

MEMS Intelligent Sensors and Actuators

(MEMS) Inteligentné senzory a aktuátory 2

Ing. Richard Balogh



1

Využívanie UI na predmete

Uvedené princípy platia len na mojom predmete, v žiadnom prípade sa nedajú sa považovať za stanovisko fakulty alebo univerzity.

Zodpovedná zvedavosť

- sledujte, skúšajte, zaujímate sa o princípy a ako to funguje
- považujte komunikáciu s AI za otvorenú a zväzite najmä poskytnuté citlivých informácií
- za využítie výstupov AI je vždy zodpovedný človek – užívateľ

Svedomosť a poctivosť

- vašou úlohou je získať vzdelanie bez bariérok,
- uveďte si kde vám AI pomáha a šetriť čas a kým vám „pomáha“ obísť požiadavky,
- v prípade pochybností sa ponaďte s vyučujúcim,
- nikdy nepoužite výsledky bez dôkladnej kontroly,
- aplikujte veľmi kritický prístup

Transparentnosť

- vždy otvorene deklarujte použité nástroje AI
- nepriznané využitie AI je v princípe ghostwriting - t.j. jedna z foriem plagiatstva
- zodpovednosť za zneužitie AI nesiete vy sami

2



3

Prednášky – referáty

po 4-5 slajdov, vložiť do zdieľanej prezentácie najneskôr v nedeľu 2.3 do 23:59

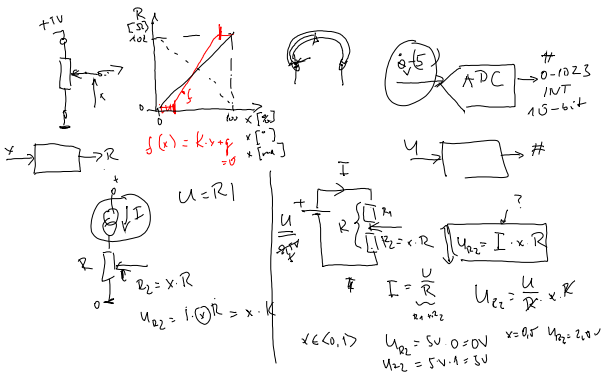
Link: https://docs.google.com/presentation/d/1L2OUg72puu0BxR01yPzW4wF3SVL_v8eupLamU8/edit?usp=sharing

Zamerať sa na

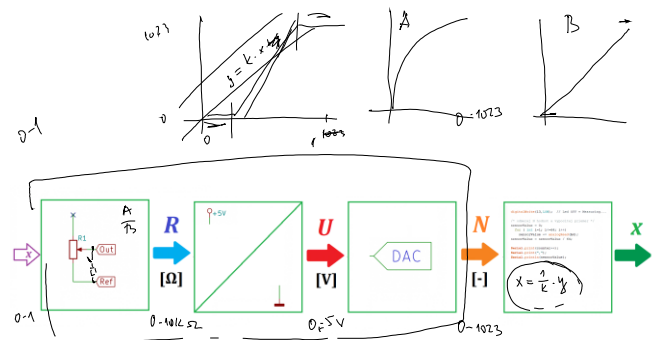
- vysvetlenie funkcie a
- nejaké technické parametre (rozsah, min. a max. hodnota, obmedzenia...),
- + otázka na skúšku

1. Ludske zmysly - sluch + urcovanie polohy
2. Ludske zmysly - zrak
3. Ludske zmysly - chut
4. Ludske zmysly - cuch
5. Ludske zmysly - hmat (tlak, teplo, dotyk, bolesť)
6. Ludske zmysly - statokineticcky vestibularny organ

