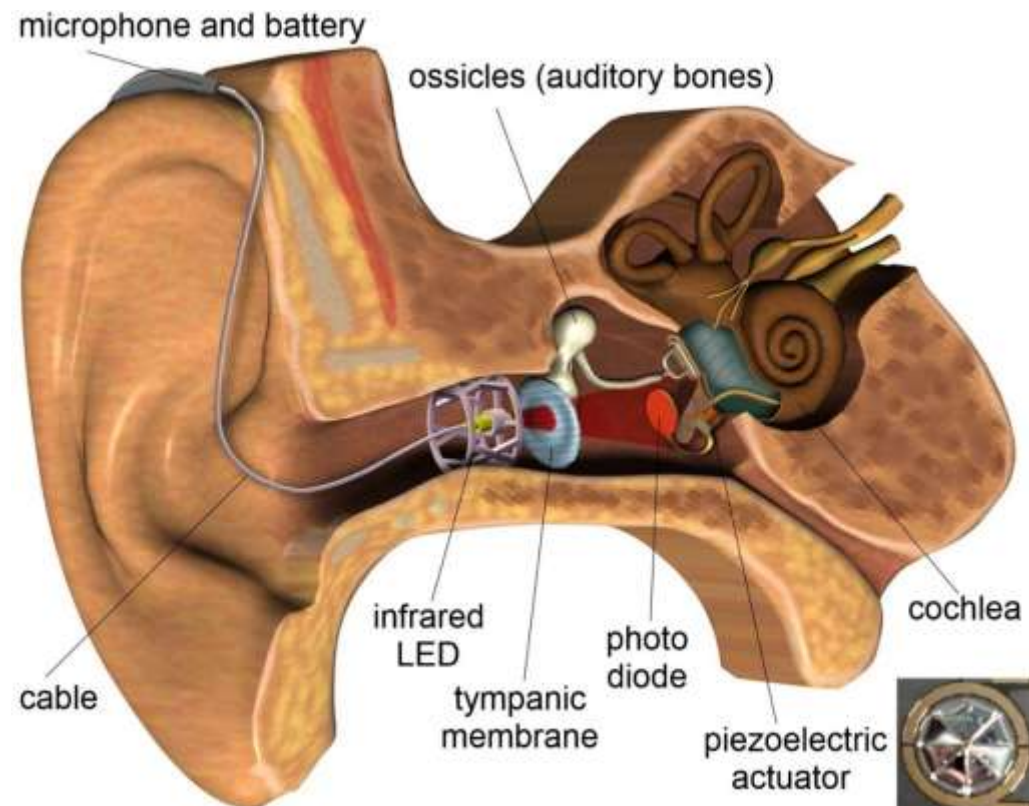
Srdce - Ventrikulární asistent



Sluch



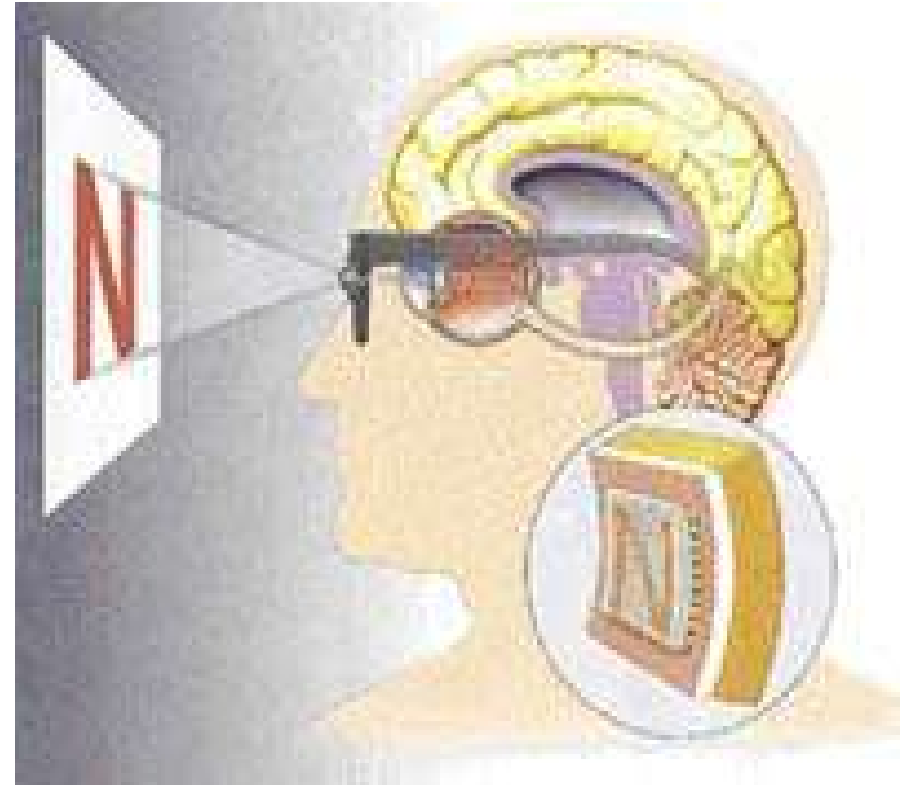
- kochleární neuroprotéza
- přijímač - převod zvuku na elektrický signál
- v čipu upraven
- veden do vnitřního ucha
- elektrody napojené na nervové buňky



Aktivní implantát středního ucha založený na nosníku s piezoelektrickou tenkou vrstvou

Zrak

- implantát umístěný na sítnici
- kamera v brýlích - změna obrazu v laserové signály
- vstup do oka - na implantát
- převod signálu v elektrické impulsy - do očního nervu (tato část je zatím nedořešena)



Ledviny

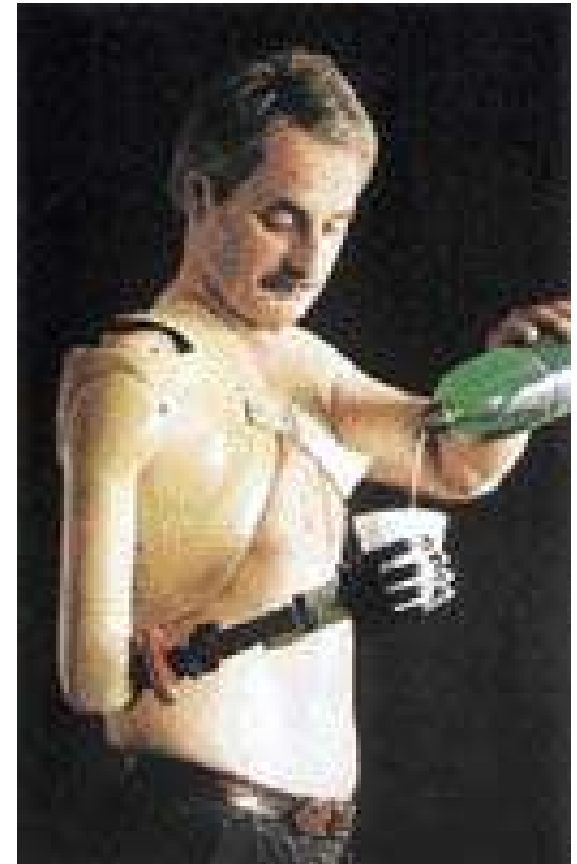
- umělá ledvina - velké složité zařízení
- výzkum a vývoj osobní umělé přenosné ledviny



Paže, dolní končetiny

protéza

- paže a prsty z plastické hmoty
- uvnitř elektřinou poháněný mechanismus
- citlivé elektrody napojené na funkční nervy v pahýlu končetiny
- prsty citlivé, ale i silné - nerozbijí vejce, ale rozdrtí ořech



