



Snímače...



Vyučující:

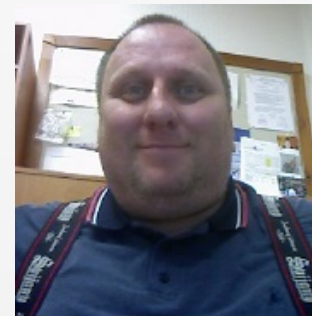
Zdeněk Plíva

*e-mail: zdenek.pliva@tul.cz
3536*



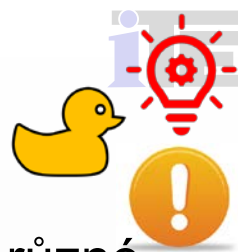
Miroslav Holada
Leoš Petržílka

...





Přehled info-markerů



Informace obsažené ve slajdech přednášek jsou různě důležité pro různé studijní obory a zaměření. Na některých slajdech může být značka, která informuje o významnosti a důležitosti prezentované informace.



důležité - vyžadováno u zkoušky



informativní slajd s "doplňkovou" informací

Pokud slajd není označen, tak je jeho důležitost střední (něco mezi důležitým a informativním).



základní znalosti z předchozího studia (fyziky, matematiky....)



zásadní informace pro pochopení další látky



Informace souvisí s průmyslem, praktickým využitím a má střední důležitost





- Měřicí řetězec
- Připojování vybraných periférií
- Snímače teploty
- Snímače síly a tlaku
- Snímače polohy
- Snímače osvětlení

Ripka P., Típek A, Master Book on Sensors, BEN&ČVUT 2003, ISBN 80-7300-129-2, EAN 9788073001292.

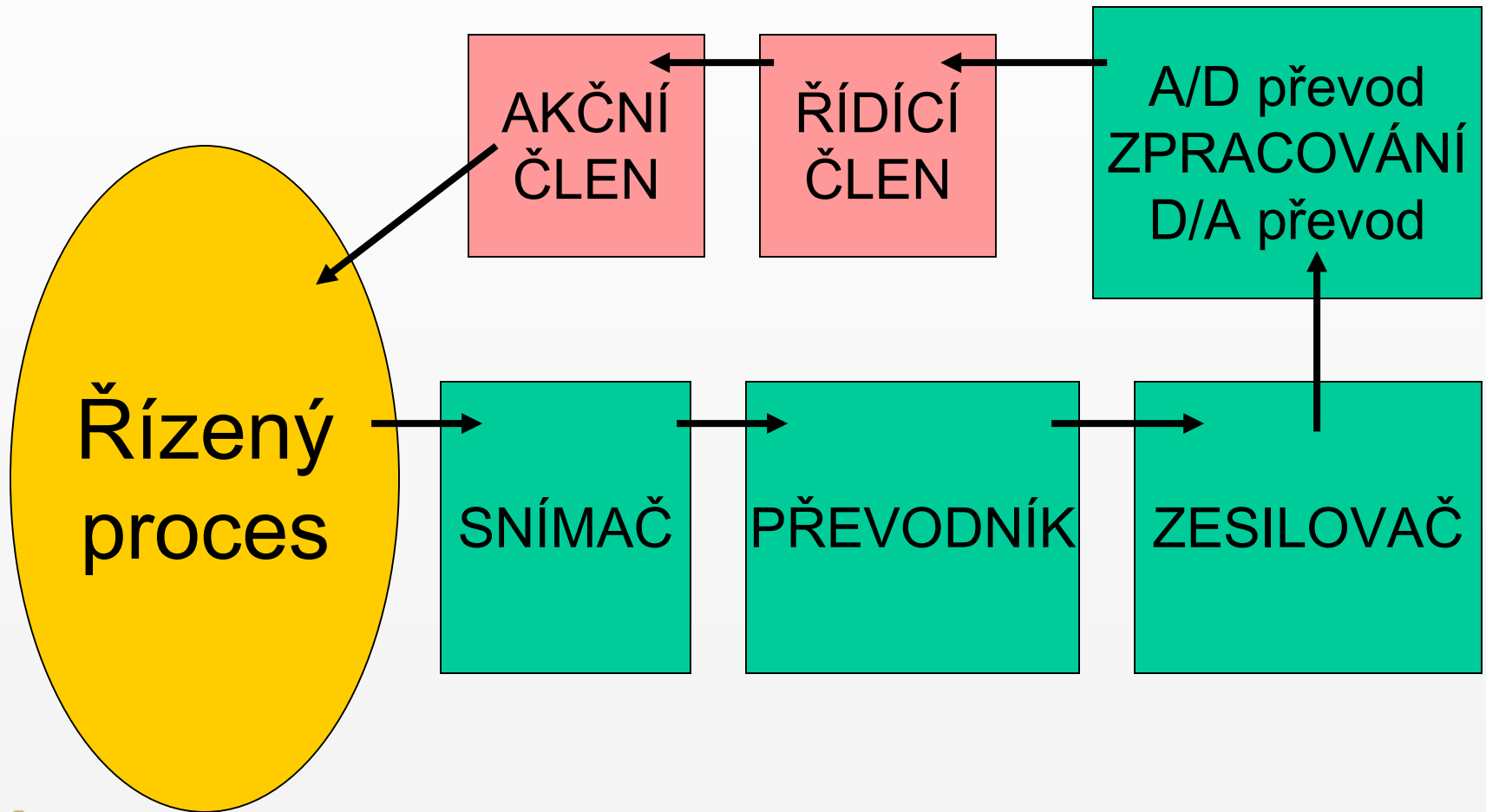




Snímače



Měřicí řetězec

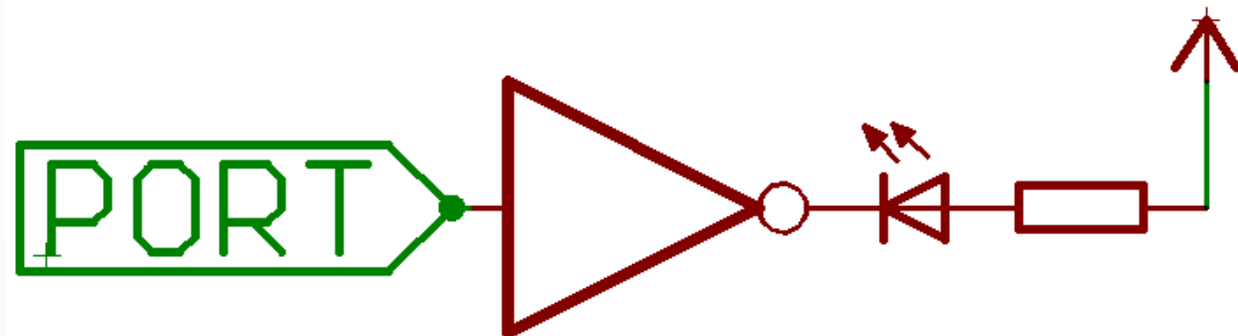




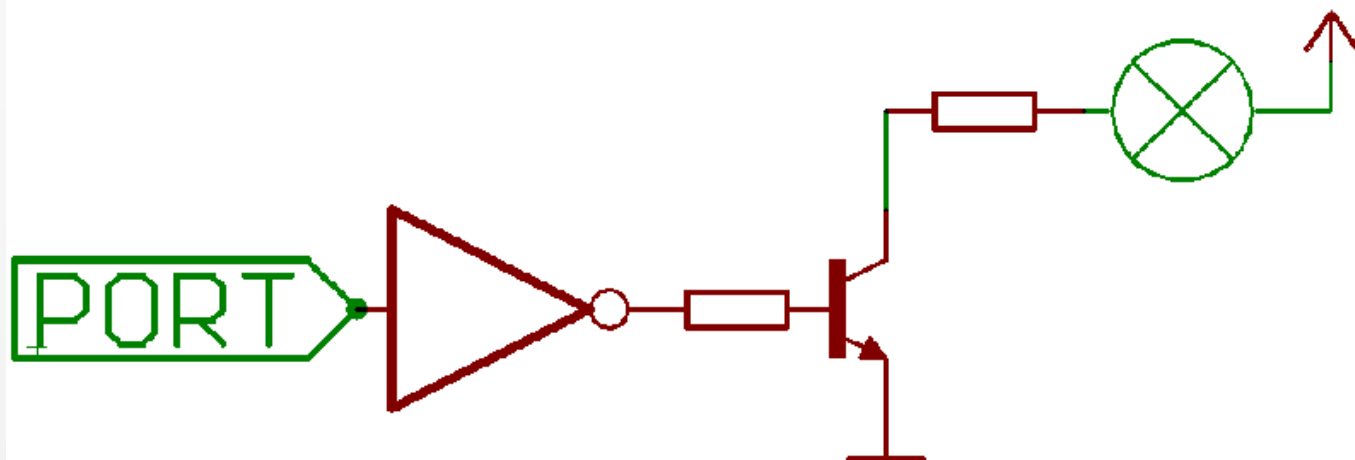
Připojování periférií



- LED dioda



- Žárovka



<http://www.ite.tul.cz>

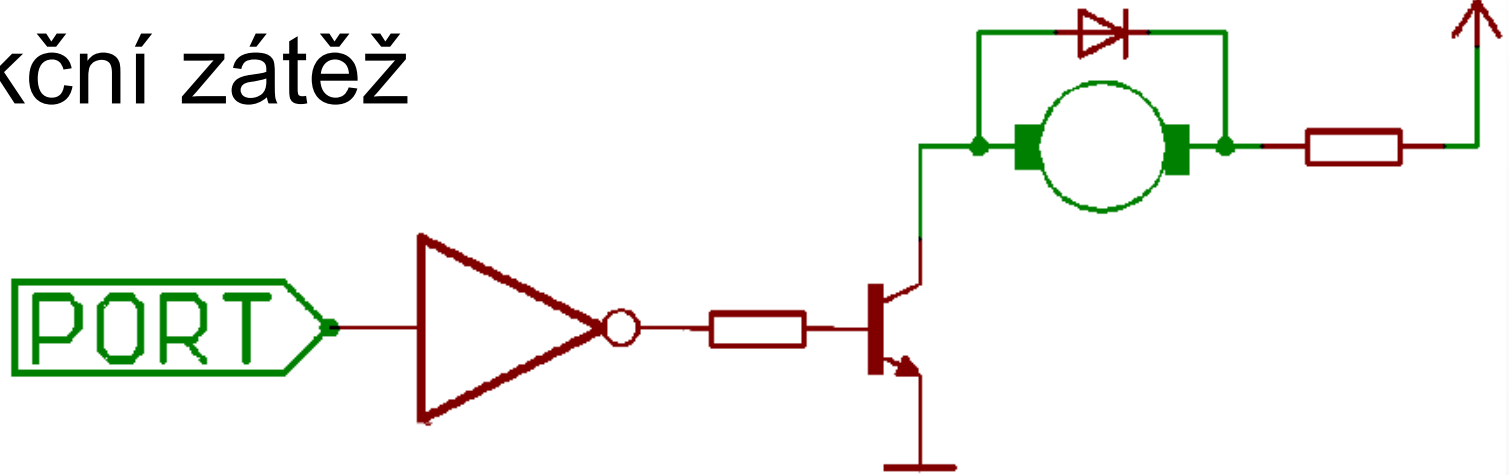




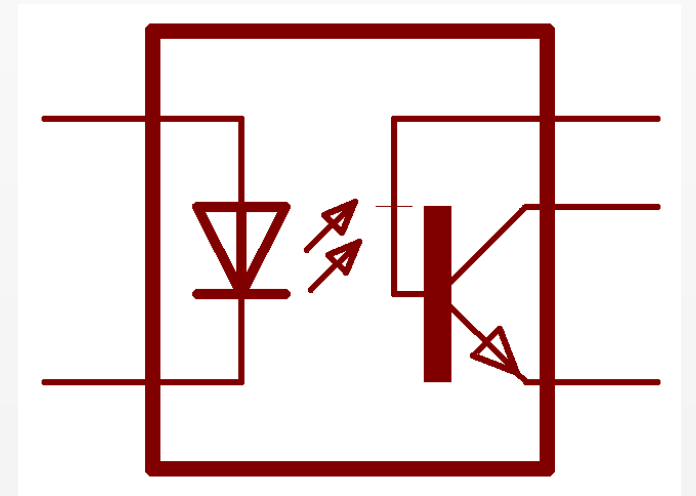
Připojování periférií



- Indukční zátěž



- Galvanické oddělení

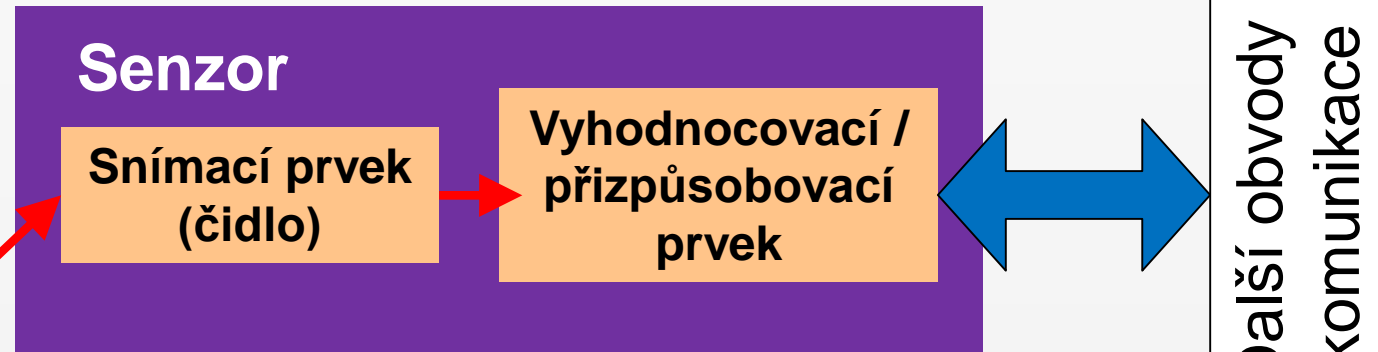




Terminologie

- Čidlo (sensor)
- Snímač (sensor ;)

*Snímaný
proces*





Rozdělení snímačů



Podle hodnoty:

- Absolutní
- Relativní
- Rozdílové (diferenční)

Podle media:

- Statické fluidum
- Pohyblivé fluidum

Podle fyz. principu:

- Odporové
- Kapacitní
- Induktanční
- Piezoelektrické
- Oscilační
- ...





