

MEMS Intelligent Sensors and Actuators

(MEMS) Inteligentné senzory a aktuátory

Ing. Richard Balogh



1

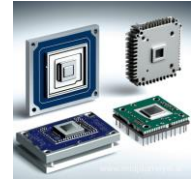
> MEMS Intelligent Sensors and Actuators



Bing Create (DALL-E-3)



gencraft.com



DALL-E-2



perchance.org



2

Prednášky (povinné)

doc. Ing. Richard Balogh, PhD.

miestnosť: D-110 mail: balogh@elf.stuba.sk

Prednášky **CD-150** a cvičenia **D-208**Konzultácie (diš): piatok **nepárny** týždeň v D-208

Exkurzia? termín Prezentácie - po 10 min každý týždeň

Letný semester

Počet kreditov 6,0 (6 ECTS = 150 hod. práce)

Prednáška / Cvičenie: **2.0 / 2.0** [hod./týždeň]+ samoštúdium: 4.0 – 6.0 [hod./týždeň] !!!

3

Hodnotenie a Podmienky pre absolvovanie predmetu

15 bodov merania (nutné všetky)

15 bodov individuálny projekt

10 bodov programovacie domáce úlohy

10 bodov referáty na prednáškach

50 bodov skúška

Podmienky: Aktívna účasť (P+Cv)**Z každej časti nutné získať min 1/3 bodov.****Skúška:** open book, open notes, 60 min

základné znalosti / príklad / návrh merania

4



Google Classroom

ui5kx2m

MISA 2024 - 1405 / 2024

Kontaktujte nás na prednáške



senzor

<https://senzor.robotika.sk/>MISA 2024 - 1405 / 2024
MEMS Inteligentné senzory a aktuátoryOnlineGDB ^{MEMS}
online compiler and debugger for C/C++Join code: **uJ64eMgmL**<https://onlinegdb.com/classroom/invite/uJ64eMgmL>

6

Cvičenia

- 2-3 výpočtové
- 8 praktických (meranie, návrh)
- 2-3 individuálny projekt

- **Dotazník:** Simulátor - Arduino - Mobil?

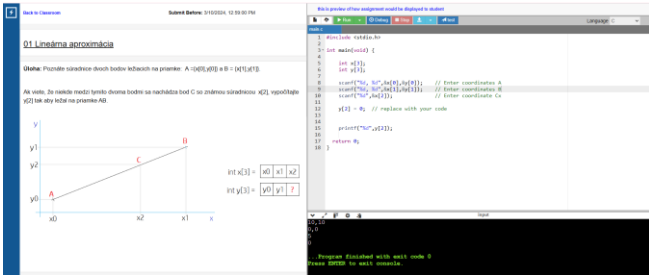
Individuálny projekt:

K danému senzoru navrhnuť prevodník, merací kanál, vyhodnotenie, naprogramovať funkcie a zobrazovanie.

7

Domáce úlohy

GDB Online classroom T: 1. 3. 2025



8

Literatúra

- [1.] Stephen Beeby, Graham Ensell, Michael Kraft and Neil White: *MEMS Mechanical Sensors*. Artech House, Norwood, 2004.
- [2.] Kourosh Kalanter-zadeh: *Sensors. An Introductory course*. Springer, New York, 2013.
- [3.] Jacob Fraden: *Handbook of Modern Sensors*. 4th ed. Springer, New York, 2010.
- [4.] H. R. Everett: *Sensors for Mobile Robots*. Theory and Application. A K Peters, Natick, 1995.
- [5.] Ján Šturcel: *Prvky riadiacich systémov. Meranie neelektrických veličín*. STU Bratislava 2004.
- [6.] Ján Šturcel: *Snímače a prevodníky*. STU Bratislava, 2002.
- [7.] Miroslav Toman: *Senzory v automatizácii*. STU 1999. 127s.
- [8.] František Duchoň: *Snímače v mobilnej robotike*. STU 2012.
- [9.] Karel Zehnula: *Čidla robotů*. SNTL Praha, 1990

