

# Senzory

Michal Šerý

SDC

- 1 **Senzory**
- 2 **Signálové převodníky**
- 3 **Mezisystémové převodníky**
- 4 **A/D převodníky**
- 5 **D/A převodníky**

# Senzor

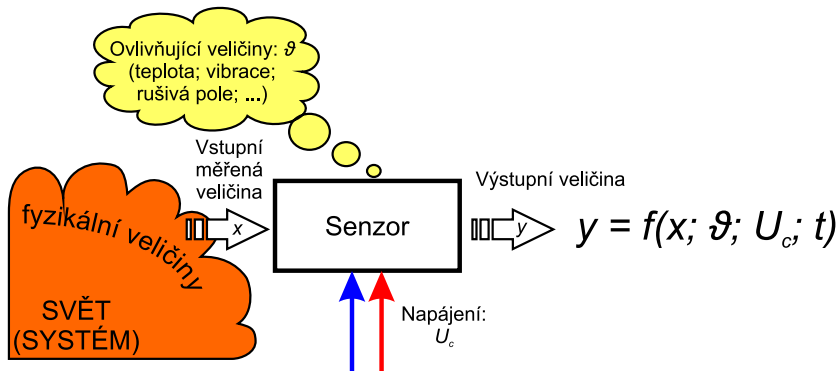
Senzor je funkční prvek tvořící vstupní blok měřicího řetězce, který je v přímém styku s měřeným prostředím.

Pojem senzor je ekvivalentní pojmu snímač nebo detektor.

Citlivá část senzoru se občas označuje jako čidlo. Senzor jako primární zdroj informací snímá sledovanou fyzikální, chemickou nebo biologickou veličinu a dle určitého definovaného principu ji transformuje na měřicí veličinu - nejčastěji na veličinu elektrickou.

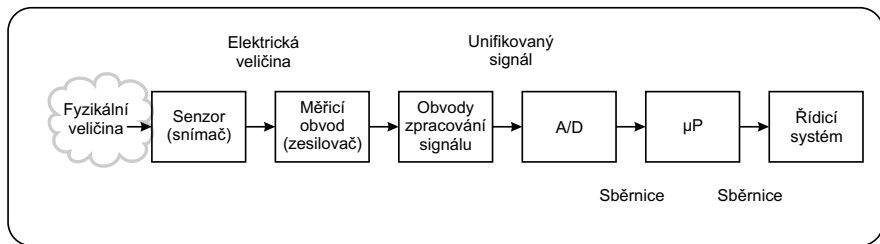
Dále existují senzory, u nichž je neelektrická veličina přímo transformována na číslicový signál.

# Blokové schéma senzoru



**Obrázek:** Blokové schéma senzoru

## Blokové schéma měřicího řetězce



**Obrázek:** Blokové schéma měřicího řetězce

- A/D - analogově-číslicový převodník
- $\mu\text{P}$  - mikroprocesor

## Generace senzorů

### 1. generace

Klasické snímače (DUMB - hloupé), bez normalizovaného výstupního elektrického signálu (např. termočlánek, tenzometr).

### 2. generace

Mikro a opto-elektronické snímače s normalizovaným obvykle proudovým výstupním signálem (např. tlakový membránový Si-senzor, optické vláknové senzory).

### 3. generace

Inteligentní (SMART) senzory, videoprocessorové subsystémy.

## Dělení senzorů

### Dle měřené fyzikální veličiny:

#### Senzory

- teploty,
- tlaku,
- průtoku,
- radiačních veličin,
- mechanických veličin
  - dráha,
  - rychlost,
  - zrychlení,
  - kroutící moment.
  - ...
- analýzy kapalin a plynů,
- elektrických a magnetických veličin

## Dělení senzorů

### Dle principu převodu:

- fyzikální
  - odporové,
  - indukčnostní,
  - indukční,
  - kapacitní,
  - magnetické,
  - piezoelektrické,
  - optické vláknové,
  - ...
- chemické převod je založen na chemické reakci probíhající na rozhraní analyt - senzor (adsorbce, absorpce, ...)
- biochemické (tvoří samostatnou část chemických senzorů, ke své činnosti využívají biologicky aktivní látky)



## Dělení senzorů

### Dle styku s měřeným prostředím:

- dotykové (kontaktní)
- bezdotykové (bezkontaktní)

V robotice

- taktilní (uchopení, drsnosti povrchu, ...)
- proximní (indukční, RFID, ...)