Typy elektrických snímačů

- **Generátorické (aktivní)**

Při působení neelektrické veličiny se snímač chová jako zdroj elektrické energie

- **Parametrické (pasivní)**

Působením neelektrické veličiny se mění některý z jeho parametrů





Vlastnosti elektrických snímačů neelektrických veličin

- Větší přesnost
- Větší citlivost
- Možnost dálkového přenosu
- Možnost záznamu
- Možnost „strojového“ zpracování
- Možnost měření na velkém počtu míst





Kritéria výběru snímačů



- Prostředí a podmínky měření
- Vlastnosti měřeného média (fyzikální a chemické)
- Spojité či nespojité snímání stavu hladiny
- Účel měření
 - Regulace výšky hladiny
 - Pouze mezní stavy
 - bilanční měření množství náplně
- Přesnost měření a měřicí rozsah
- Cena za zařízení





SNÍMAČE TEPLoty



Principy:

- Fyzikální a přímá měření
- Termoelektrické metody
- Odporové detektory
- Termistory
- Monolytické senzory
- Pyrometry





Snímače teploty - jednotky



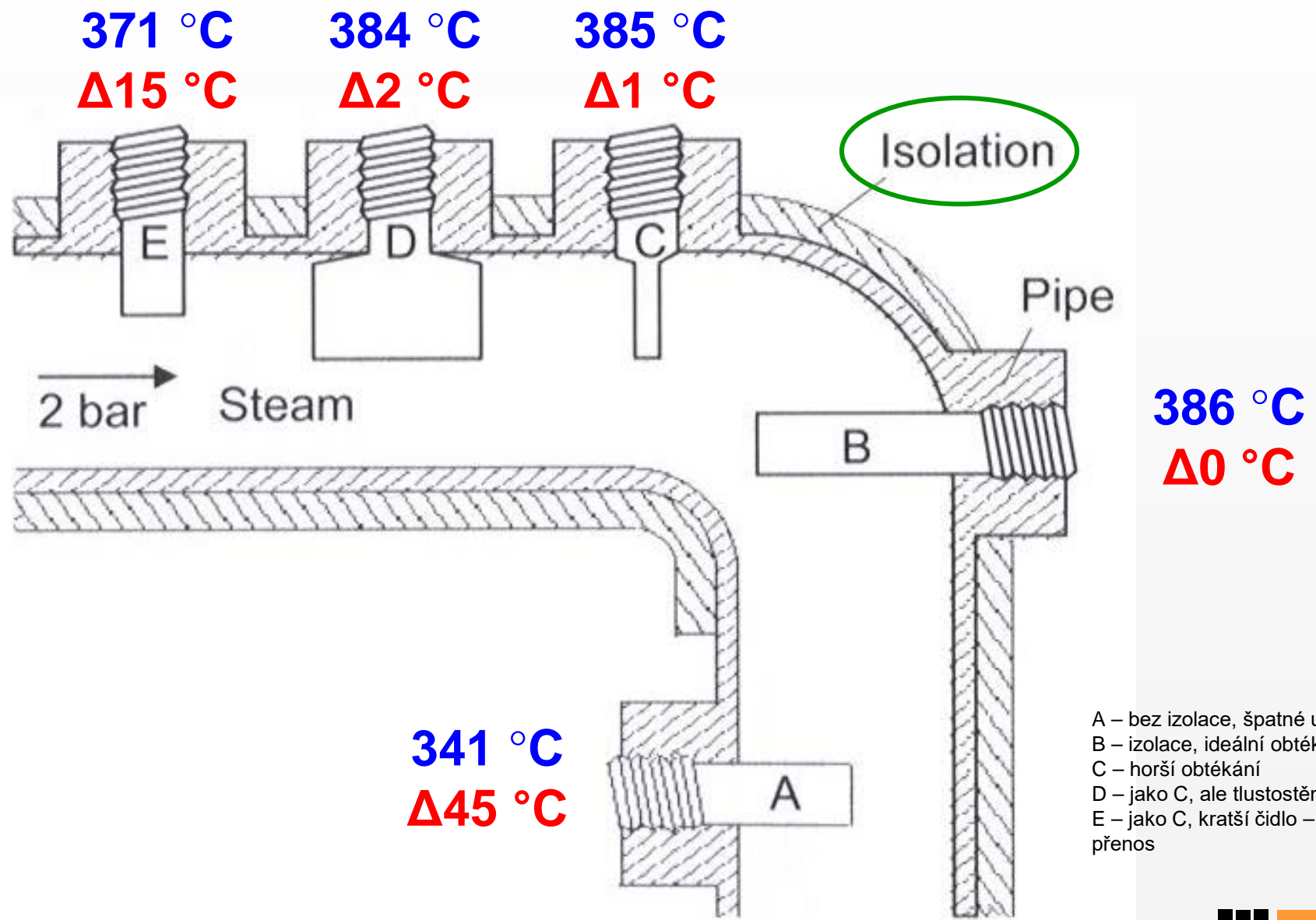
		Teplota tání vody	Teplota varu vody
Celsius	-273,15	0	100
Kelvin	0	273,15	373,15
Fahrenheit	-459,67	32	212
Rankine	0	491,67	671

Používá se v anglosaských zemích (hlavně v USA).

G. D. Fahrenheit (1686-1736) zavedl pro 0 teplotu směsi ledu, vody a salmiaku. Jako horní teplotu užil teplotu zdravého člověka a označil ji číslem 96. Vše rozdělil dvakrát po 12 dílech a každý z nich na 4 dílky - stupně.



Snímače teploty – umístění čidla



- A – bez izolace, špatné umístění
- B – izolace, ideální obtékání
- C – horší obtékání
- D – jako C, ale tlustostěnný snímač
- E – jako C, kratší čidlo – horší přenos

<http://www.ife.tul.cz>





Snímače teploty



Skleněné teploměry

- Rtuť : tuhnutí $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$, var $+360\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Alkohol: $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Pentan: $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Toluén: $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$





Expanzní teploměry

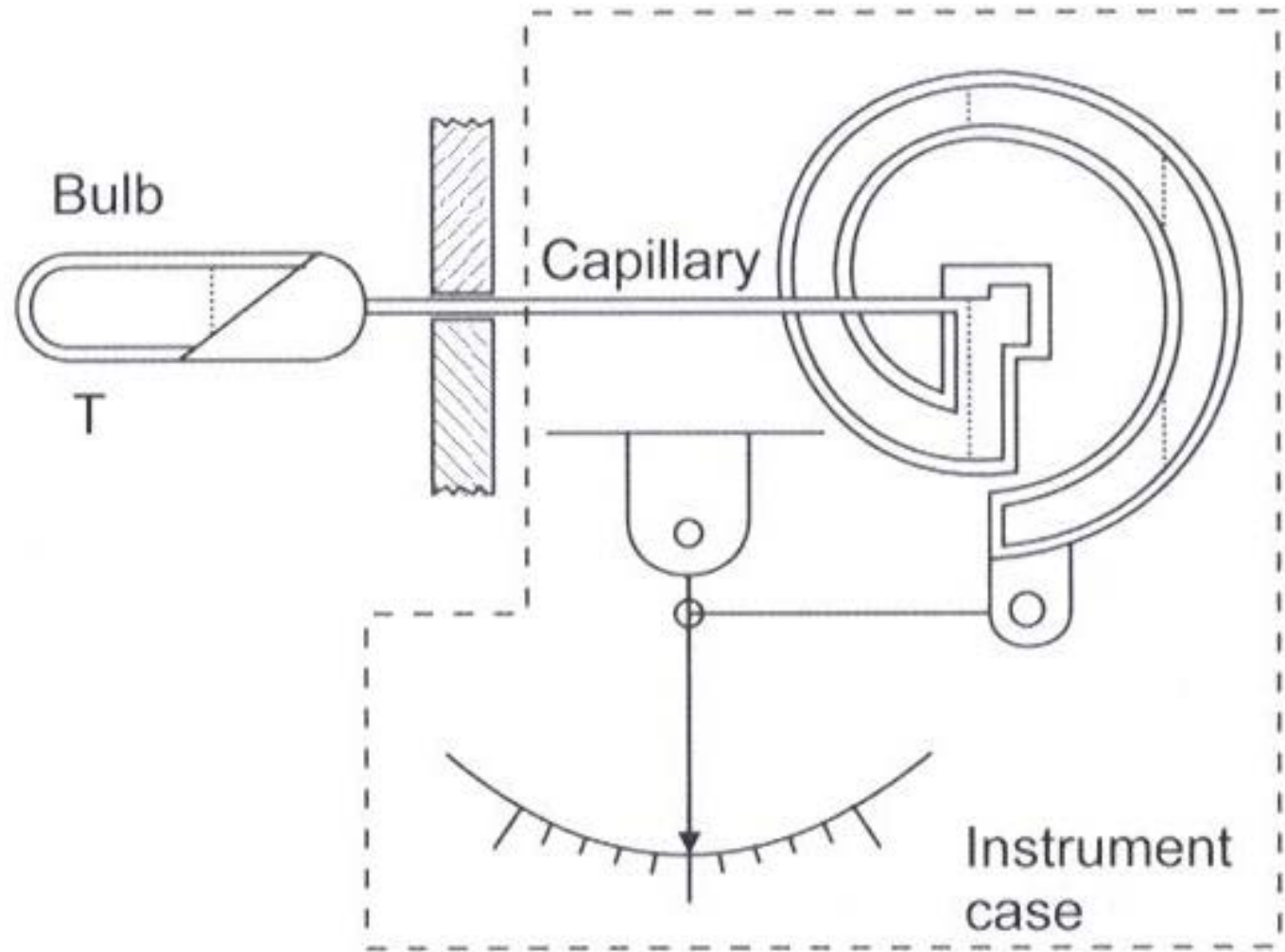
- Rtuť : -40 °C až +600 °C
 - Lineární do 500 °C
- Xylen: -100 °C až +400 °C
 - Lineární do 150 °C
- Alkohol: -40 °C až +150 °C
- Dusík: -250 °C až +800 °C

Plnění pod tlakem až 7MPa





Expanzní teploměry

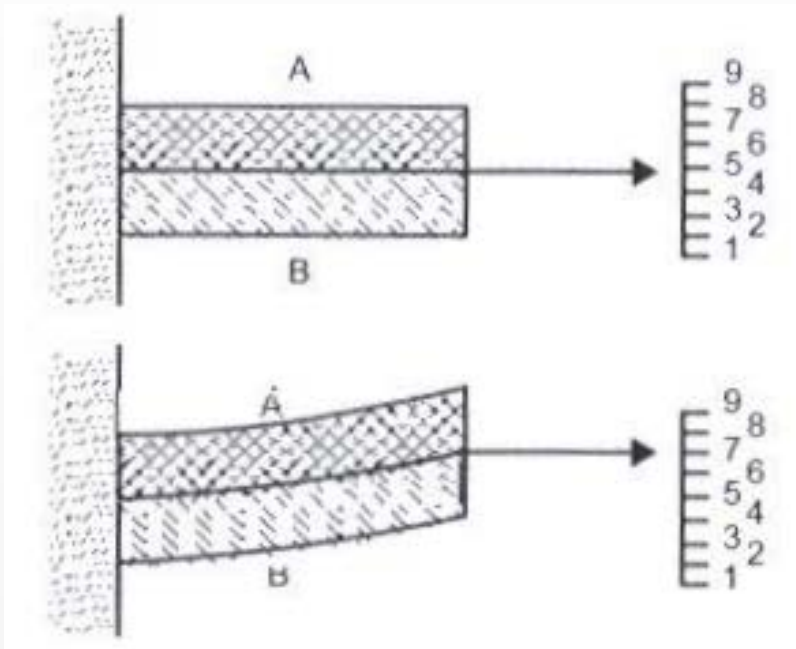




Snímače teploty



Bimetalické teploměry



Rozsah	Přesnost
0 °C - 50 °C	0,5 °C
0 °C - 100 °C	1 °C
-10 °C - 110 °C	1 °C
0 °C - 200 °C	2 °C
0 °C - 300 °C	5 °C
100 °C - 500 °C	5 °C