9

Prednášky

po 3 slajdy, poslať najneskôršie v nedeľu 25. 2. do 20:00 + otázka na skusku

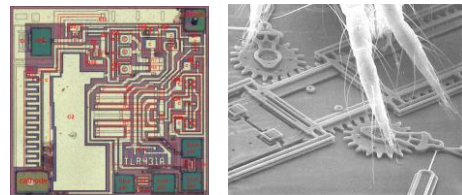
- a) Vlastnosti senzorov Transfer function [3.], s. 13-15
- b) Vlastnosti senzorov Functional approximation [3.], s. 15-16
- c) Vlastnosti senzorov Polynomial approximation + sensitivity [3.], s. 16-18
- d) Vlastnosti senzorov Linear PWL approximation [3.], s. 18-19
- e) Vlastnosti senzorov Spline + Multidimensional [3.], s. 19-21
- f) Vlastnosti senzorov Calibration [3.], s. 21-22
- g) Vypočty prenosovej fcie [3.] 22-25
- h) Vypočet lineárnej approx [3.] 25
- k) Vypočet Linear PWL approx [3.] 26-28
- m) Vypočet Newtonova metoda [3.] 28-30

[3.] Jacob Fraden: *Handbook of Modern Sensors*. 4th ed. Springer, New York, 2010.

10

MEMS Micro-electro-mechanical systems

je označenie samotnej technológie ako aj produktov vyrobených technológiou podobnou výrobe integrovaných obvodov



11



Inteligencia

intelligent system, smart system



12



intelligent system, smart system

– schopnosť riešiť problémy za okolností sprevádzaných neurčitostou.

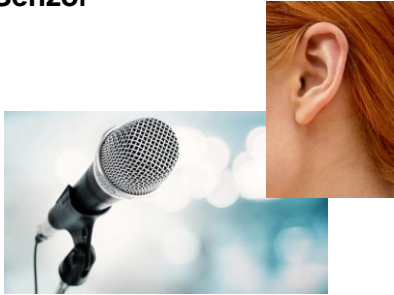
– schopnosť vyťažiť dôležité informácie z daného množstva pozorovaní, ktoré nám zabezpečia prežitie

An intelligent system is a machine with an **embedded**, Internet-connected **computer** that has the capacity to gather and analyze data and **communicate** with other systems.

Requirements for an intelligent system include security,

13

Senzor



14

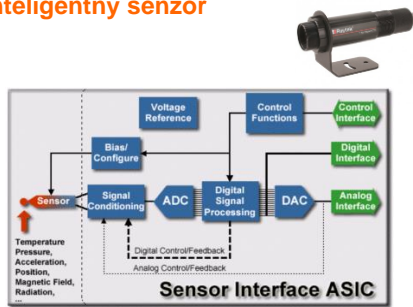
LAT *sentire* – vnímať, cítiť, hmetať, pociťovať

- GB Sensor, detector
- DE Sensor, (Messgrößen-)Aufnehmer, (Mess-)Fühler
- FR Capteur
- PL Czujnik
- HU Érzékelő
- UA Давач [davač]
- RU Датчик [datčik]
- CZ Senzor, čidlo, snímač

Zdroj informácií pre riadiaci systém (napr. mozog) v užšom slova zmysle technické zariadenie (prvok), ktoré meria určitú fyzikálnu alebo technickú veličinu a prevádza ju na signál, ktorý je možné

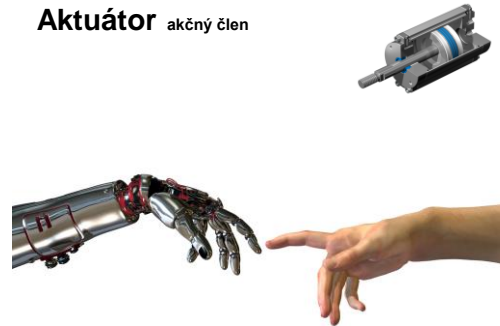
15

Inteligentný senzor



16

Aktuátor akčný člen



17

LAT *actus* – hnanie, poháňanie, pohyb, činnosť

- GB Actuator
- DE Aktor, Antriebselement
- FR Actionneur
- PL Urządzenie wykonawcze
- HU Működtető
- RU Исполнительное устройство [ispolniteľnoje ustrojstvo]
- CZ Akční člen, aktuátor

Je to časť (mechatronického) systému, ktorá premieňa informačnú časť procesu na technickú - napr. príkaz o zmene polohy prevedie aktuátor na mechanickú energiu, ktorou zariadenie vychýli požadovaným smerom.