Protézy ruky

Ovládání řešeno snímáním pohybu ramenních svalů

Problémy

- Která skupina svalů v sobě zahrnuje ovládání pohybu prstů
- Jak propojit s počítačem



E.M.A.S. - prototyp bionického propojení paže/ramena

Použití elektronických součástek
pro řízení motorků/převodovek pro
ovládání základních funkcí prstů a
palce



Aplikace senzorů a mikroaktuátorů v biomedicíně

Příklad protéz:

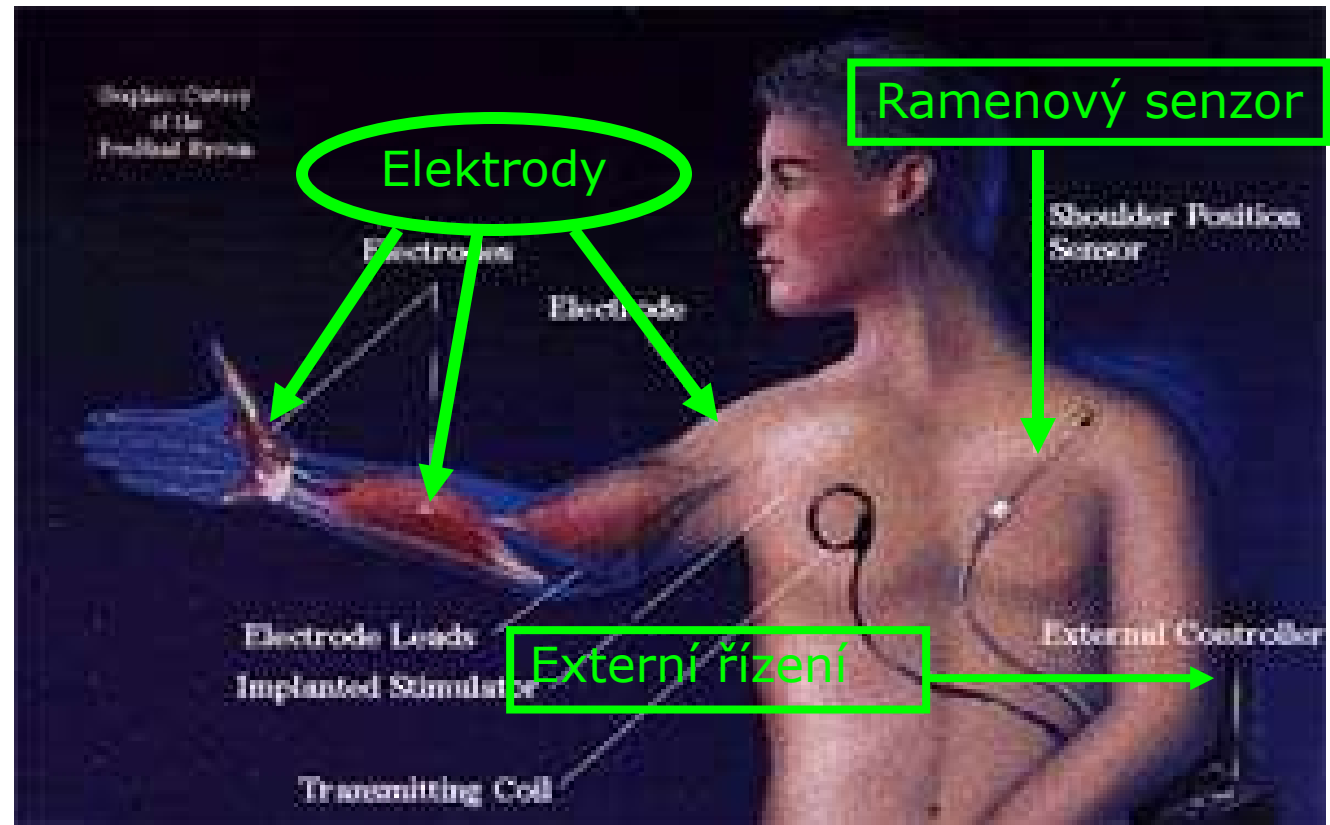
Neuronové řízení volnosti ruky v prostoru