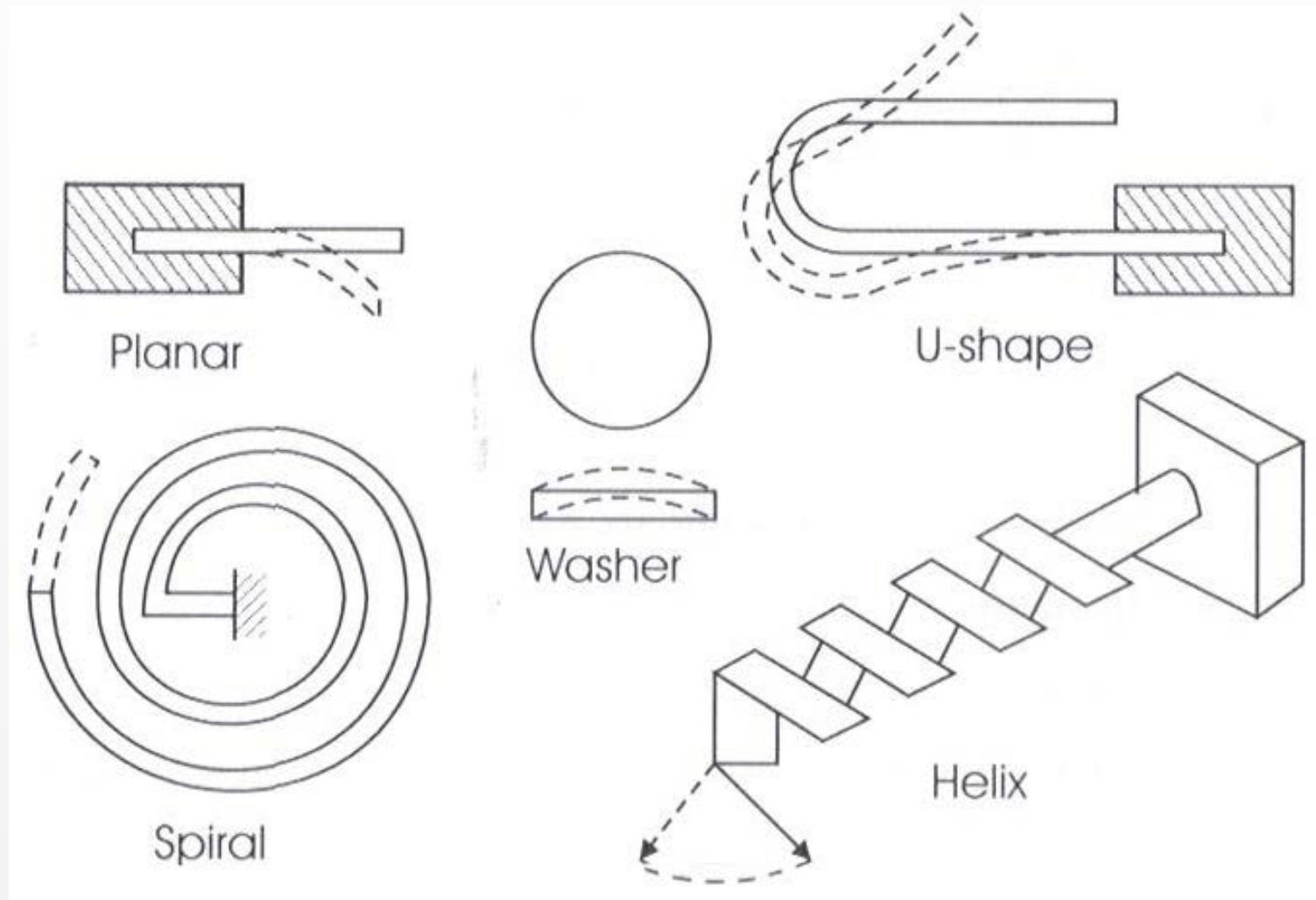
<http://www.ite.tul.cz>





Snímače teploty

Různé tvary bimetalických teploměřů





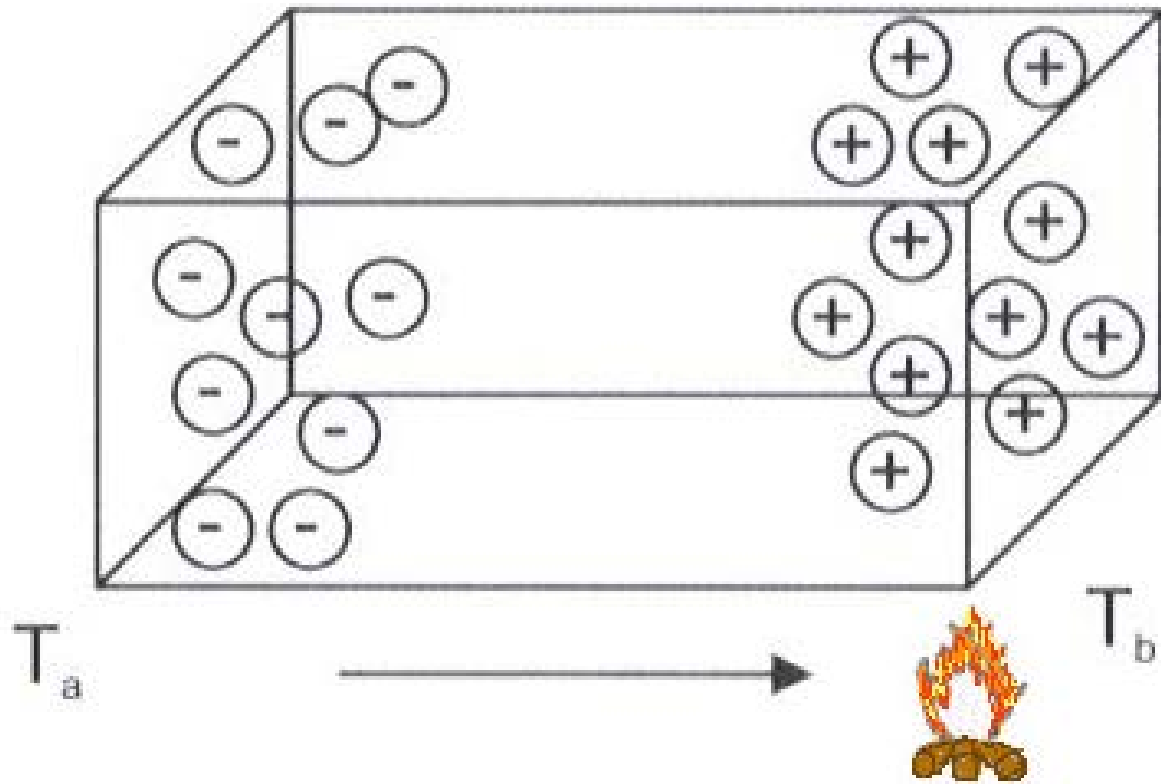
Termoelektrické snímače

- Thomsonovo napětí
- Seebeckův efekt (Peltierův efekt)

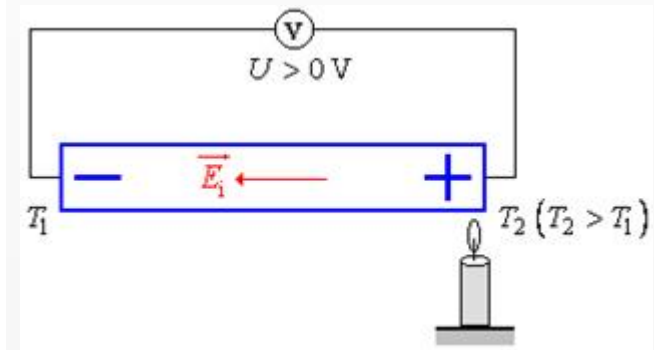


Snímače teploty

- Thomsonovo napětí



$$\sigma_{Cu} \dots 2,2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$$
$$\sigma_{Fe} \dots 2,2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$$



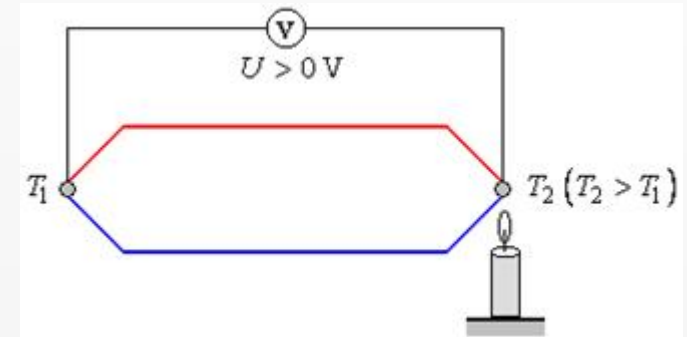
$$dE = \sigma \cdot dT$$

dE .. generované napětí
 σ .. Thomsonův koeficient
 dT .. Rozdíl teplot

Snímače teploty

- Seebeckův efekt

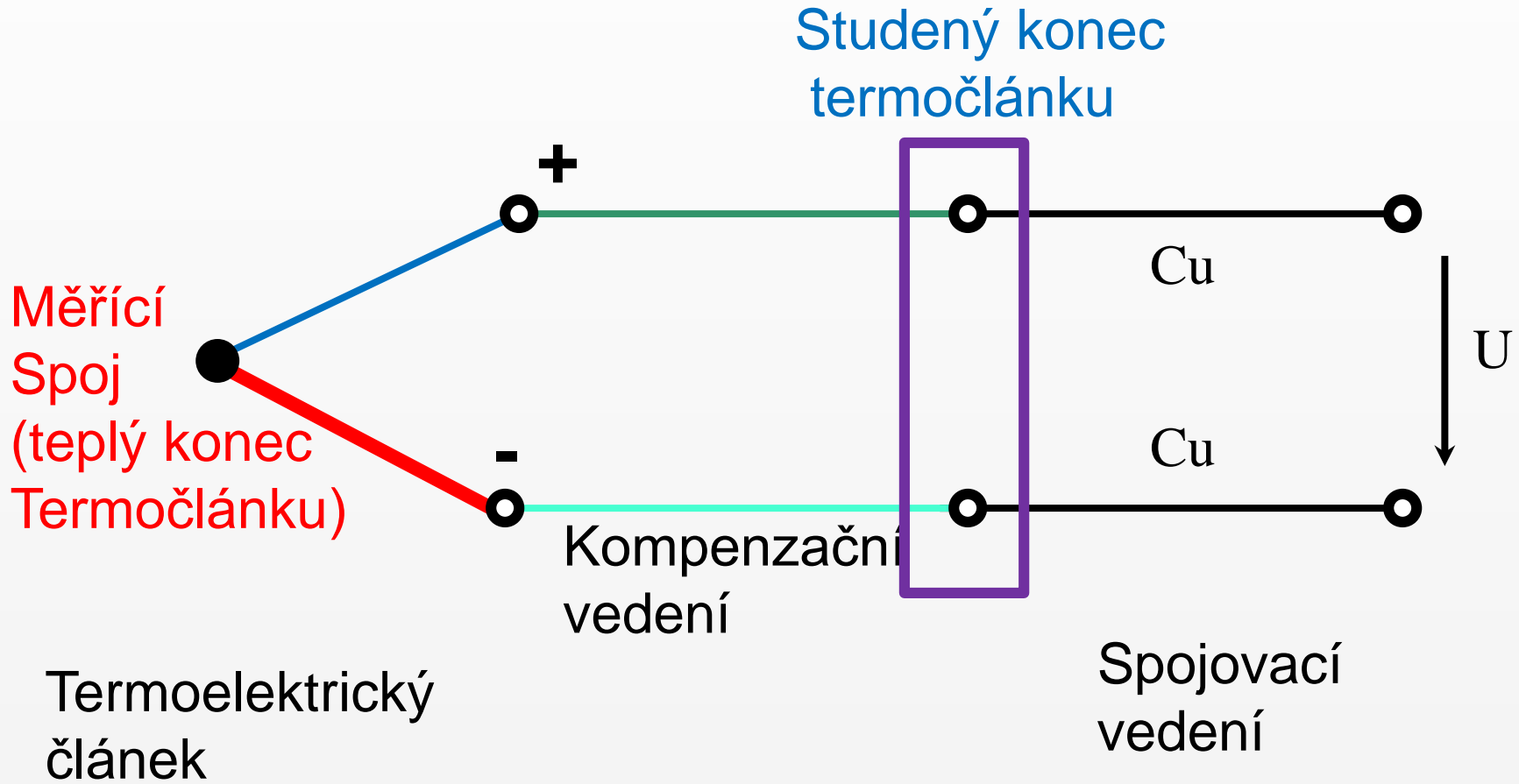
tj. jev převodu tepelné energie na elektrickou. Uzavřený obvod ze dvou materiálově různých vodičů nebo polovodičů. Protéká jím proud, pokud mají oba spoje A i B různou teplotu $dT = T_1 - T_2$. Jestliže uvedený obvod rozpojíme, bude na vzniklých svorkách elektrické napětí dané Seebeckovými vztahy:



$$dU_{AB} = S_{A,B} d\theta \quad ; \quad U_{(A,B)} = \int_{\theta_B}^{\theta_A} S_{A,B} d\theta$$