## Dělení senzorů

### Dle transformace signálu:

- aktivní - senzor je zdrojem energie (termočlánek),
- pasivní - PT100.

### Dle výrobní technologie:

- pneumatické,
- elektromechanické,
- mechanické,
- elektrochemické,
- polovodičové,
- mikroelektronické,
- optoelektronické,
- ...

# Senzory

Technické parametry senzorů.

- Statické
- Dynamické

# Senzory

Statické parametry senzorů.

- Statická převodní charakteristika
- Citlivost
- Práh citlivosti
- Dynamický rozsah
- Reprodukovatelnost
- Rozlišitelnost
- Aditivní a multiplikační chyby
- Linearita
- Parametry výstupu

# Senzory

Dynamické parametry senzorů.

- Parametry časové odezvy
- Časová konstanta
- Šíře frekvenčního pásma
- Frekvenční rozsah
- Rychlost číslicového přenosu
- Parametry šumu

## Senzory - statické parametry senzorů.

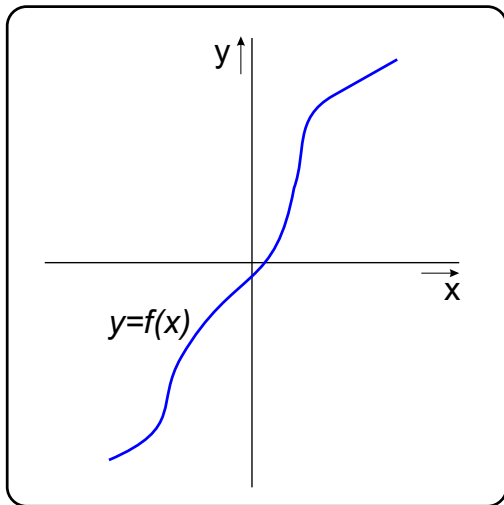
### Statická převodní charakteristika

Je dána funkční závislostí  $y = f(x)$ . Tedy mezi vstupní (nezávislou) veličinou  $x$  a výstupní (závislou) veličinou  $y$  v ustáleném stavu. To znamená po odeznění všech přechodových dějů.

Lze ji často popsat polynomem:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

# Senzory - statické parametry senzorů.



**Obrázek:** Statická převodní charakteristika

## Senzory - statické parametry senzorů.

### Ideální statická převodní charakteristika

Je dána lineárním vztahem:

$$y = Kx$$

Konstantu  $K$  nazýváme citlivost.

Pro obecnou funkční závislost je citlivost definována jako limitní poměr přírůstku  $\Delta y$  ku přírůstku  $\Delta x$ :

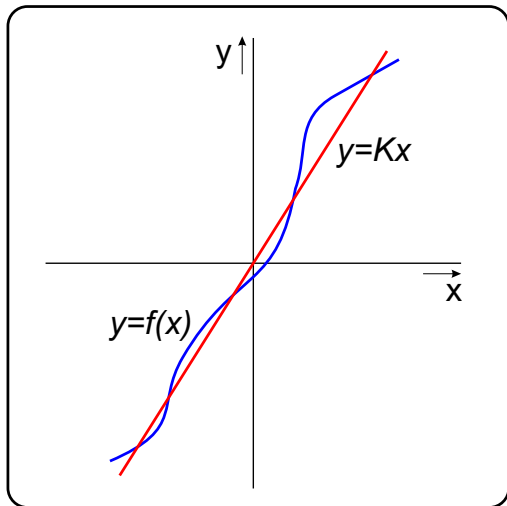
$$K = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{df(y)}{dx}$$

Vzhledem k tomu, že v reálném světě působí na senzor řada parazitních veličin  $\vartheta_i$  je lépe definovat  $K$  jako:

$$K = \left( \frac{\partial f(y)}{\partial x} \right)_{\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n = \text{konst}}$$



# Senzory - statické parametry senzorů.



**Obrázek:** Ideální statická převodní charakteristika

## Senzory - statické parametry senzorů.

### Práh citlivosti

Je dán hodnotou snímané veličiny, při níž je na výstupu senzoru signál odpovídající střední kvadratické odchylce šumu senzoru. Například pro napěťový signál:

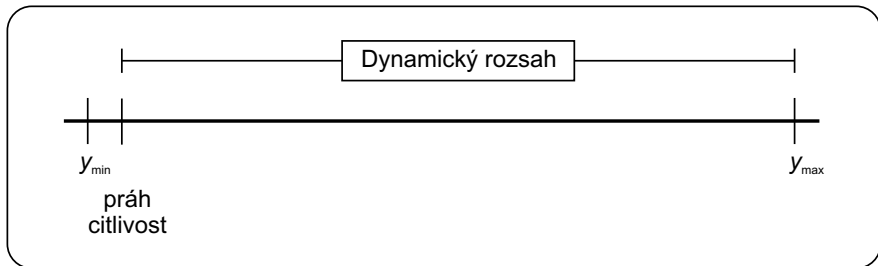
$$u_y = \sqrt{u_s^2}$$

Práh citlivosti je nejmenší hodnota vstupní veličiny, která může být indikována snímačem.

## Senzory - statické parametry senzorů.

### Dynamický rozsah

Je dán intervalem přípustných hodnot snímané fyzikální veličiny, ohraničené prahem citlivosti a maximální hodnotou měřené veličiny.



**Obrázek:** Dynamický rozsah

## Senzory - statické parametry senzorů.

### Reprodukovatelnost

Je dána odchylkou naměřených hodnot při krátkodobém časovém sledu měření neměnné vstupní veličiny a neměnných rušivých vlivů okolí.

## Senzory - statické parametry senzorů.

### Rozlišitelnost

Je nejmenší inkrement výstupu senzoru, který senzor zaznamená při změně vstupu. Odpovídající absolutní nebo relativní chybě senzoru.

$$r_a = \frac{1}{1 + \frac{y_{max} - y_{min}}{2(\Delta y)_{max}}} \approx 2\delta_s$$

kde  $y_{max} - y_{min}$  ... rozsah měření  
 $(\Delta y)_{max}$  ... maximální chyba

Při převodu analogové veličiny na číslicovou je rozlišitelnost definována vztahem:

$$r_a = \frac{1}{(2^n - 1)} \approx \frac{1}{2^n}$$

kde  $n$  ... počet bitů

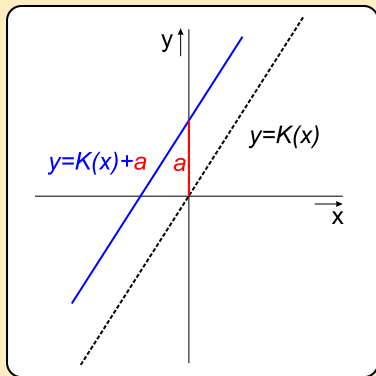
# Senzory - statické parametry senzorů.

## Aditivní chyba

Se projevuje posunem jmenovité lineární charakteristiky.

$$y = K(x)$$

$$y_1 = K(x) + a$$



**Obrázek:** Aditivní chyba

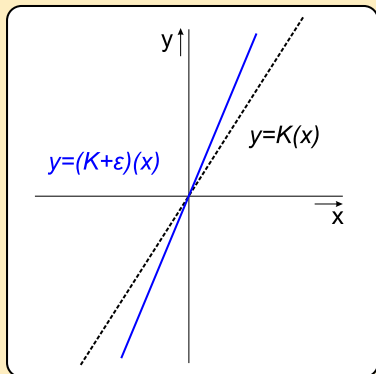
## Senzory - statické parametry senzorů.

### Multiplikativní chyba

- ekvivalentní změna citlivosti senzoru
- závislá na hodnotě měřené veličiny
- změna sklonu statické charakteristiky