4

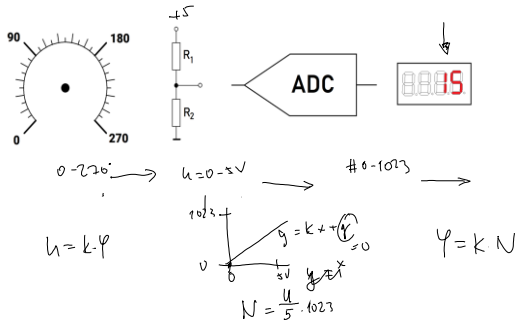


5



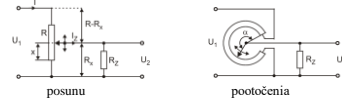
6

Príklad 1: meranie



7

Schémy zapojenia potenciometrických snímačov polohy

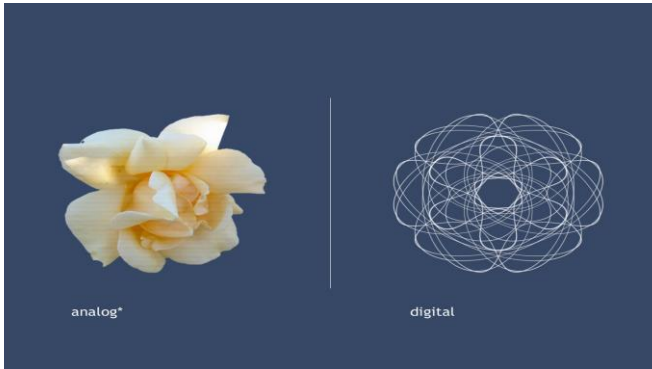


Pre nezaťažný potenciometer platí $U_2 = k \cdot x$, resp. $U_2 = k \cdot \alpha$

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 impedance prispôbený

8



9

Počítač – analógový / digitálny

analógový (spojitý) – číslicový, digitálny (diskrétny)



10

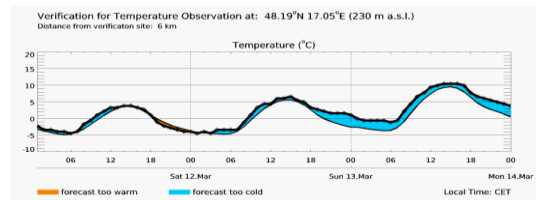
Analógový



Robert Kaliňák, 30. 5. 2016. Zdroj: Denník N, <https://dennikn.sk/473801/kalinak-basternakovi-klame/>

11

Analógový vs. Digitálny



VZORKOVANIE = SAMPLING

https://www.meteoblue.com/sk/po%C4%BDasie/historyclimate/verificationshort/bratislava_slovensk%C3%A1-1-republika_3060972

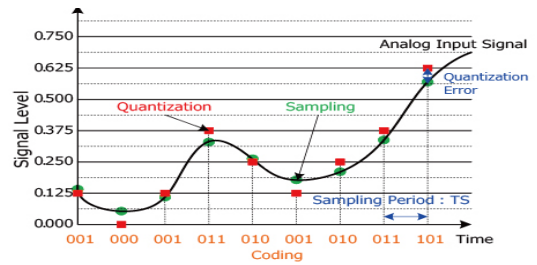
12

Analógový vs. Digitálny



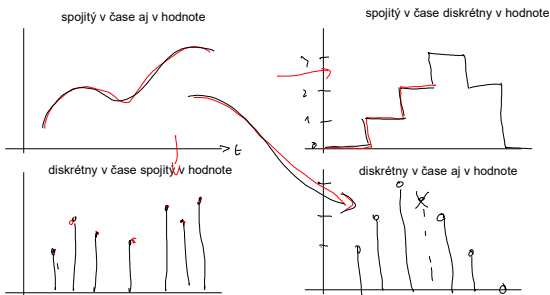
13

Analógový vs. Digitálny



14

Číslicový – nespojitý, diskretný



15

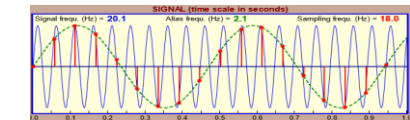
Vzorkovanie Nyquist -- Shannon -- Kotelnikov

$$x(t) \rightarrow x_0, x_1, x_2, \dots, x_n: x_k = x(kT)$$

kde T je perióda vzorkovania

$$f_s = \frac{1}{T}$$

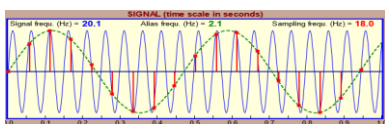
$$f_s > 2f_{max}$$



16

Vyskúšajte:

Aká bude zdanlivá frekvencia, ak signál s $f = 10\text{Hz}$ budeme merať 8x za sekundu?