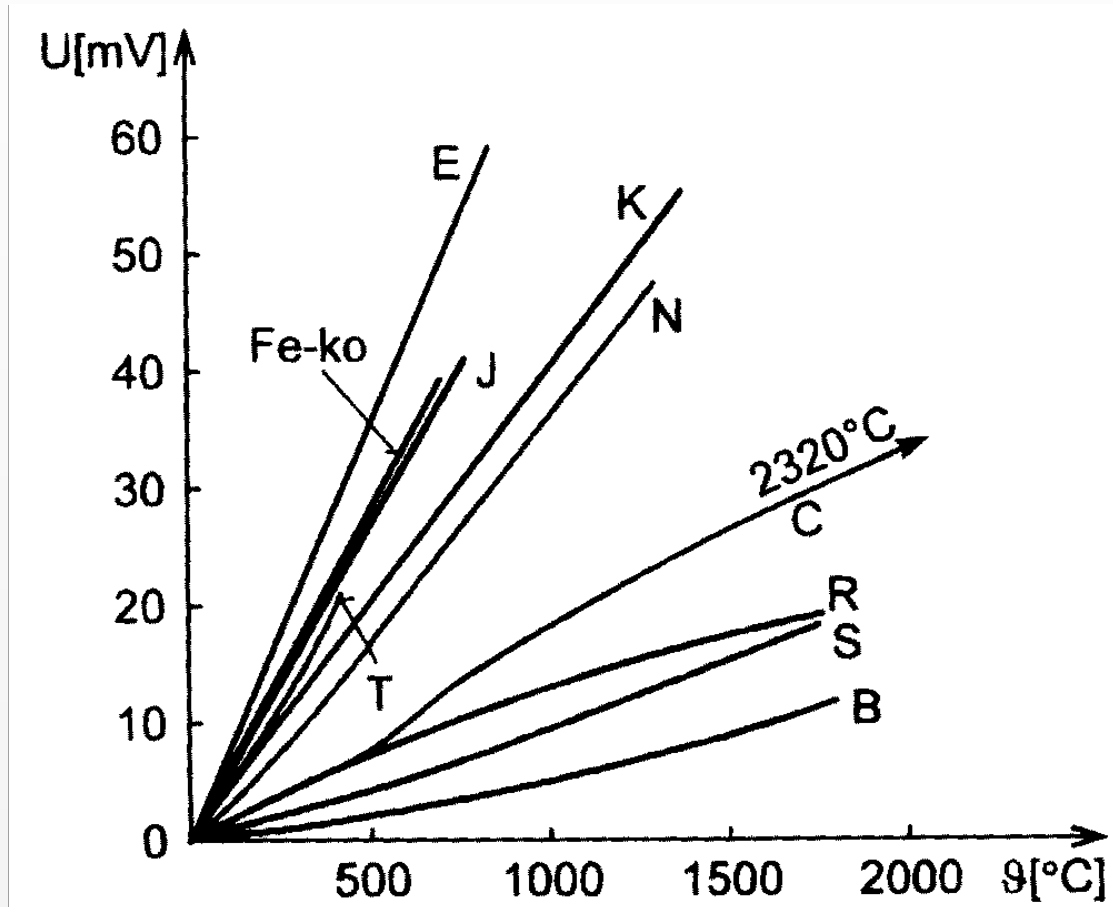


Termoelektrické snímače





Termoelektrické snímače



E: *NiCr-CuNi*
Fe-Ko
J: *Fe-CuNi*
T: *Cu-CuNi*
K: *NiCr-NiAl*
N: *NiCrSi-NiSi*
C: *WRe5-WRe26*
R: *PtRh13-Pt*
S: *PtRh10-Pt*
B: *PtRh30-PtRh6*

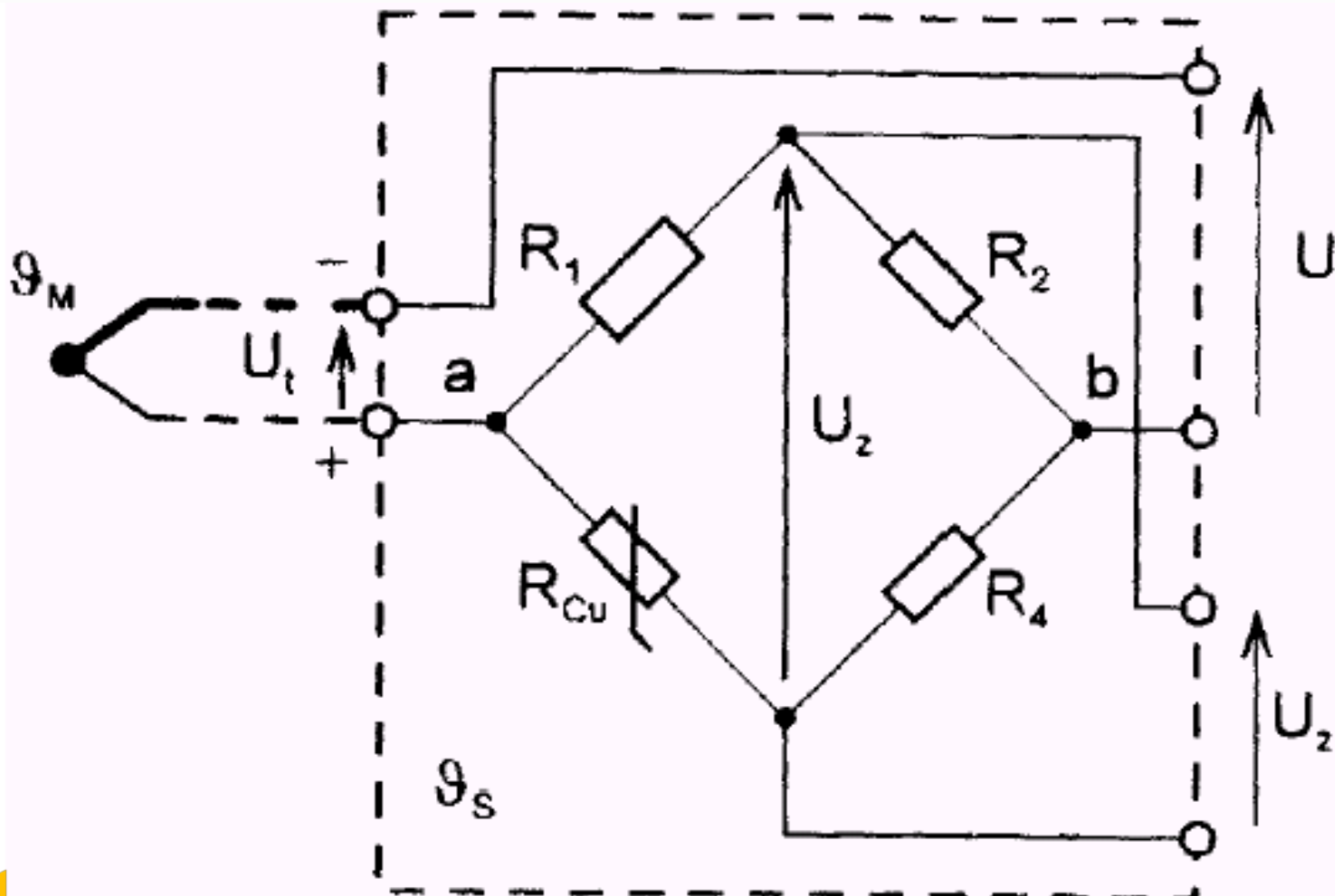




Snímače teploty



Připojování termoelektrických snímačů





Snímače teploty



Odporové snímače (RTD)

Resistance
Temperature
Detector

$$R = R_0 (1 + \alpha \vartheta)$$

$\alpha [K^{-1}]$ je součinitel odporu

$R_0 [\Omega]$ je odpor teploměru při teplotě 0 °C.

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100 \cdot R_0}$$

- Tento vztah platí pro teploty 0..100 °C
- pro vyšší teploty platí nelineární vztahy

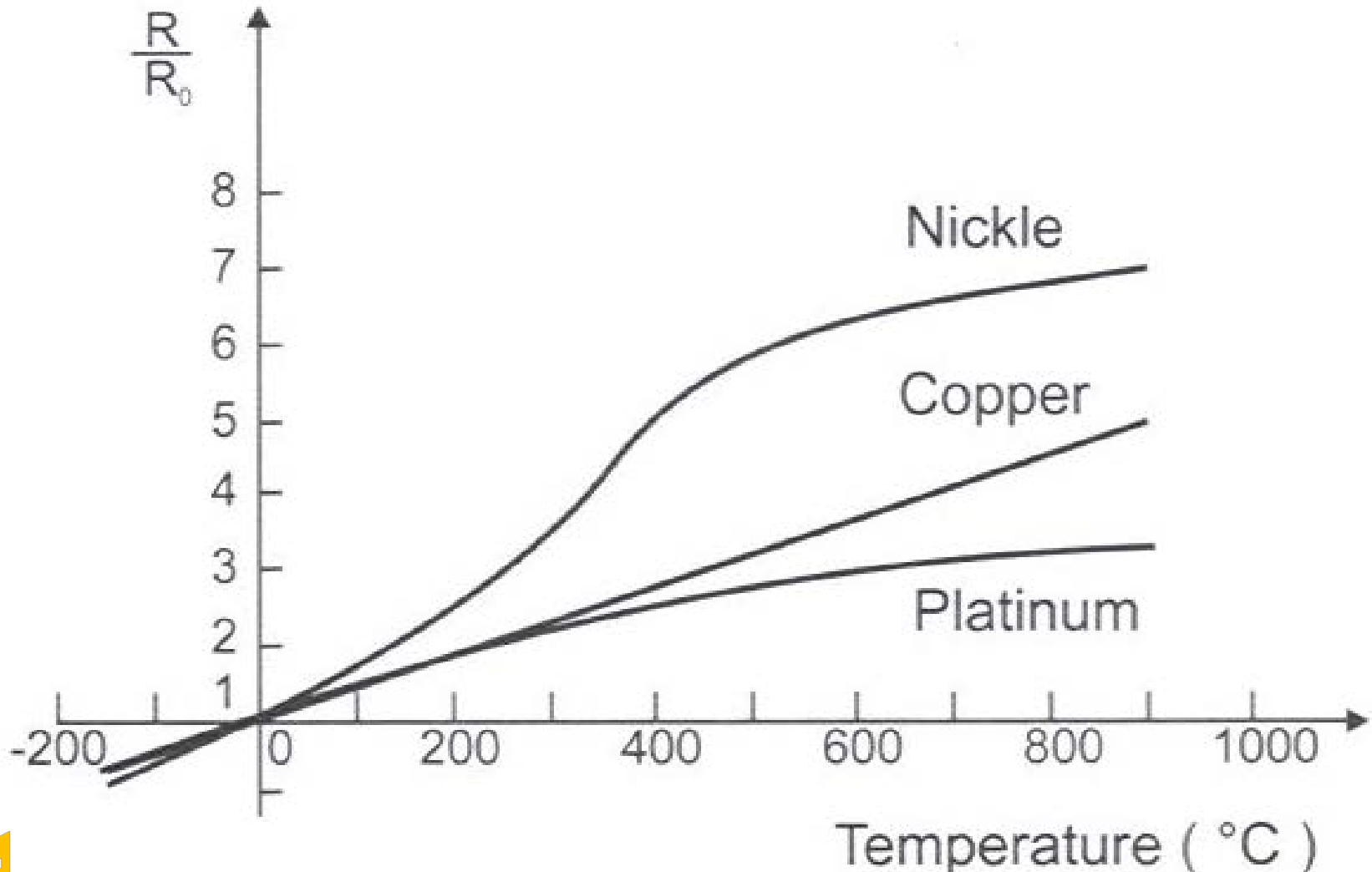




Snímače teploty



Odporové snímače (RTD)





Odporové snímače

- Nejrozšířenější platinové teploměry
 - ❑ třída A (-200 °C až 650 °C)
 - ❑ třída B (-200 °C až 850 °C)
 - ❑ $R_0=100$ [Ω] (nejběžnější), event. 200Ω , 500Ω a 1000Ω
- dále niklové (-60 °C až 180 °C), měděné, molybdenové
- pro extrémní teploty různé slitiny (např. Rh-Fe, Pt-Co)