$$y = K(x)$$

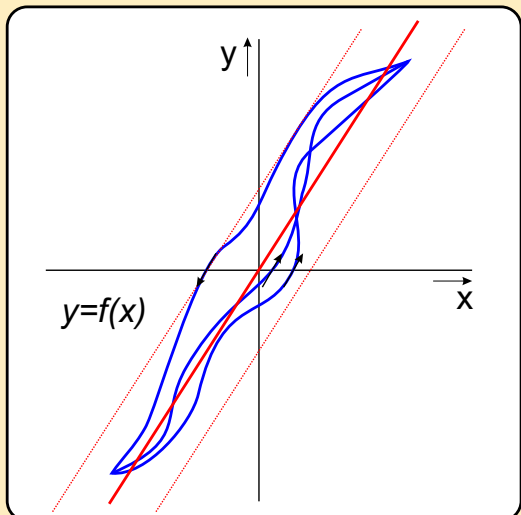
$$y_1 = K_1(x)$$



**Obrázek:** Multiplikativní chyba

# Senzory - statické parametry senzorů.

## Chyba hysterézni





# Senzory

## **Dynamické vlastnosti senzorů**

- nutno znát pro analýzu a syntézu měřících a regulačních obvodů
- parametry časové odezvy, časová konstanta, šíře frekvenčního pásma, frekvenční rozsah, rychlost číslicového přenosu, parametry šumu aj.

# Senzory

Technické parametry senzorů.

## Plný rozsah senzoru (horní hranice měřicího rozsahu)

je nejvyšší hodnota měřené veličiny, která může být senzorem detekována.

$$R = x_{max}$$

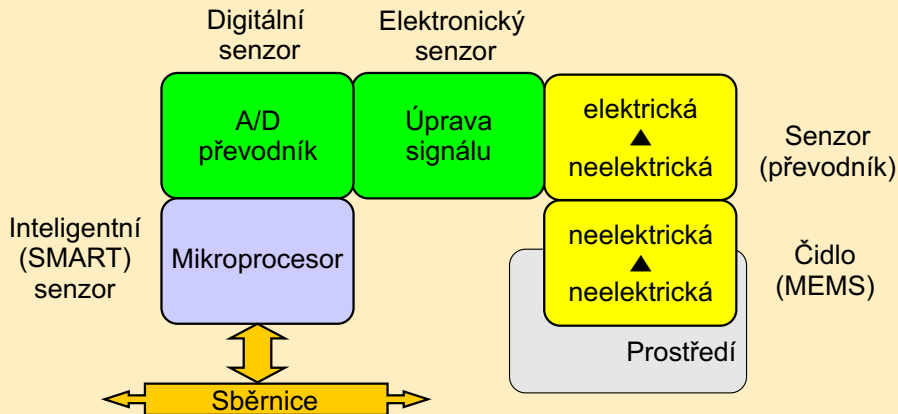
## Chyba linearity

Se projevuje odchylkou od ideální lineární charakteristiky.

$$L_e = \frac{\Delta y_{max}}{R}$$

# Typy senzorů

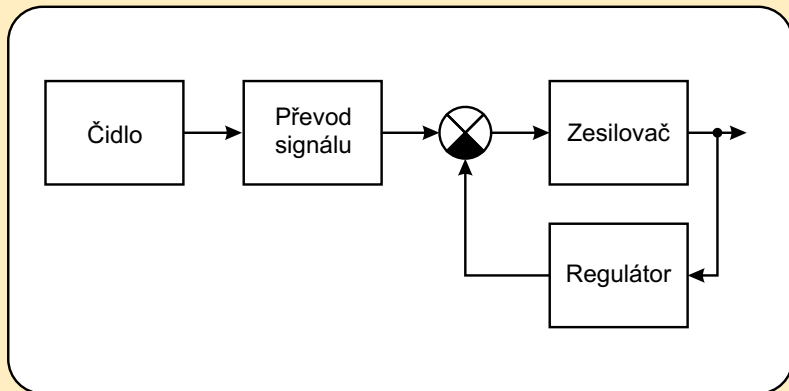
## Blokové schéma



MEMS - mikroelektro-mechanický systém

# Unifikovaný signál

## Blokové schéma



**Obrázek:** Vytvoření unifikovaného signálu

## Unifikovaný signál

### Důvod

Jednou z podmínek zavedení stavebnicového řídicího systému je unifikace (sjednocení) signálu uskutečňující přenos informace mezi jednotlivými funkčními celky.

### Typy unifikovaných signálů - logické

- Logické signály
  - = 0; 24 V
  - = 0; 10 V
  - = 0; 5 V
  - = -15; 15 V
  - $\sim$  0; 24 V
  - $\sim$  0; 230 V
  - ...