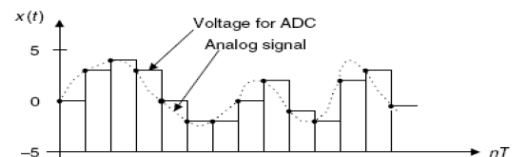


<https://senzor.robotika.sk/go/sam/>

<http://195.134.76.37/applets/AppletNyquist/AppletNyquist2.html>

17

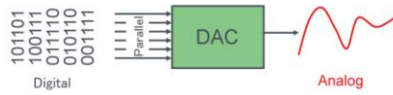
Rekonštrukcia



$$f_s > 2f_{max}$$

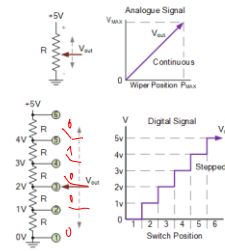
18

D/A prevodník



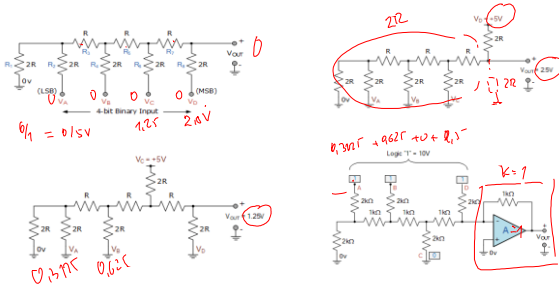
19

D/A prevodník



20

D/A prevodník typu R-2R network

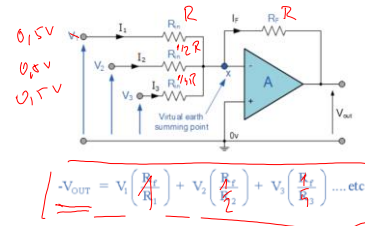


21

Sumátor

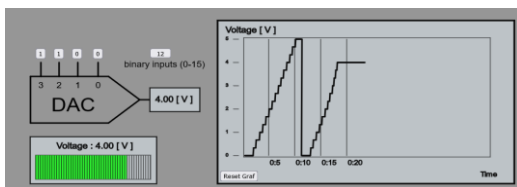
$$V_{out} = I_f \sum \frac{R}{R_i}$$

Summing Amplifier Circuit



22

D/A prevodník



<https://senzor.robotika.sk/mmp/anim>

23

A/D prevodník I.

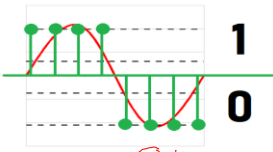


Electrical symbol [edit]

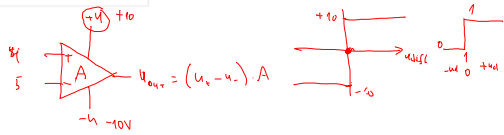
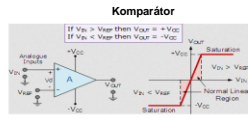