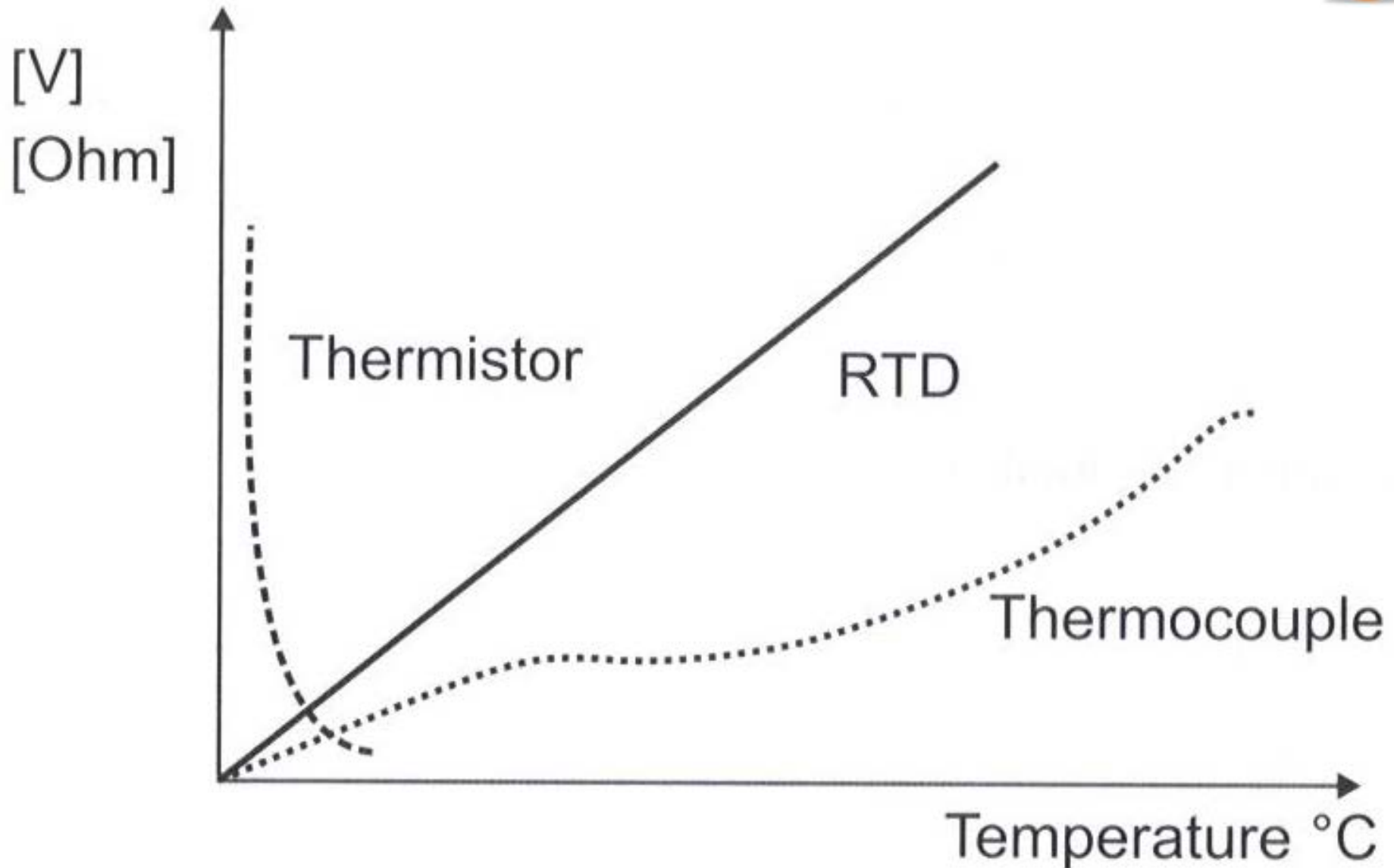
Cu - pro rozsah od -50 do 200 °C : $\alpha = 4,26 \cdot 10^{-3}$ [K⁻¹]

Pt - $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3}$ [K⁻¹] (dle čistoty)





Snímače teploty





Snímače teploty



Polovodičové snímače

NTC

Termistory - negastor = záporný souč. odporu

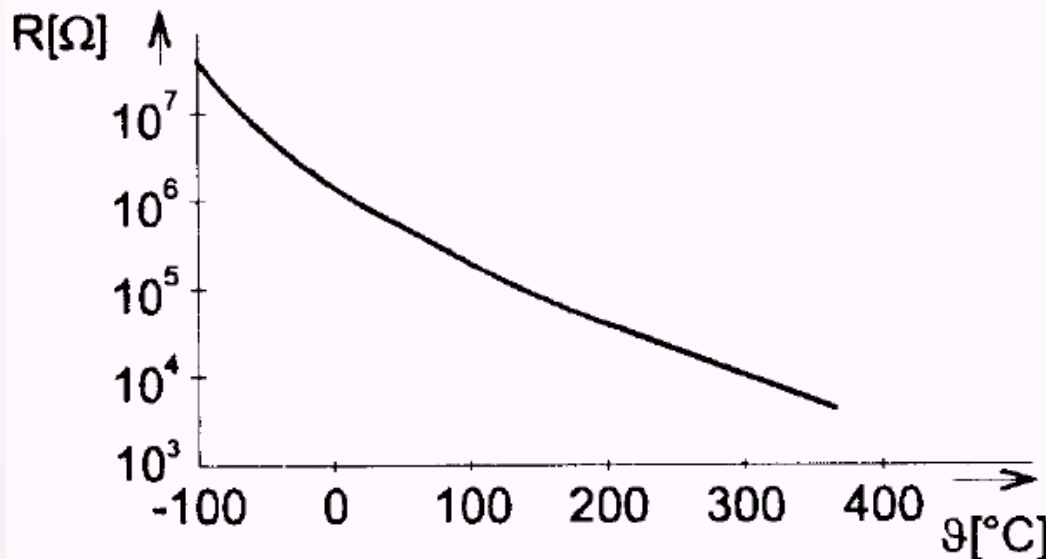
$$R_0 = R_r \cdot e^{B \left(\frac{1}{\theta_1} - \frac{1}{\theta_r} \right)}$$

R_1 [Ω] - odpor při θ_1

R_r [Ω] - odpor při θ_r

B [K] - teplotní

„konstanta“ závislá na materiálu,



Výroba práškovou
technologíí ze směsi
oxidů kovů





Snímače teploty

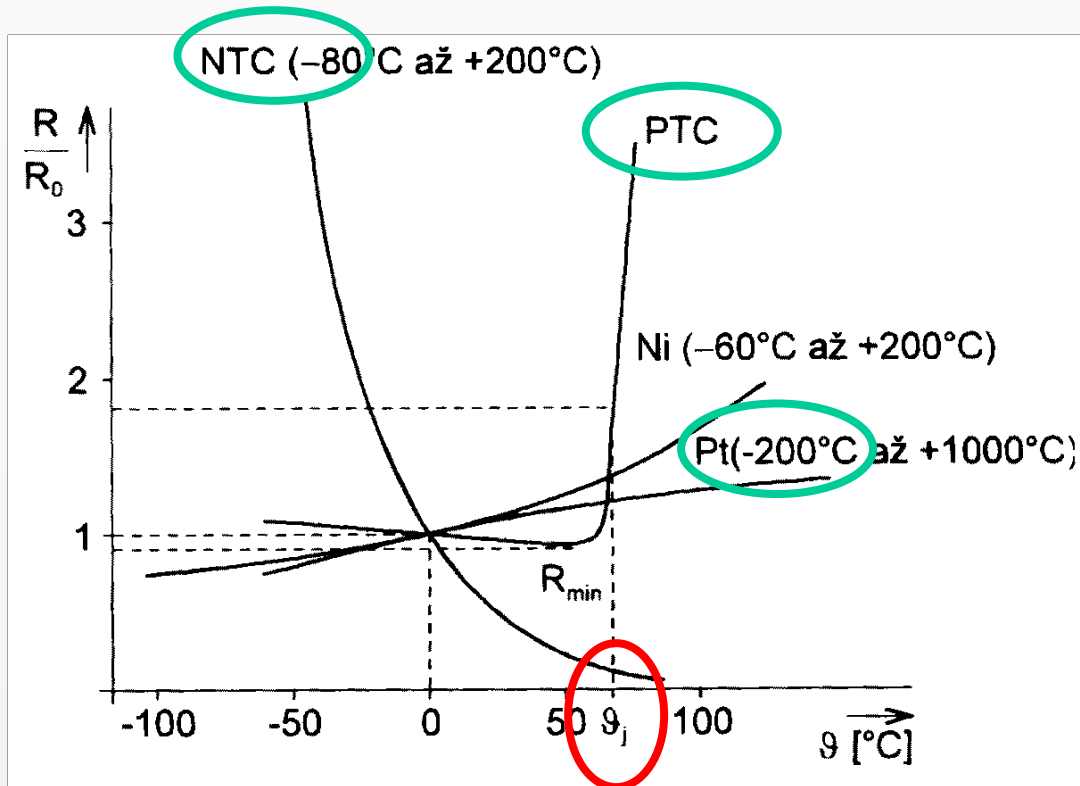


Polovodičové snímače

PTC

Termistory - pozistor = kladný souč. odporu

Výroba z polykrystalické feroelektrické keramiky.
Používají se často jako dvoustavové senzory .



dáno chemickým
složením





Snímače teploty

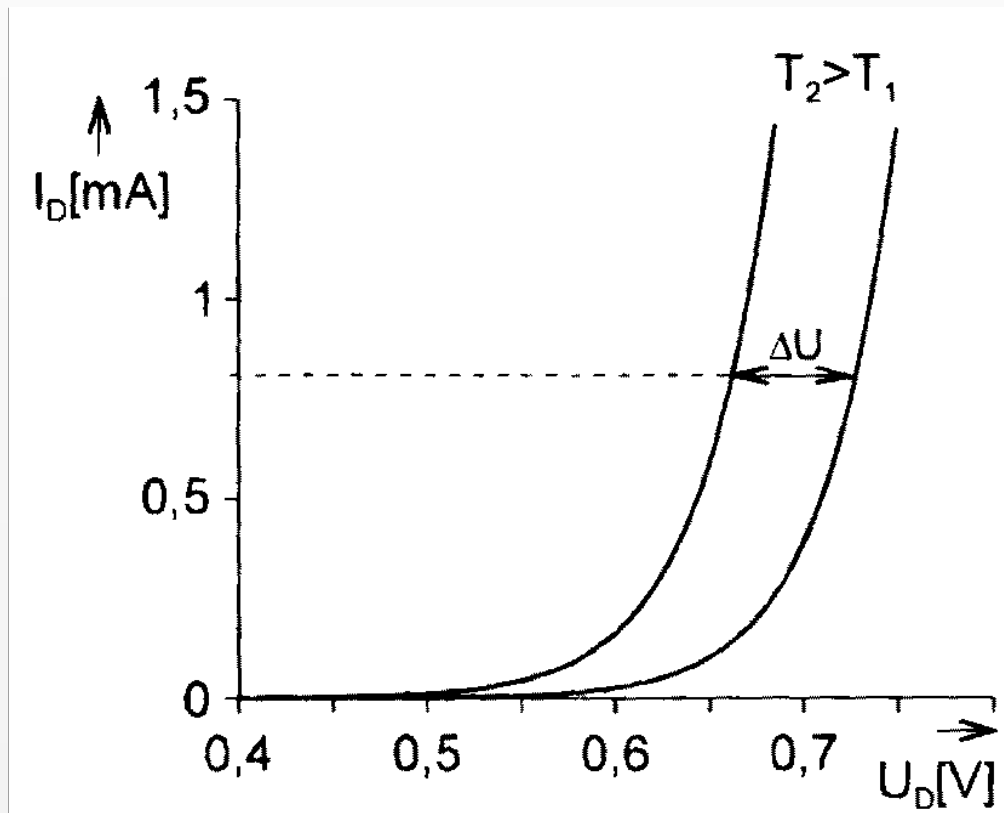


Polovodičové snímače

Diody

Např. pro vztažnou teplotu $\theta=298$ K je

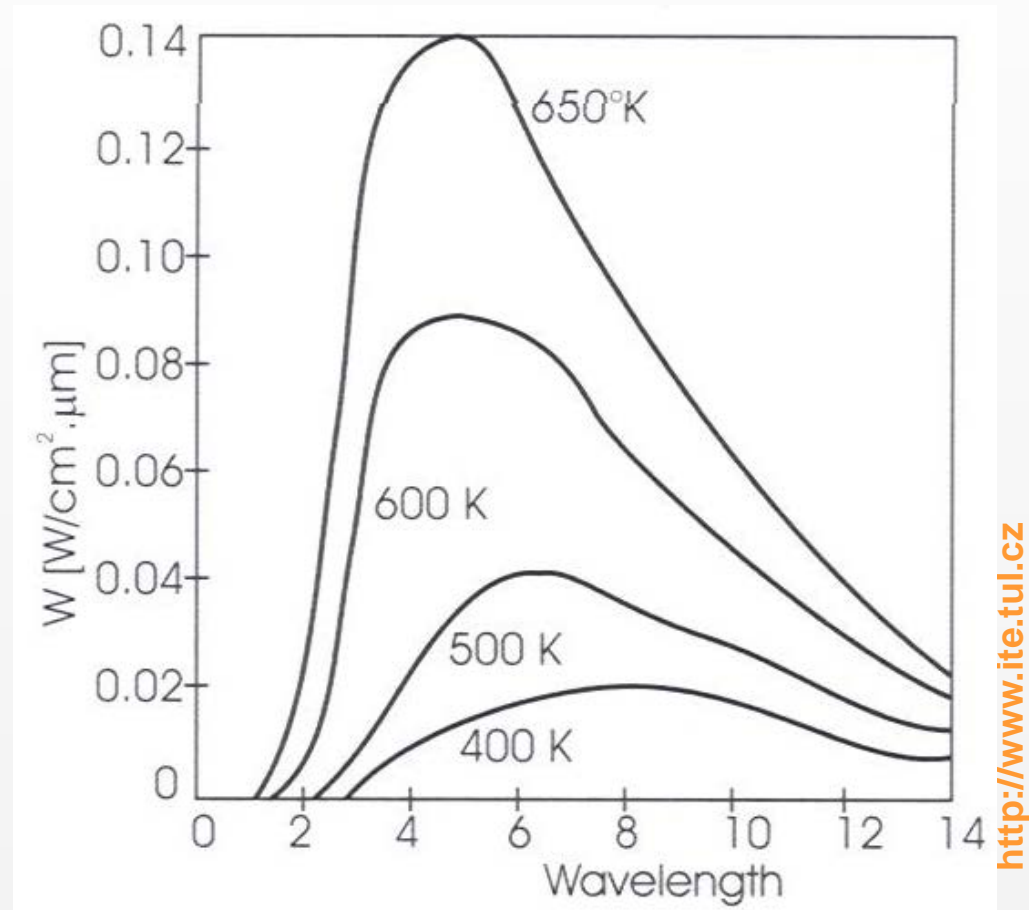
$$\Delta U_D = -(1,5 \text{ až } 2,5) \text{ mV/K}$$