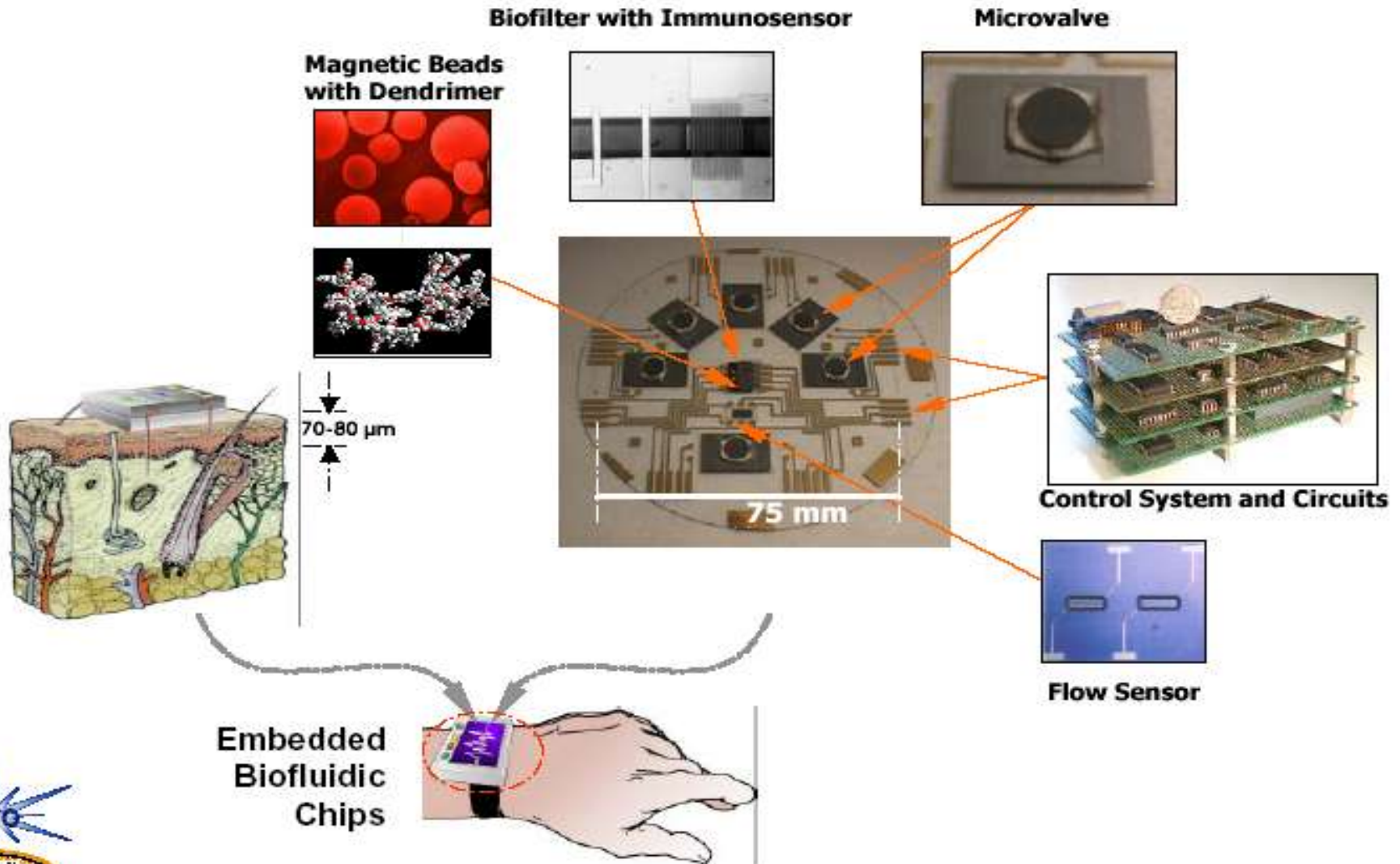
Laterální uchopení



Uchopení dlaní



"BioFlips"—Integrated Microfluidic System for Bio-Chemical Assay

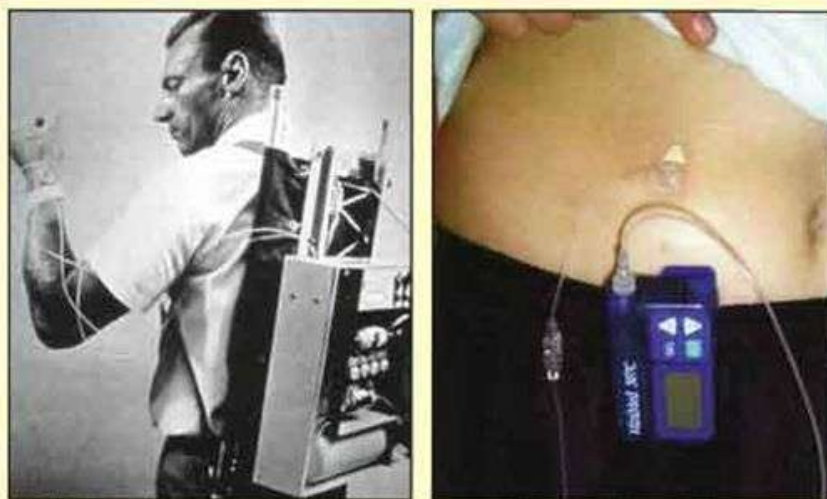


Umělý pankreas – inzulínová pumpa

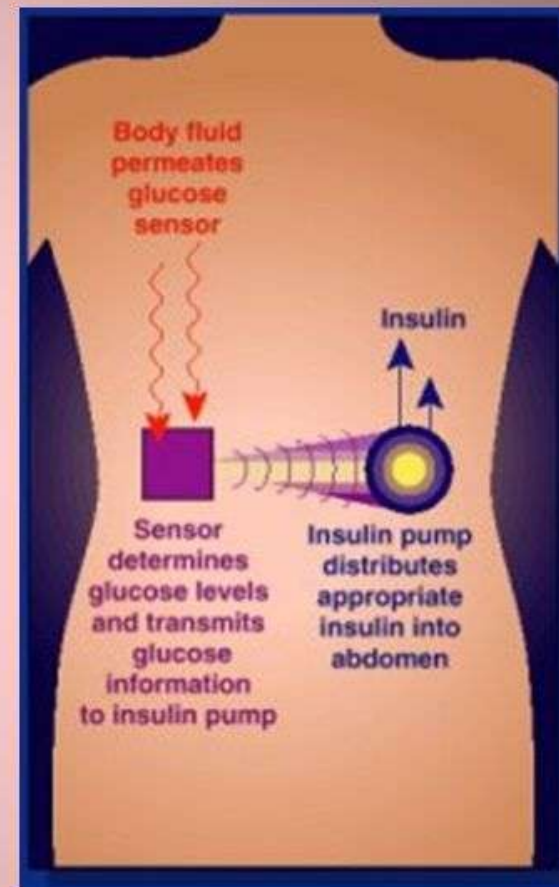
<http://www.diabetesaustralia.com.au/conquest/0204-insulin-pump-therapy.htm>

www.pnl.gov/energyscience/06-01/ws.htm

1963

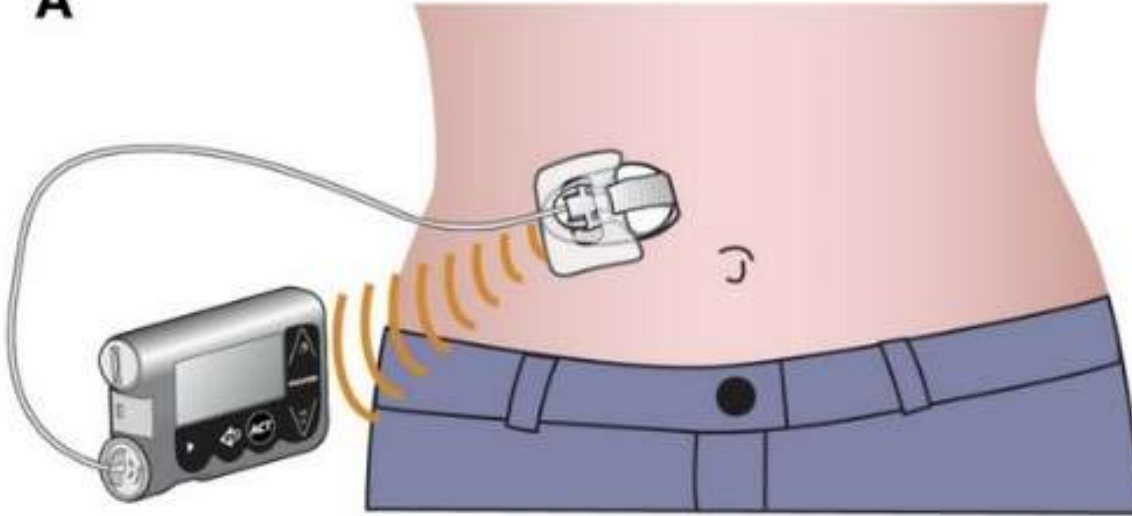


LEFT: The earliest protoType of an insulin pump which also delivered glucagon. Whitehall Laboratory, Indiana, 1963. RIGHT: 14-year-old Canberra pump-wearer, 2002. The device weighs 100g.