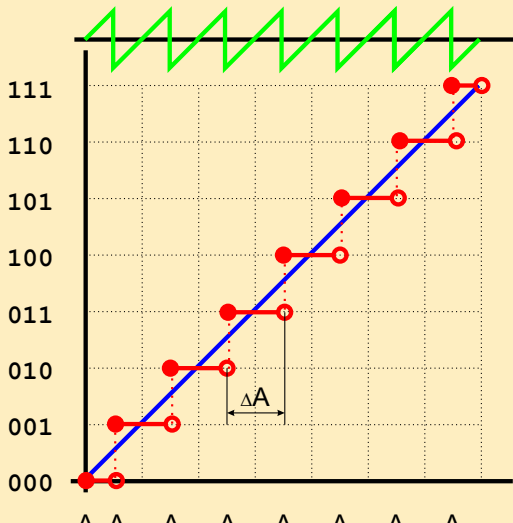
# Unifikovaný signál

## Typy unifikovaných signálů - spojitě

- Napěťové signály - k přenosu vnitřních částí
  - 0 až 10 V
  - -10 až 10 V
  - 0 až 5 V
  - ...
- Proudové signály - k dálkovému přenosu
  - 0 až 20 mA
  - 4 až 20 mA
- Pneumatické signály
  - 20 - 100 kPa

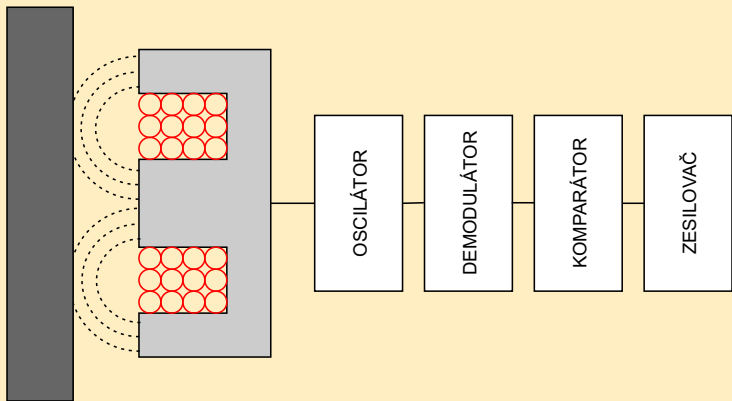
## A/D převod

## Grafické znázornění



# Bezkontaktní indukční snímače

## Blokové schéma





# Bezkontaktní indukční snímače

Technické parametry senzorů.

## Princip činnosti

- Oscilátor generuje v cívce vř elektromagnetické pole.
- Rozladování oscilátoru vlivem vířivých proudů po přiblížení feromagnetického materiálu k čelu snímače.
- Výstup oscilátoru je demodulován.
- Čím větší rozladění, tím větší napětí.
- Komparátor porovnává výstupní napětí demodulátoru s prahovou hodnotou.
- Výstupní zesilovač upravuje signál na požadovanou hodnotu.
- Výstup ON/OFF

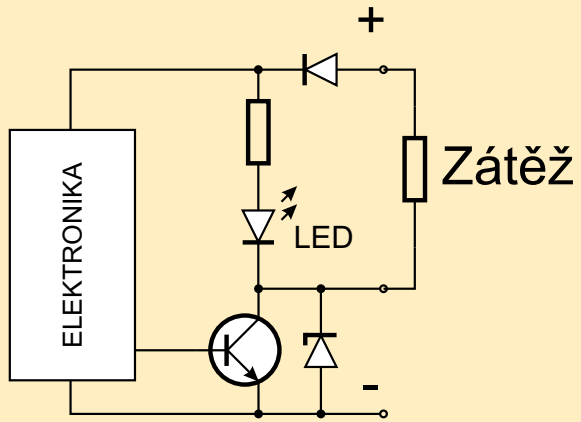
## Bezkontaktní indukční snímače

Technické parametry senzorů.

- Krytí: IP67
- Hystereze:  $2^\circ$
- Rozsah odezvy:  $23^\circ \pm 7^\circ$

# Bezkontaktní indukční snímače

## Varianty výstupu NPN



# Bezkontaktní indukční snímače

## Varianty výstupu PNP