Pyrometry

- Bezdotykové měření
- Sledování elektromagnetického vlnění (viditelné i infračervené)
- Každé těleso teplejší 0K vyzařuje radiaci úměrnou teplotě
- Srovnávání se zářením ideálně černého tělesa





Snímače teploty



Pyrometry



Typ přístroje	Teplotní rozsah	Spektrální pásmo	Úhel záběru
TPT 2	-32 .. + 400 °C	7 - 18 μm	12:01
TPT 3	-32 .. + 545 °C	7 - 18 μm	12:01
TPT 6	-32 .. + 600 °C	7 - 18 μm	30:01:00
TPT 8	-32 .. + 760 °C	7 - 18 μm	50:01:00
přístroje	Teplotní rozsah	pásmo	záběru
TPT 90	-30 .. + 1200 °C	8 - 14 μm	75:1
TPT 90	+600 .. + 3000 °C	1 μm	180:1
TPT 90	+200 .. + 1800 °C	1,6 μm	90:1

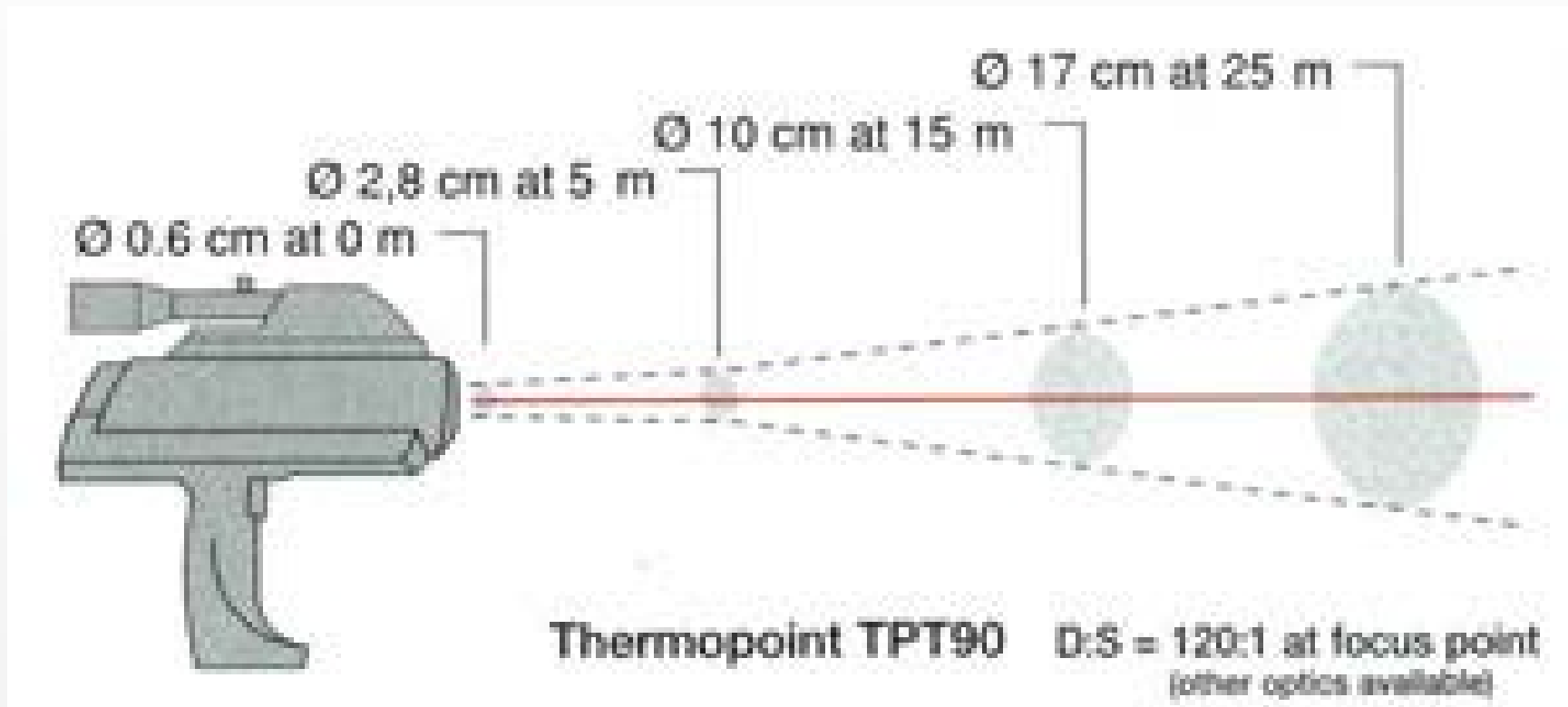
<http://www.tmvss.cz/flir/>

<http://www.ite.cz>





Pyrometry



<http://www.tmvss.cz/flir/>

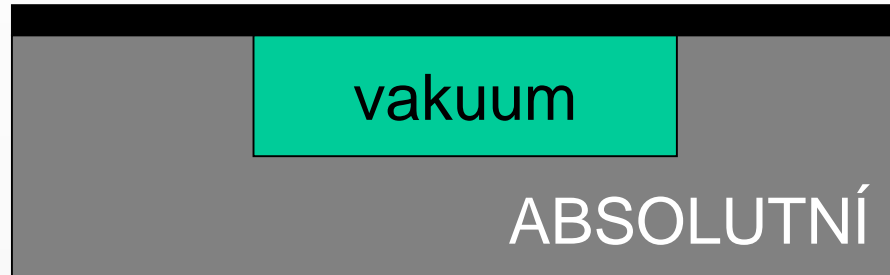




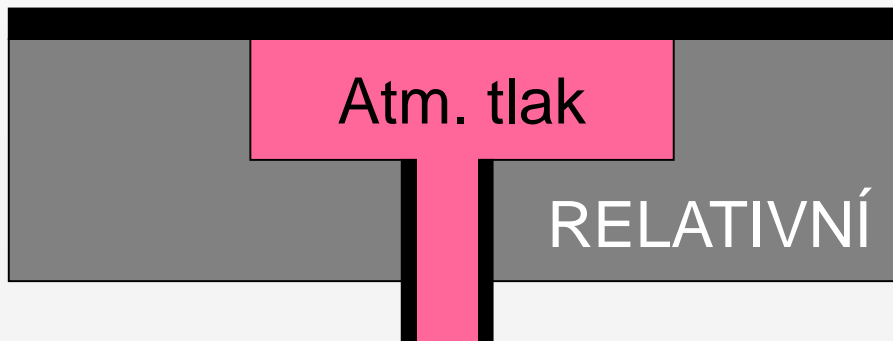
SNÍMAČE SÍLY A TLAKU



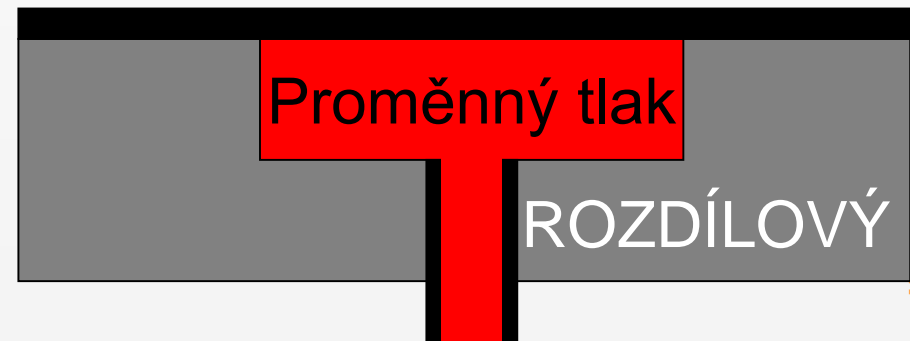
Měřený tlak



Měřený tlak



Měřený tlak



Snímače



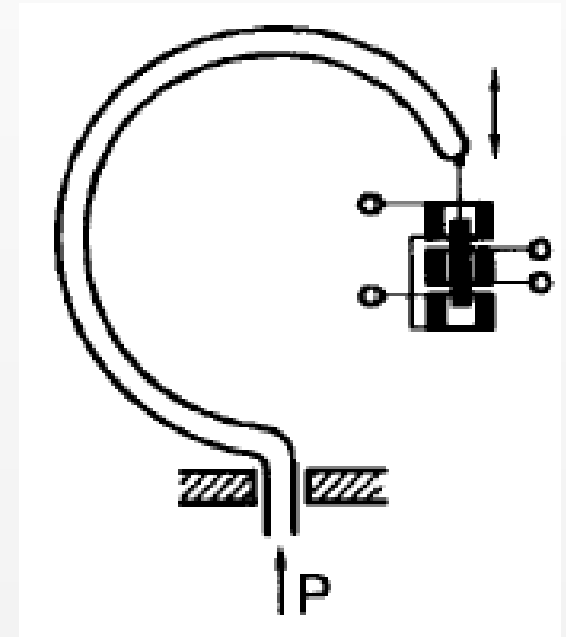
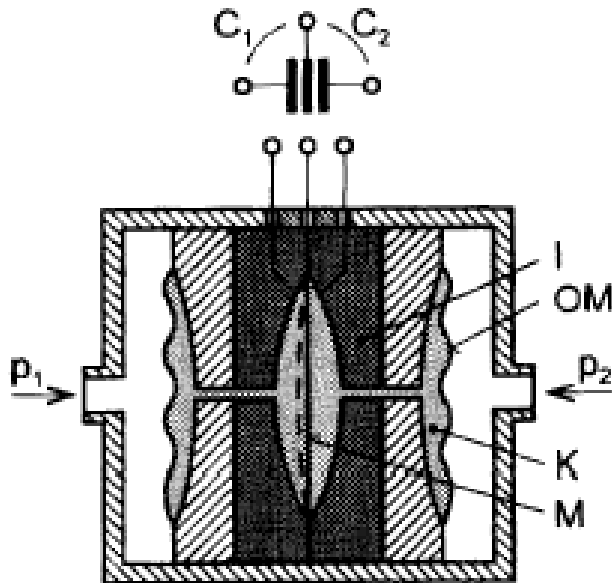
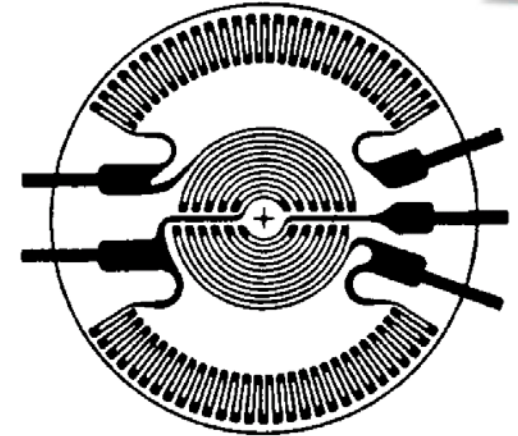