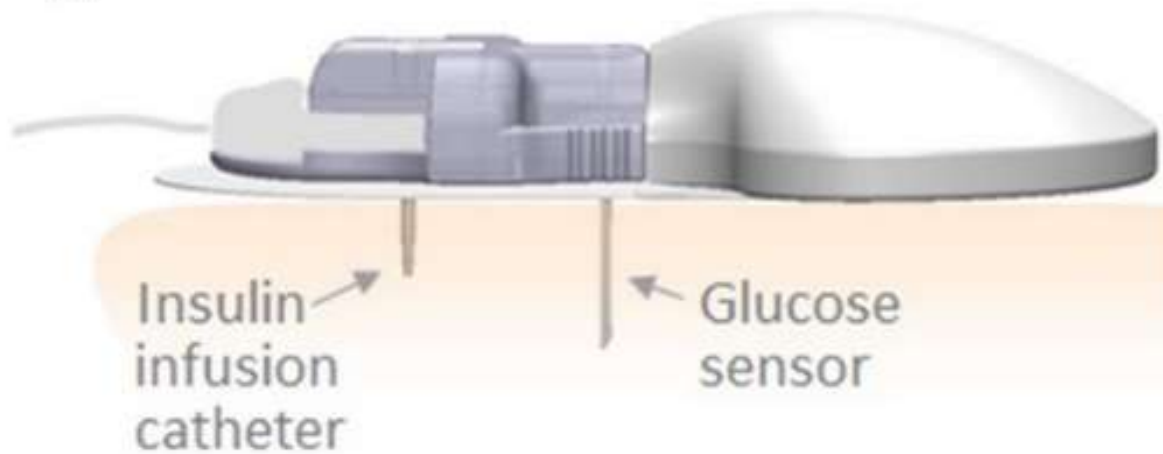


Inzulínová pumpa

A



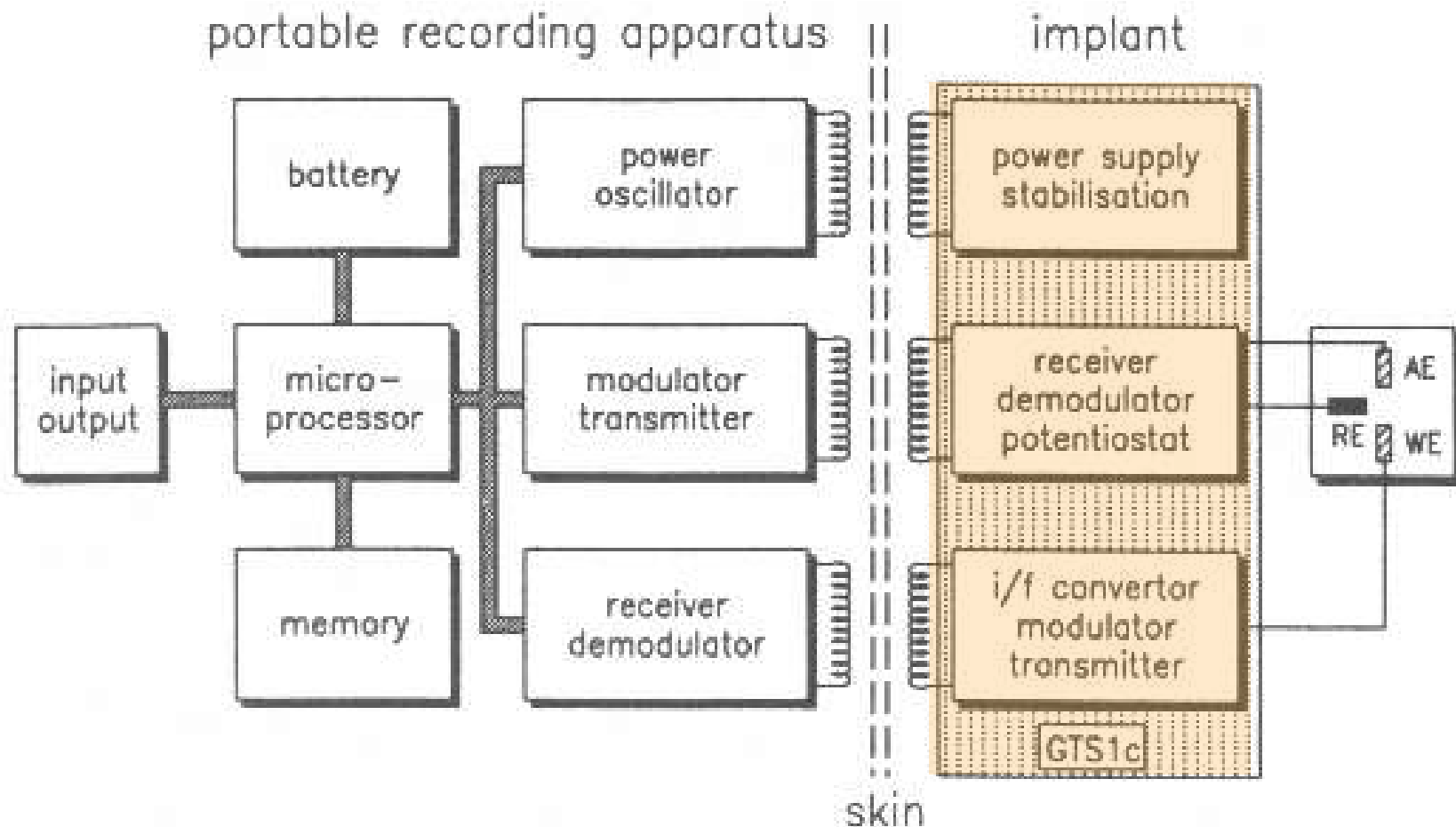
B



BAN Body Area Network, <http://psychickeobtezovani.webnode.cz/news/ban-body-area-network/>,