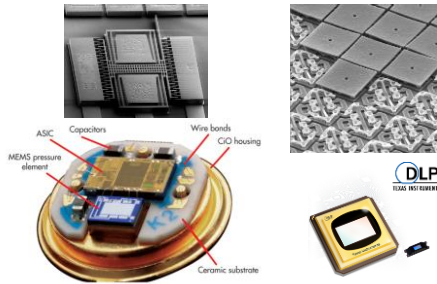
18

Inteligentný aktuátor



19

MEMS – inteligentný senzor a aktuátor



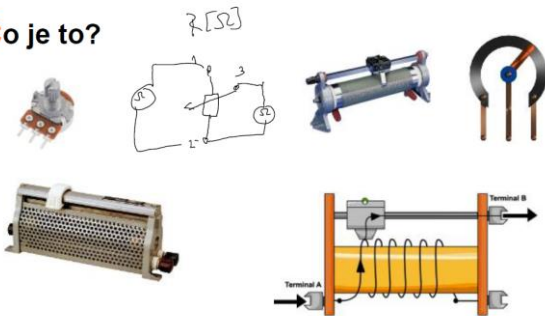
20

Odporové snímače

Potenciometer

21

Čo je to?



22

Spojité odporové snímače

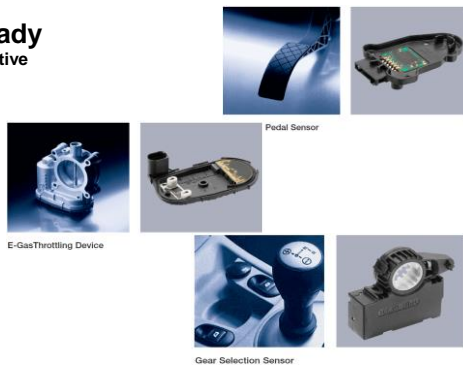
- Odporové (potenciometrické) snímače so spojitým výstupným signálom patria do skupiny pasívnych meracích prvkov a sú vhodné na priame meranie, napr. polohy prvku mechanickej zostavy alebo na meranie neelektrických veličín, ktoré sa dajú transformovať na zmenu polohy, čiže na posunutie

- potenciometer s jedným odporovým vodičom
- odporový vodič navinutý na nosnej podložke
- stupňovitá odporová dráha
- odporová dráha tvorená elektrolytom

Konstruktívne riešenia odporových snímačov polohy s kruhovou dráhou

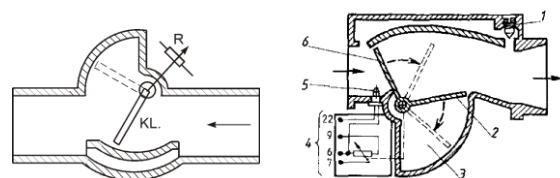
23

Príklady automotive



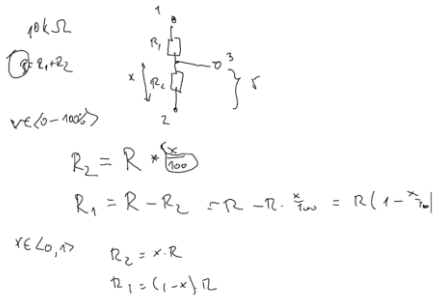
24

Príklad potenciometrického snímača polohy v automobile



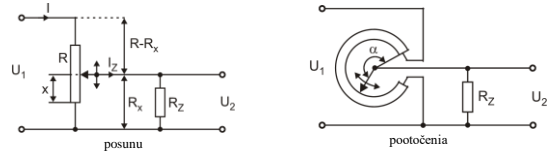
Klapkový snímač množstva nasávaného vzduchu
 $Q = f(\Delta p, \text{polohy klapky})$
 Poloha plynového pedálu

25



26

Schémy zapojenia potenciometrických snímačov polohy



Pre nezaťažný potenciometer platí $U_2 = k \cdot x$, resp. $U_2 = k \cdot \alpha$

príčom konštanta úmernosti k je určená pomerom $k = \frac{U_{2max}}{x_{max}} = \frac{U_{2max}}{\alpha_{max}}$

- Podmienky:**
- stabilné a konštantné napájanie
 - prúd nesmie senzor ohrievať
 - následný obvod impedančne prispôsobený

X

27

Vyhodnotenie merania

Norma STN EN 60 770

28