Snímače síly a tlaku



Deformační

- Membránové (s tenzometrem)
- Trubicové
- Kapacitní
- Induktanční

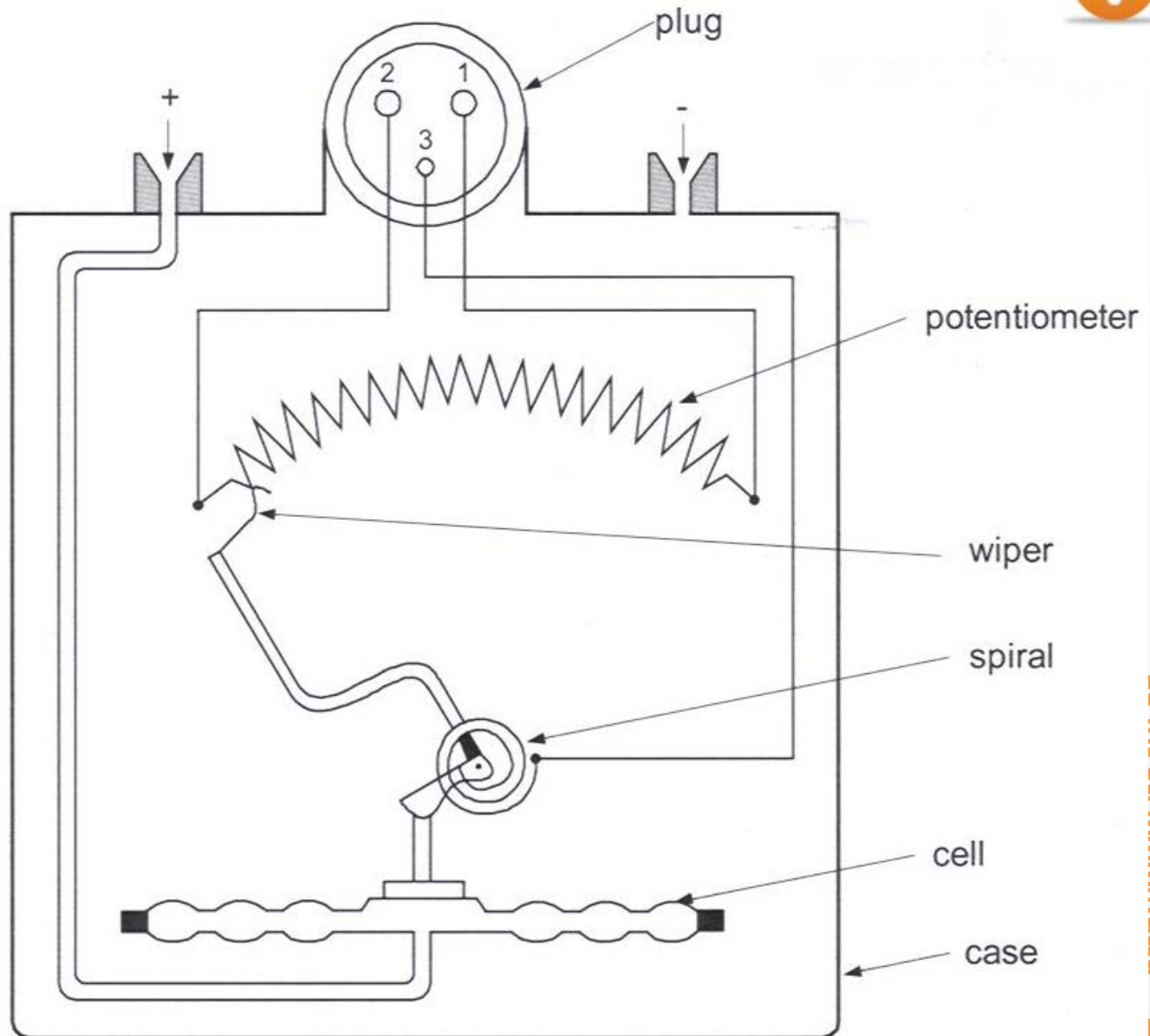




Snímače síly a tlaku



Deformační

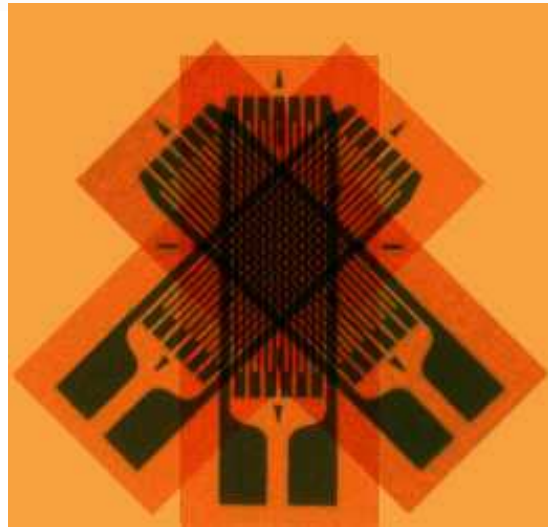
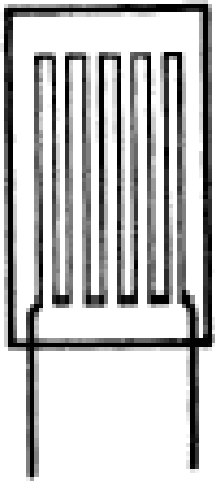




Snímače síly a tlaku



Drátkové a foliové odporové tenzometry



$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Změna odporu závislá na změnách způsobených deformací tenzometru, tj. na změnách geometrických rozměrů nebo na změnách krystalografické orientace tenzometru.

...i polovodičové provedení





Snímače síly a tlaku

Kovové i polovodičové tenzometry mají ve stavu bez deformace odpor typicky 120Ω , 350Ω a 1000Ω .

U polovodičových tenzometrů je poměrná změna odporu nelineární, lze ji linearizovat jen v úzké oblasti.

Na polovodičové tenzometry má velký vliv teplota

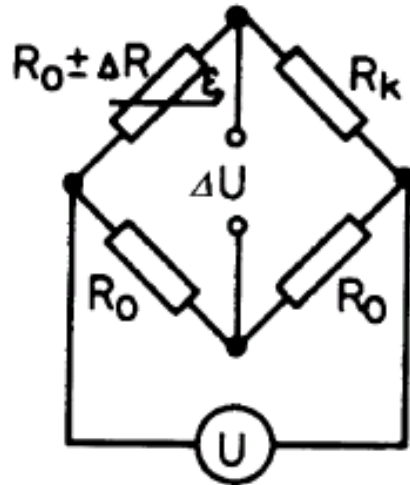




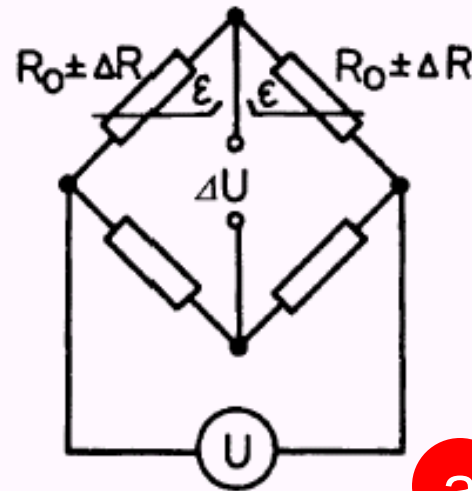
Snímače síly a tlaku



Zapojení do můstku

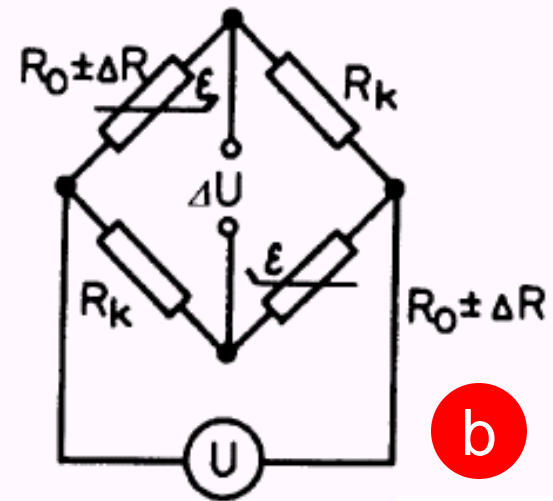


Čtvrtmůstek



Půlmůstek

a



Půlmůstek

b

Kompenzační tenzometr má stejné parametry a je vystaven stejným podmínkám jako měřicí tenzometr, nesmí být však namáhán.

Zapojení dvou měřících tenzometrů (dvojnásobná citlivost - eliminace vlivu teploty)

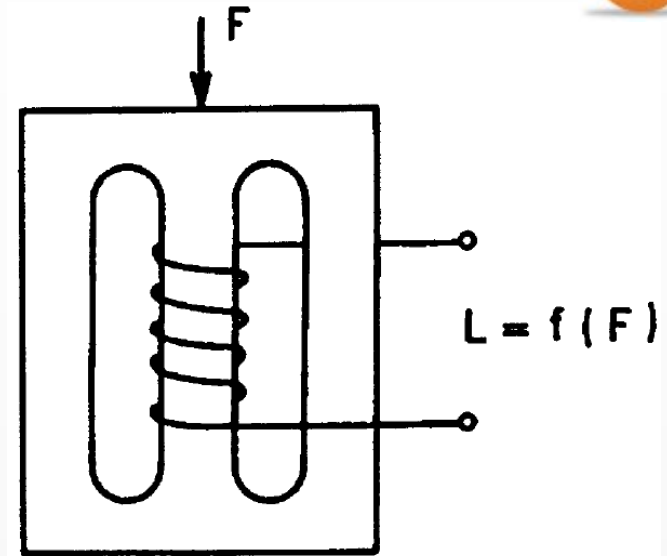
- a) Souhlasně namáhány
- b) Nesouhlasně namáhány



Snímače síly a tlaku

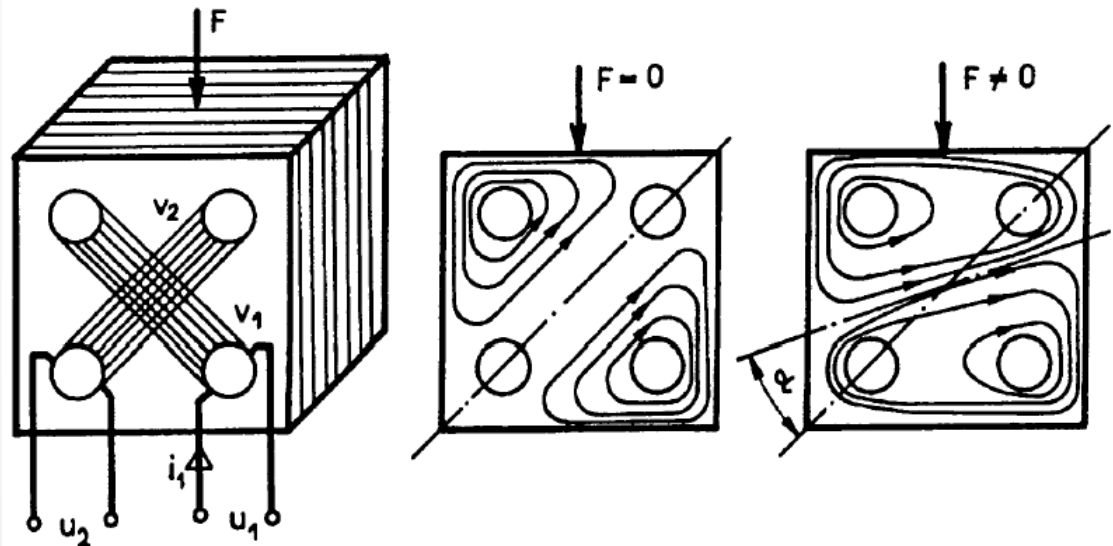
Magnetostrikční

Mechanická deformace mění ve feroelektriku permeabilitu



Magnetoanizotropní

Mechanická deformace deformuje i magnetické pole



Pro velké síly [MN]

Snímače síly a tlaku

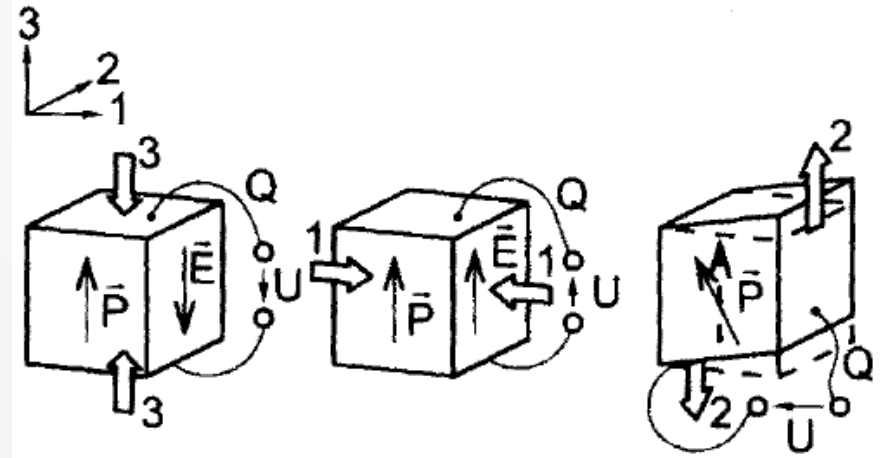
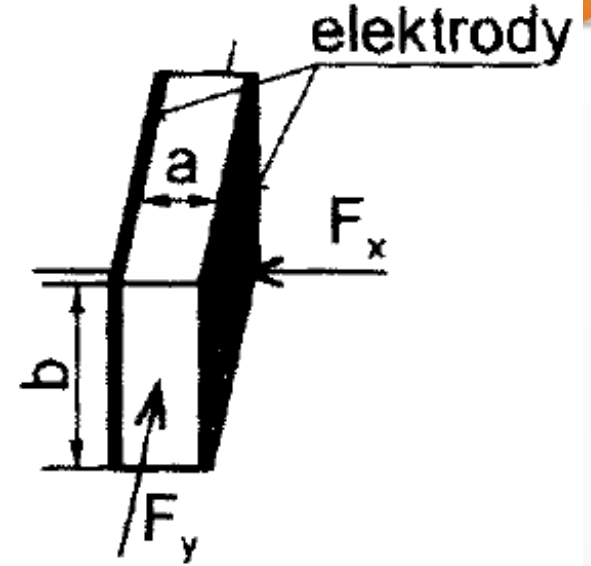
Piezelektrické

piezelektrický jev = polarizace krystalických / polykrystalických dielektrik

- při působení mechanického napětí (**přímý piezelektrický jev**)
- deformace při působení vnějšího elektrického pole (**nepřímý piezelektrický jev**)

F_x vyvolá na elektrodách náboj úměrný síle

F_y vyvolá příčný jev a náboj je závislý na rozměrech



Podélný – příčný – střížný



SNÍMAČE POLOHY (LPD)



Level, Position, Distance

- Odporové
- Induktivní
- Magnetické
- Kapacitní
- Optické
- Ultrasonické
- Mikrovlnné.....