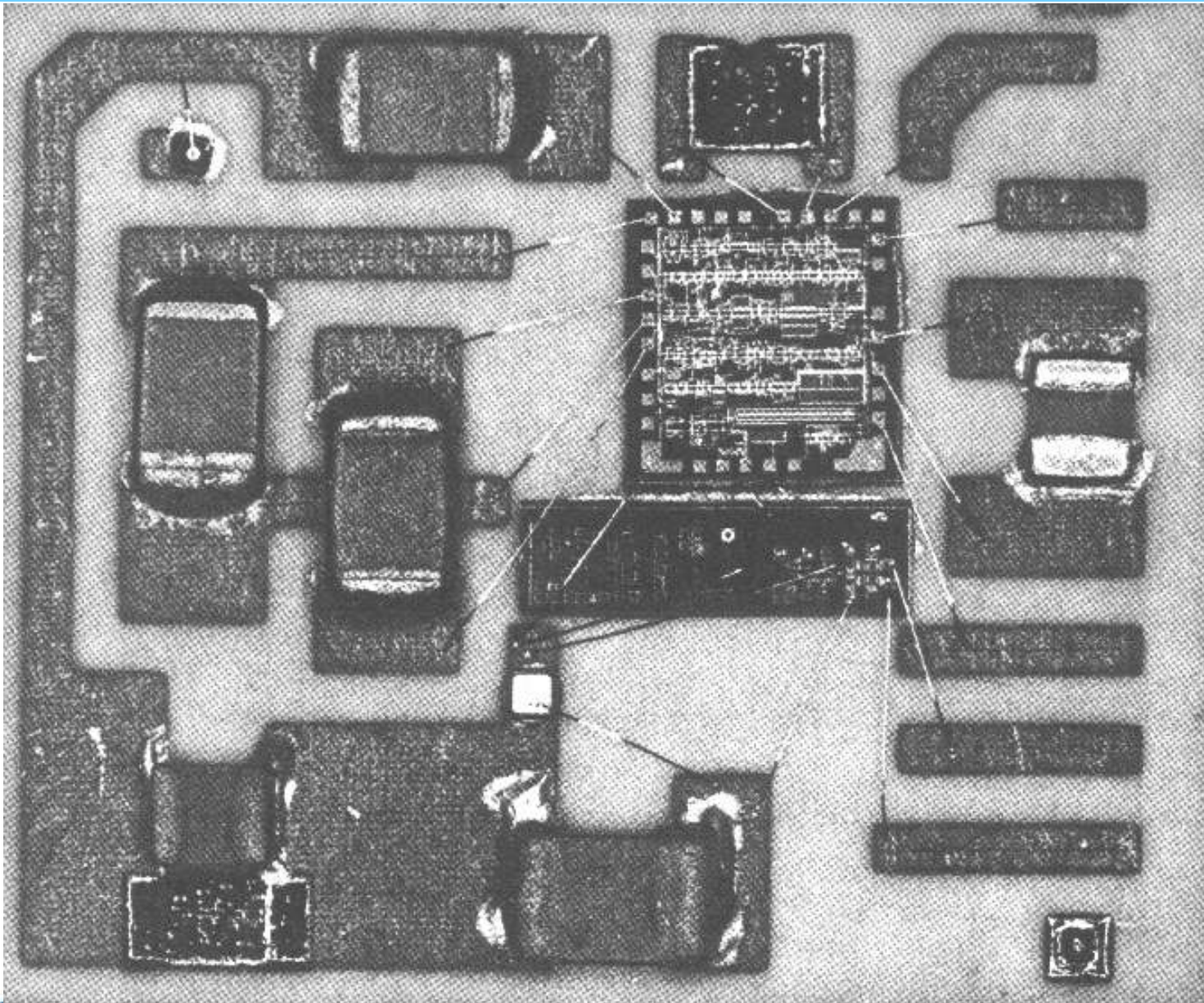


Telemetrický systém měření glukózy



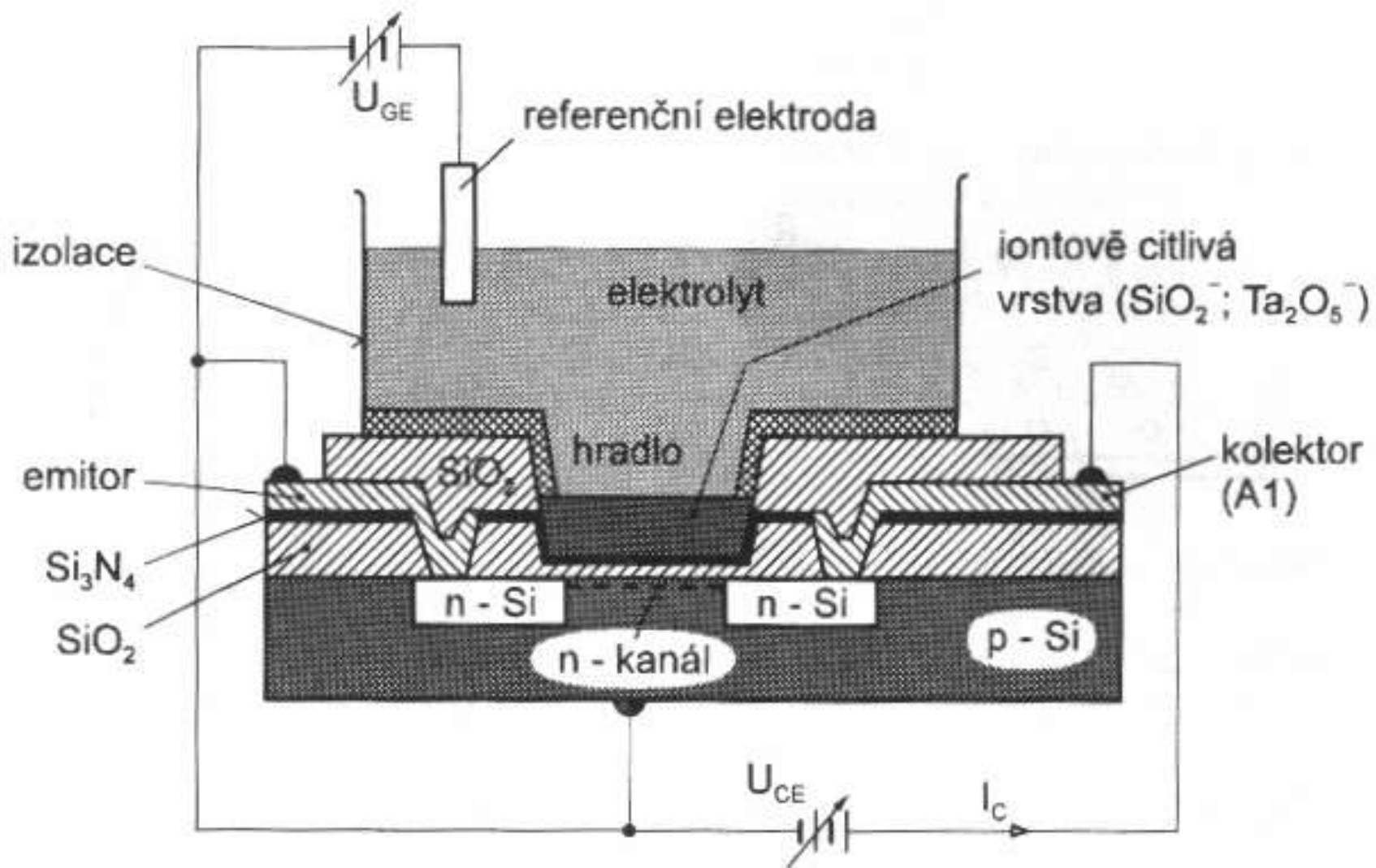
Blok GTSc je
implantován pod kůži

Telemetrický systém měření glukózy

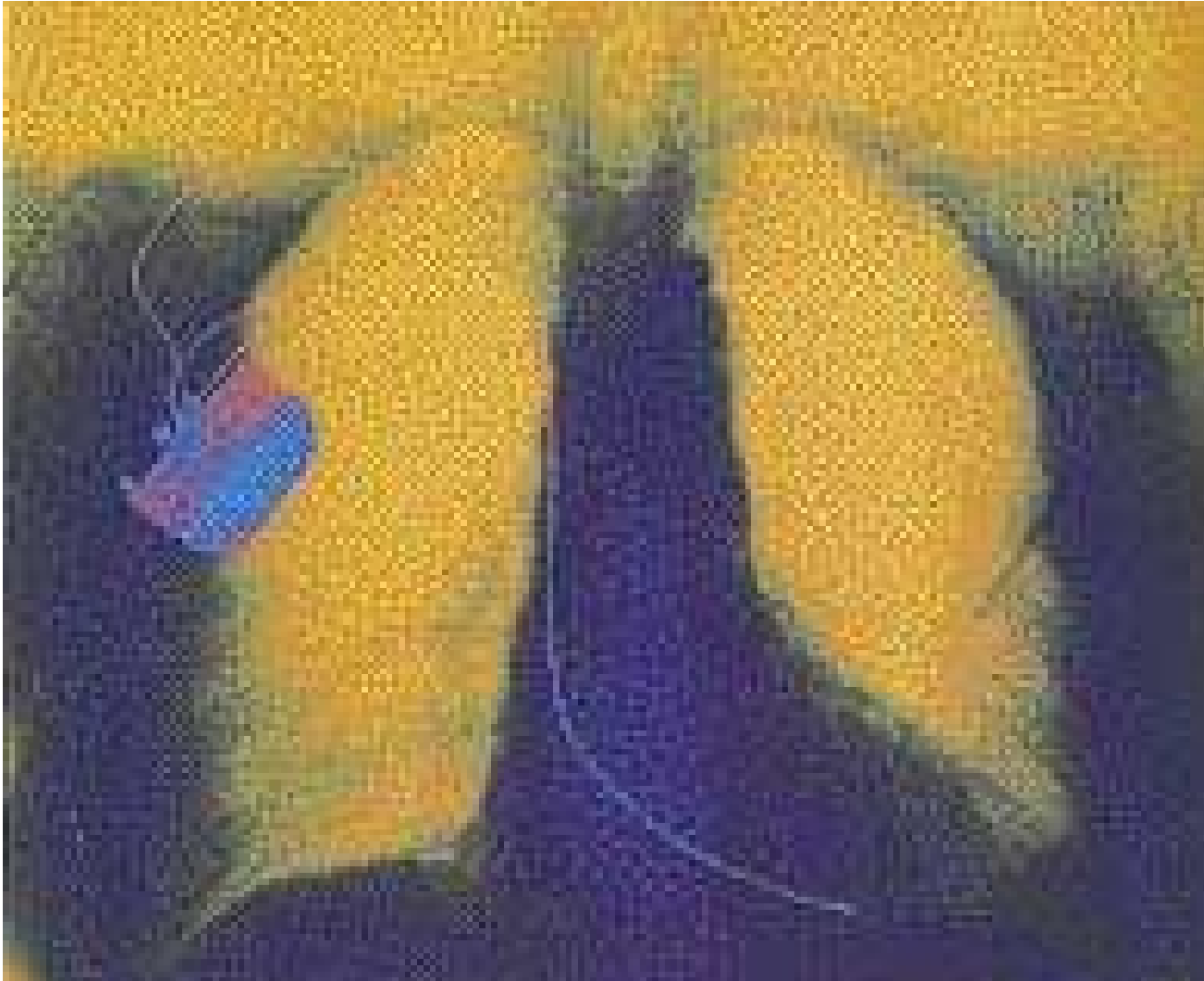


Hybridní
blok
"GTS1c"