24

A/D prevodník – komparátor



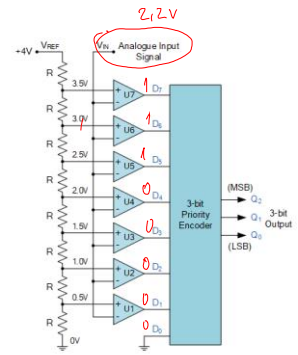
ideal $A = \infty$
Real $A \approx 6$



operačný zosilňovač = diferenčný zosilňovač s „nekonečným“ zosilnením

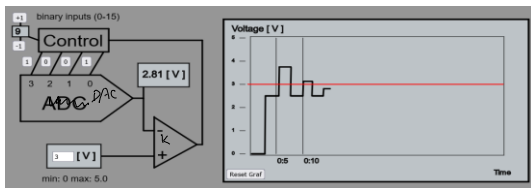
25

Paralelný A/D prevodník



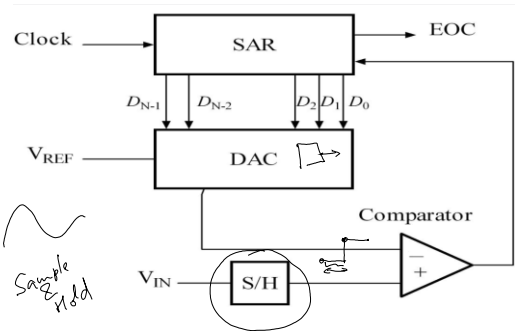
26

A/D prevodník

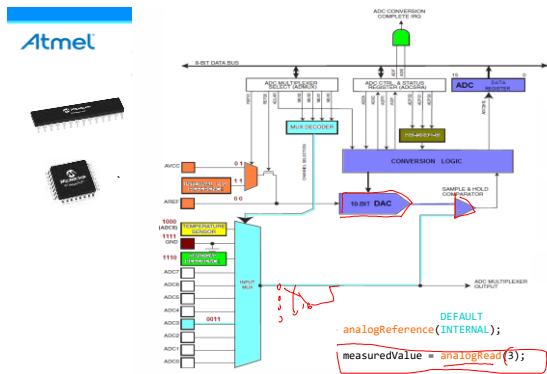


<https://senzor.robotika.sk/mmp/anim/sac.html>

27



28



```

DEFAULT
analogReference(INTERNAL);
measuredValue = analogRead(3);
    
```

29

Senzor

ako kybernetický systém

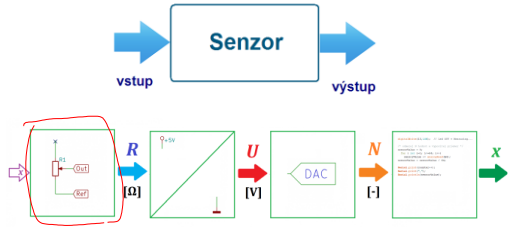
= čierna skrinka



30

Senzor

ako kybernetický systém = čierna skrinka



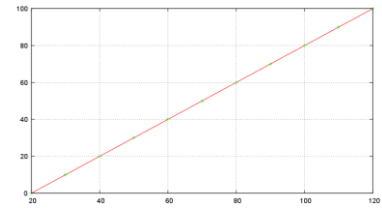
31

Vstupno-výstupná charakteristika (prevodová)

Idealizácia



vstup: 20 – 120 kPa
výstup: 0 – 100 mV



$$U = K p + q = 1 p + -20$$

32

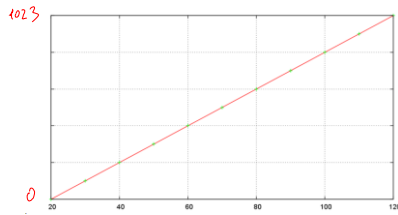
Vstupno-výstupná charakteristika (prevodová)

Idealizácia



vstup: 20 – 120 kPa
výstup: 0 – 100 mV
výstup: 0 – 255 [-] *1023*

$$N = K p + q =$$



33

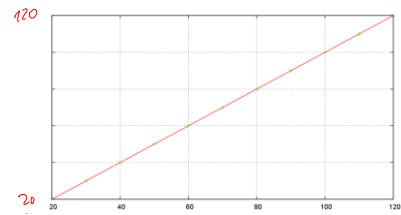
Vstupno-výstupná charakteristika (prevodová)