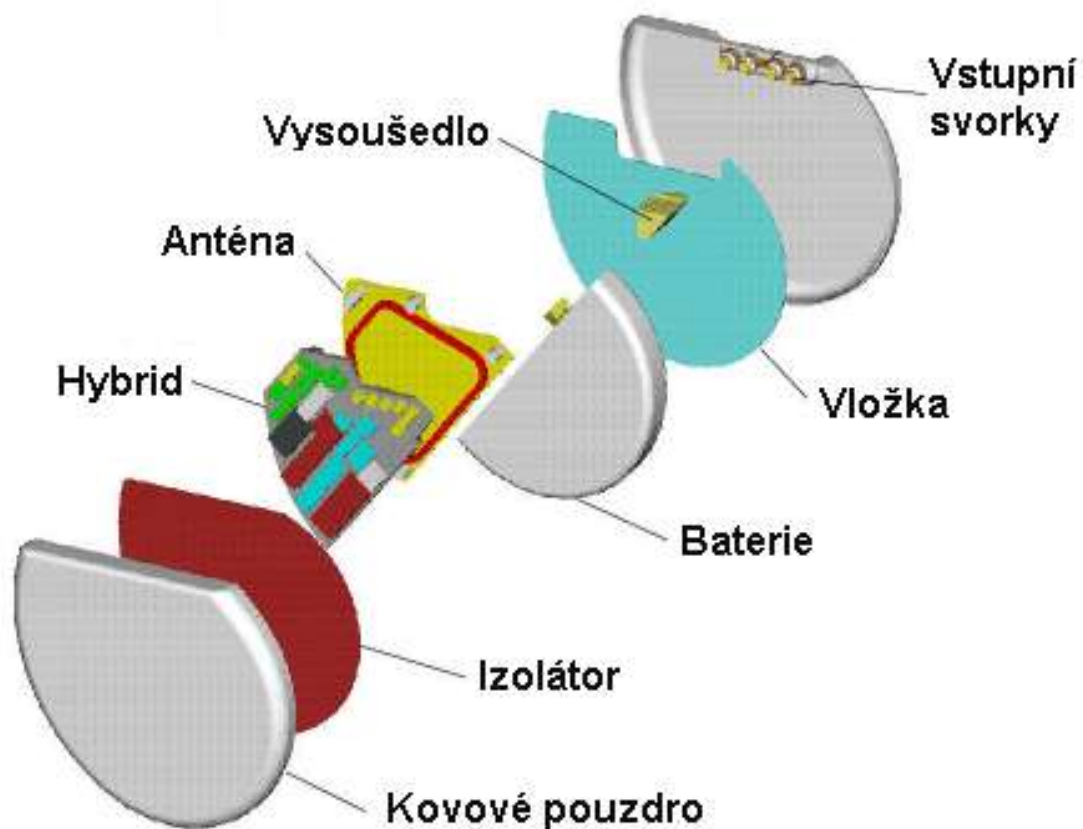
ISFET pro měření glukózy



Srdce - kardiostimulátor



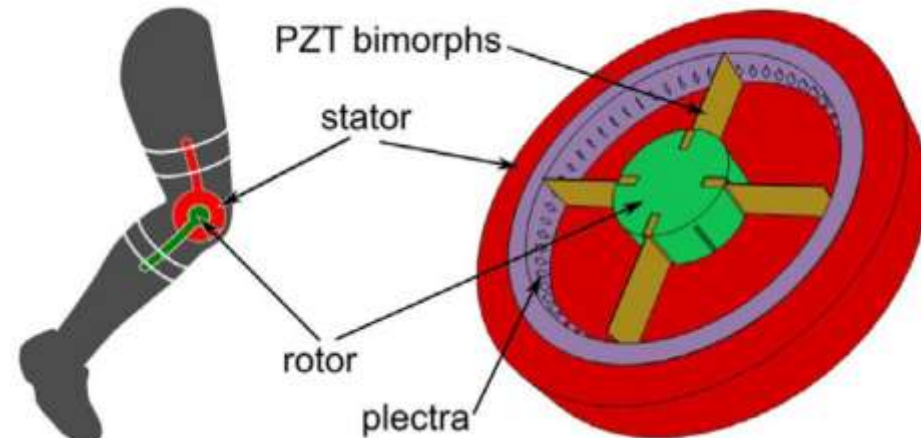
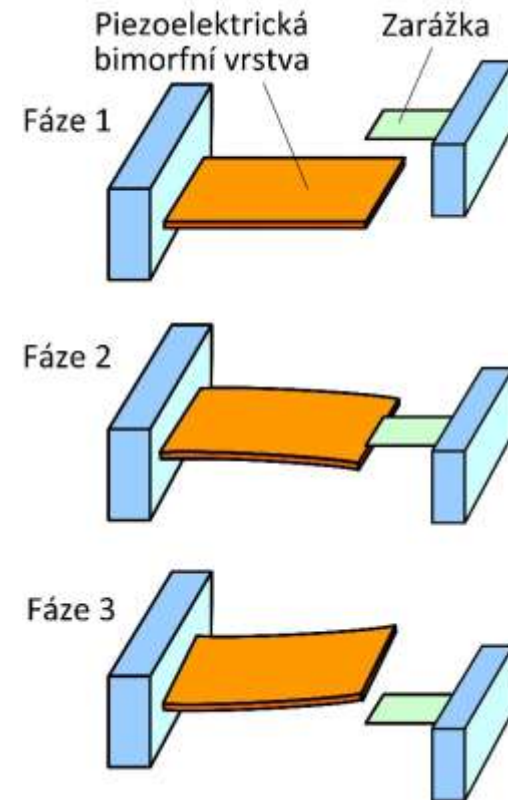
Kardiostimulátor



EH: Piezoelektrický generátor biomedicína

Piezoelektrický bimorfní systém pro kolenní kloub

- sběr energie z pohybu kolenního kloubu
- Mechanické buzení je tvořeno ze sledu fází – přiblížení + kontaktu, fáze mechanického namáhání a ohnutí nosníku, fáze uvolnění a kmitání nosníku při rezonanční frekvenci
- Při normální chůzi se koleno ohýbá a natahuje jednou za vteřinu s úhlem natočení cca 70°.
- Vnější kroužek nesoucí zarážky je připevněn na stehno, vnitřní systém s piezoelektrickými nosníky se otáčí s pohybem kolena.
- kmitání několika piezoelektrických no
- energie několika mW.

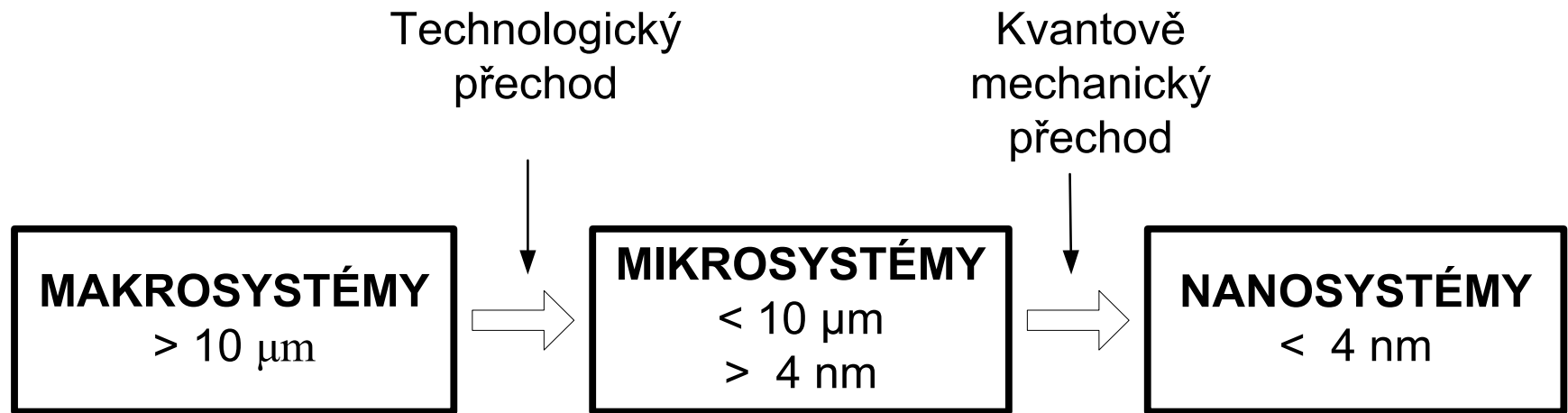


Geiger – Mullerův čítač

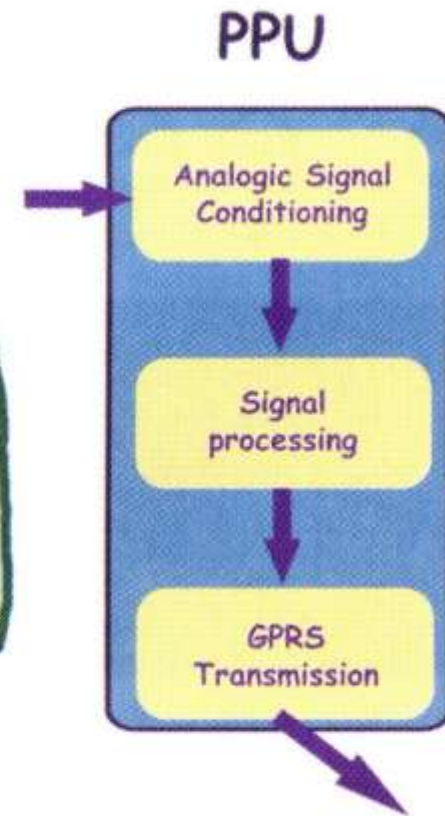
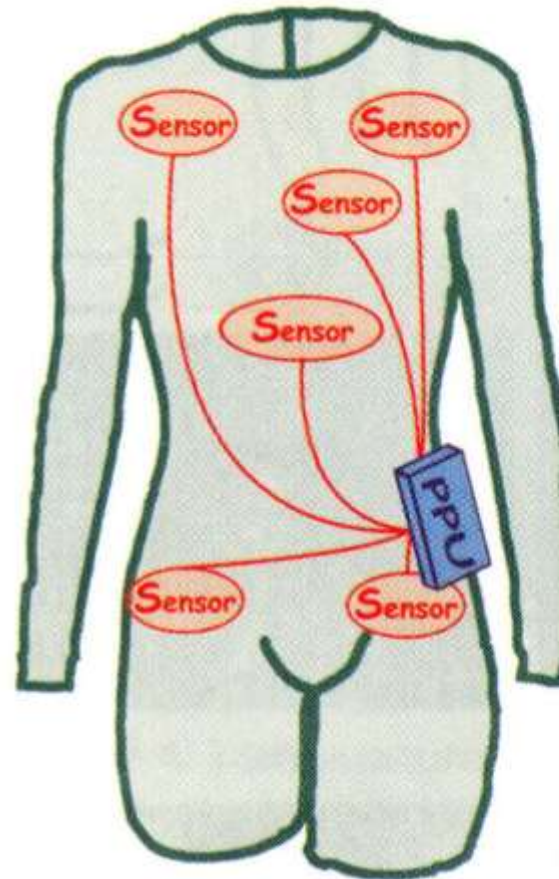
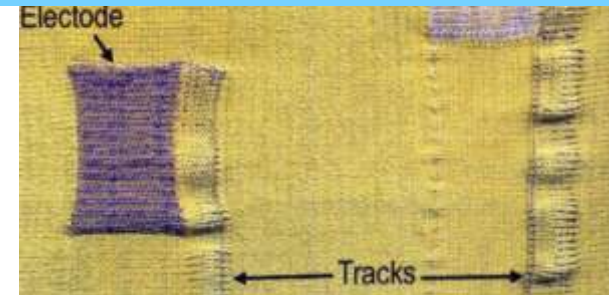
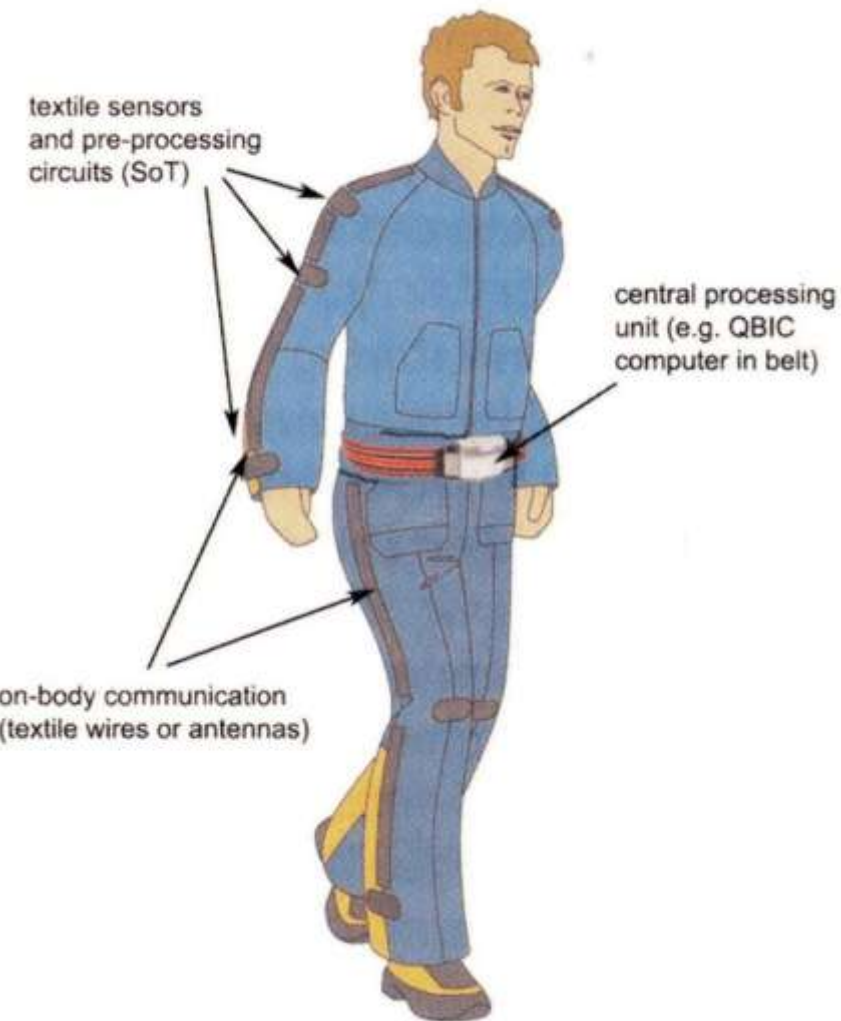
- Detekce slabých ionizujících záření, stanovení bezpečné dávky záření