Idealizácia



vstup: 20 – 120 kPa
výstup: 0 – 100 mV
výstup: 20 – 120 kPa

$$N = 1 p + 0$$



34

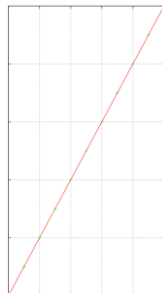
Inverzná prevodová charakteristika

Idealizácia



vstup: 0 – 255 [-]
výstup: 0 – 100 mV
výstup: 20 – 120 kPa

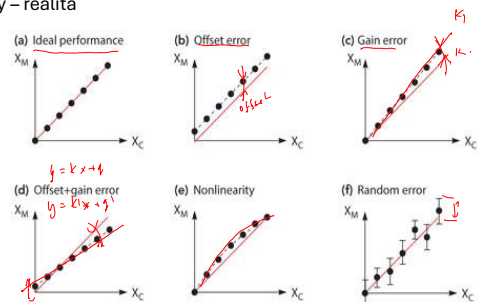
$$p = K \cdot N + q =$$



35

Vstupno-výstupná charakteristika

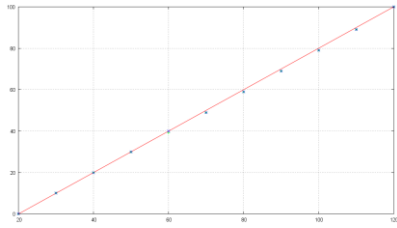
Chyby – realita



36

Chyba merania I.

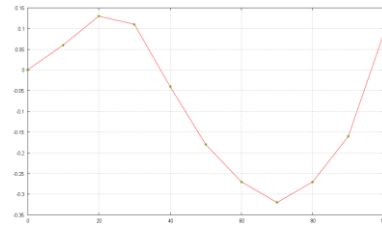
Measurement error



37

Chyba merania II.

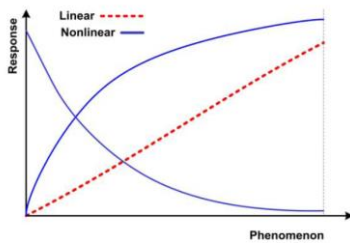
Measurement error



38

Prevodová charakteristika

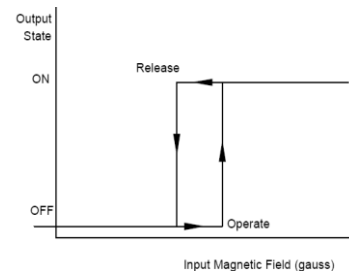
Transfer function



39

Prevodová charakteristika

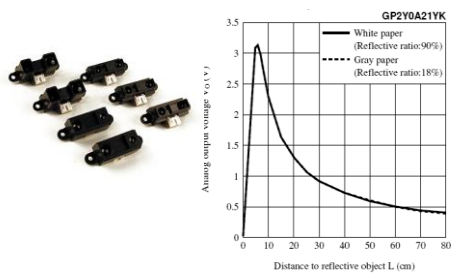
Transfer function



40

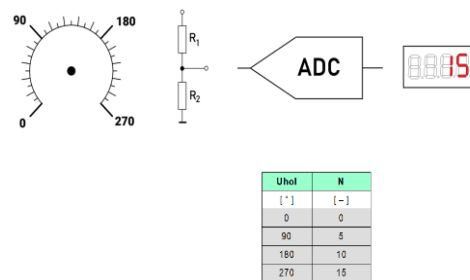
Prevodová charakteristika

Transfer function



41

Príklad 1: meranie



42

[Nasleduje vaša prezentácia...](#)

<https://docs.google.com/presentation/d/1apXhNgOasbf8uJTT4QCp1hJ4KpeEkrFQSJpKICrLE/edit?usp=sharing>

43

Zhrnutie

- Prevod odporu na napätie
- **Prevodová charakteristika** (input/output, vstupno-výstupná)
- Spojité – **analógové** vs. Diskrétné – **číslkové** veličiny
- Vzorkovanie (**sampling**) a kvantovanie (**quantization**)
- **Nyquistov** vzorkovací teorém
- Funkcia **D/A prevodníka**, komparátor
- Funkcia **A/D prevodníka** (s postupnou aproximáciou)
- **Aproximácia** prevodovej charakteristiky senzora

44