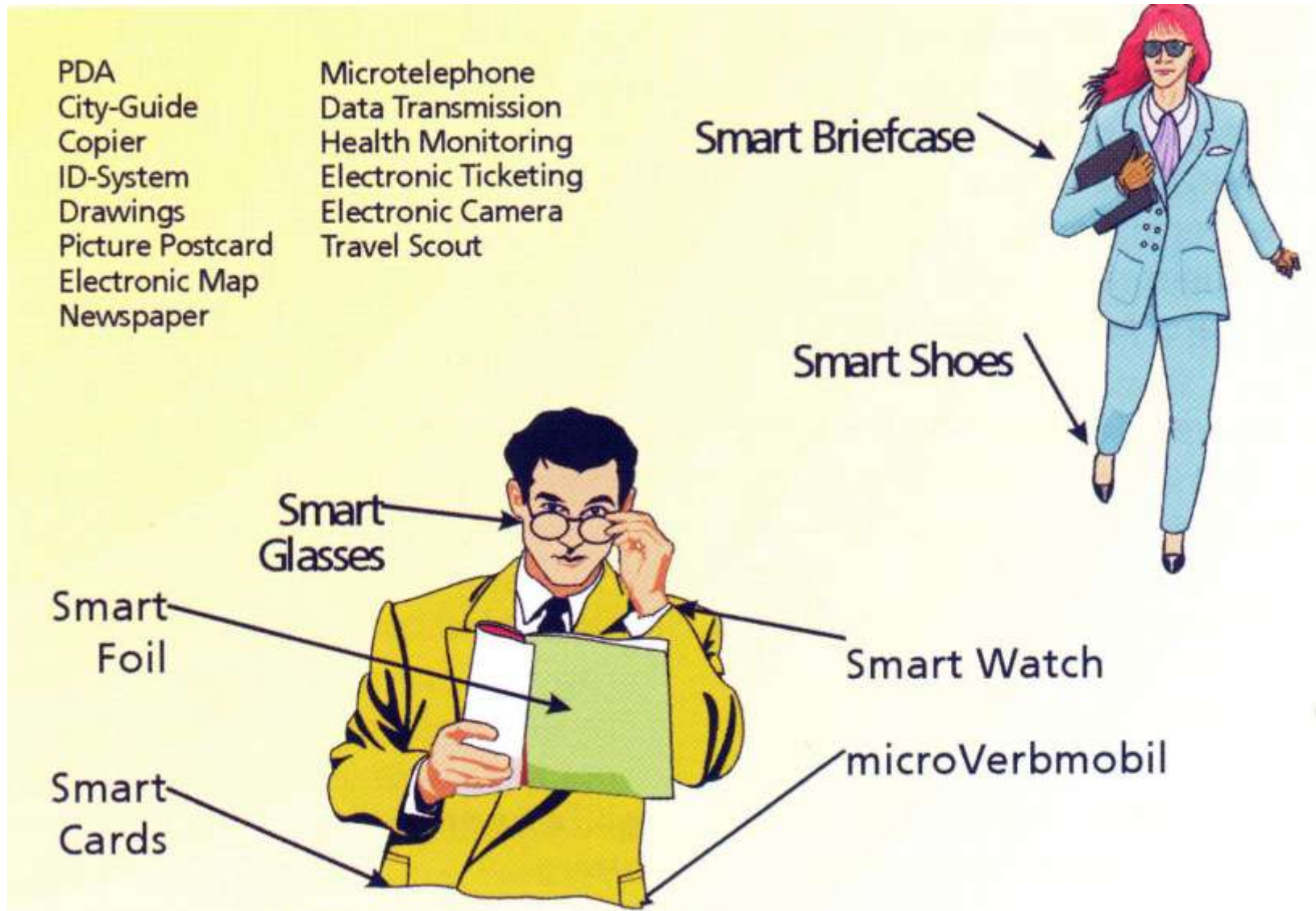
Mikro a Nano (systémy, senzory, elektronika,...)



Intelligentní textilie

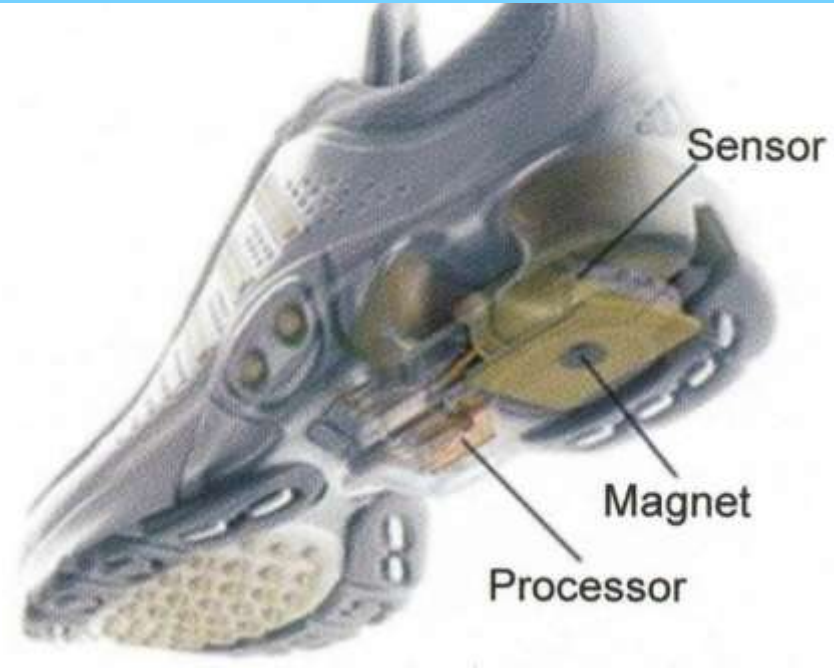


Kam spějí Mikro a Nano systémy



Mikrosenzory a jejich oblasti použití - shrnutí

- ☐ Automobilismus
- ☐ Domácnost
- ☐ Inteligentní budovy
- ☐ Sport
- ☐ Spotřební komerční sféra
- ☐ Bezpečnost
- ☐ Kosmický výzkum
- ☐ Zmenšování rozměrů
- ☐ Využívání nových materiálů
- ☐ Zvyšování podílu inteligence (materiál
- ☐ Využití v medicíně, robotice, inteligent
- ☐ **Inteligentní roboti**



Addidas bota s MEMS technologií



Uplatnění senzorů v robotice



Otázky ke zkoušce

1. Napište 6 základních energetických (signálových) domén obklopujících náš reálný svět
2. Vysvětlete pojmy: Transducer, Senzor, Aktuátor, Procesor. Nakreslete obrázek, jak souvisí senzor, aktuátor a procesor
3. Nakreslete, jak vzniká doména MEMS, MOES, co vyjadřuje zkratka
4. Nakreslete příklad průniku 4 energetických domén
5. Uveďte 3 hlavní funkce měřicího (regulačního) řetězce
6. Aktivní a pasivní senzory. Definujte aktivní a pasivní senzor. Uveďte konkrétní příklady senzorů pro obě skupiny. Principiální blokové zapojení pro měření fyzikální veličiny (pasivní a aktivní senzor).
7. Napište alespoň 5 základních požadavků na výběr senzoru