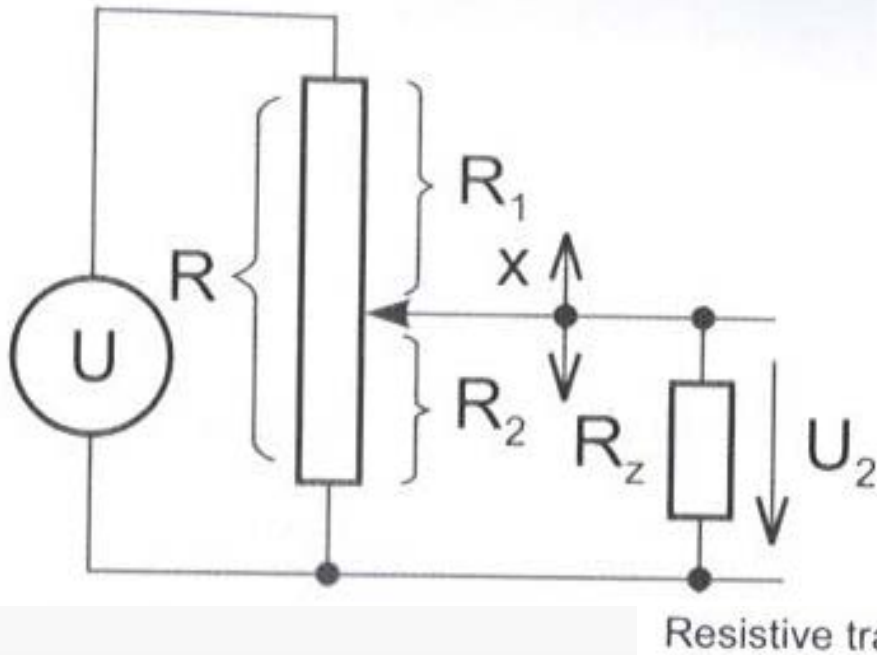




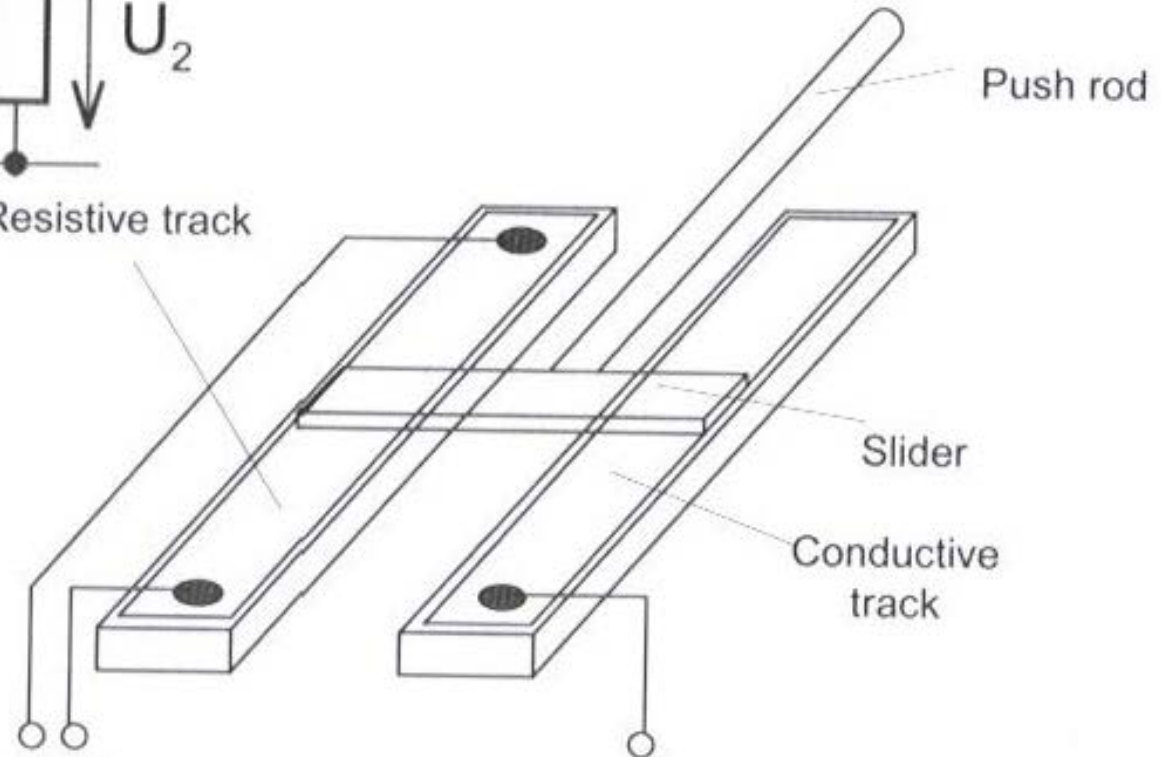
Snímače polohy



Odporové



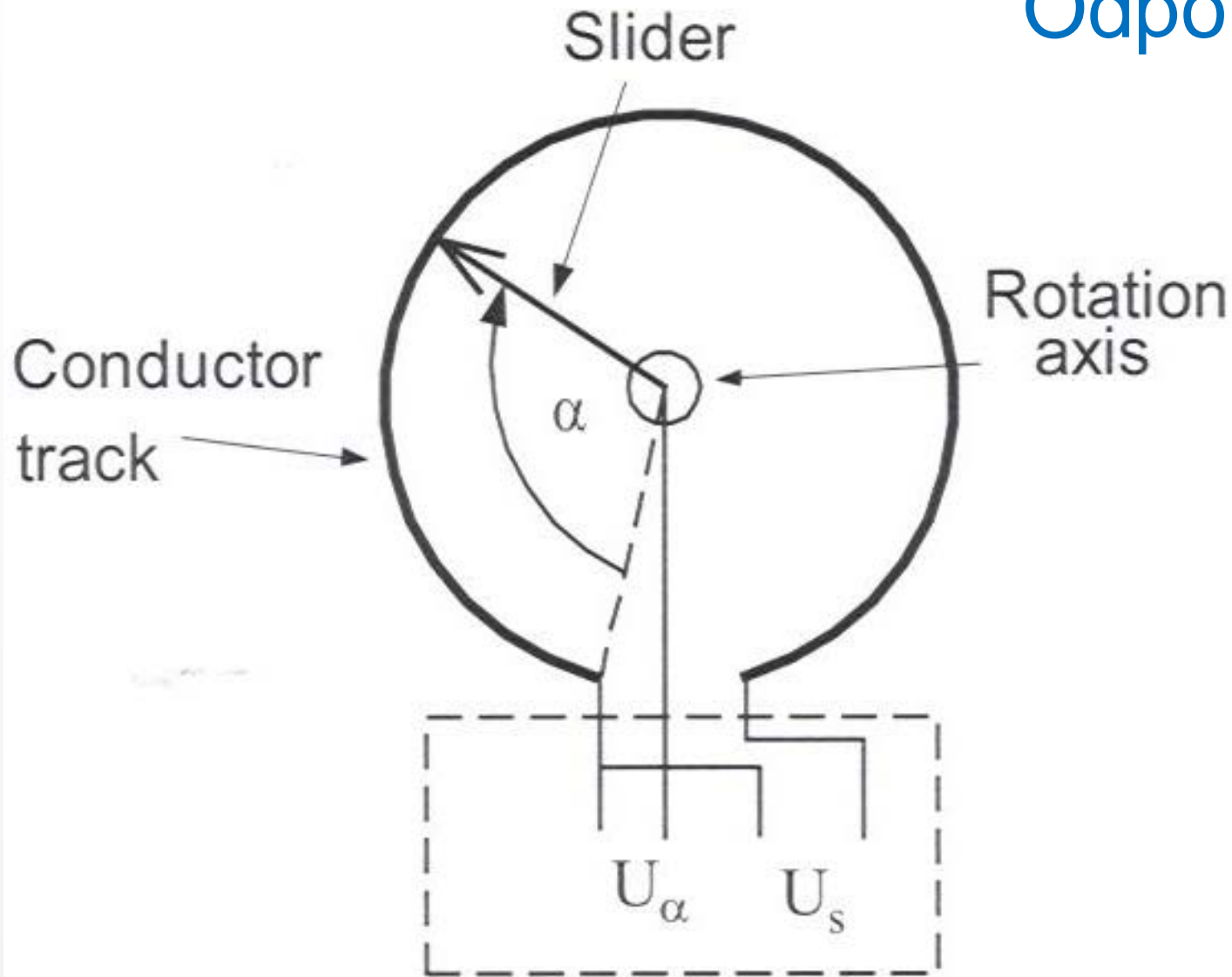
Resistive track





Snímače polohy

Odporové

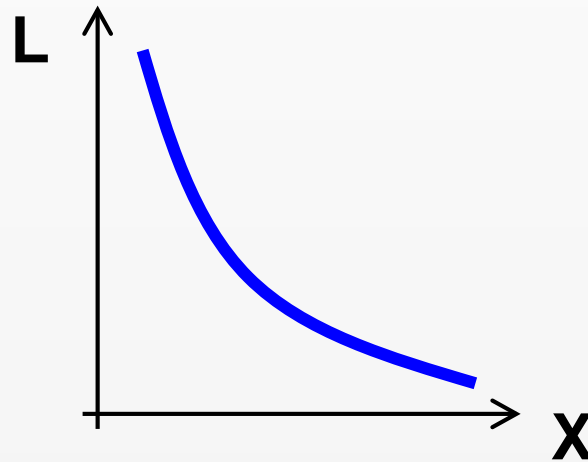
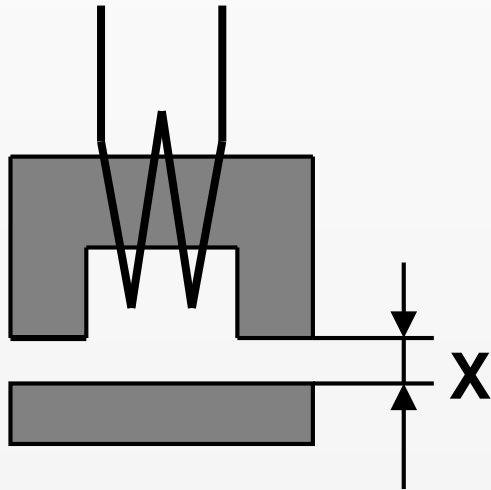




Snímače polohy

Indukčnostní – cca do 0,1mm

Využití změny vlastní $L = f(x)$ indukčnosti



$$L = \frac{\mu_0 S N^2}{2x}$$

L..vlastní indukčnost
 μ_0 ..permeabilita vakua
S..průřez feromagnetika
N..počet závitů
x..měřený posun

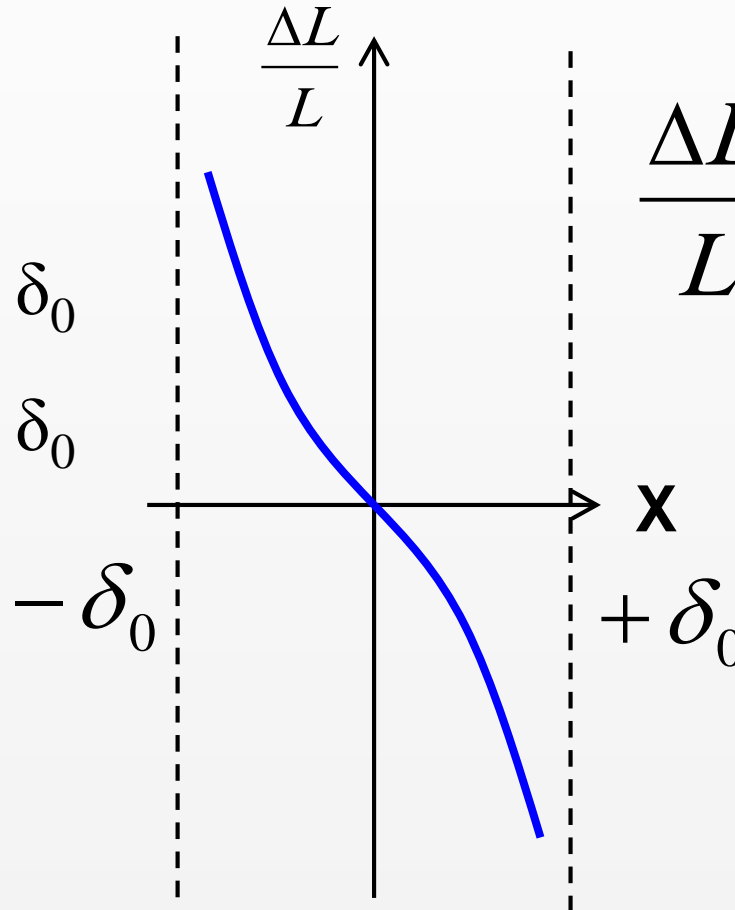
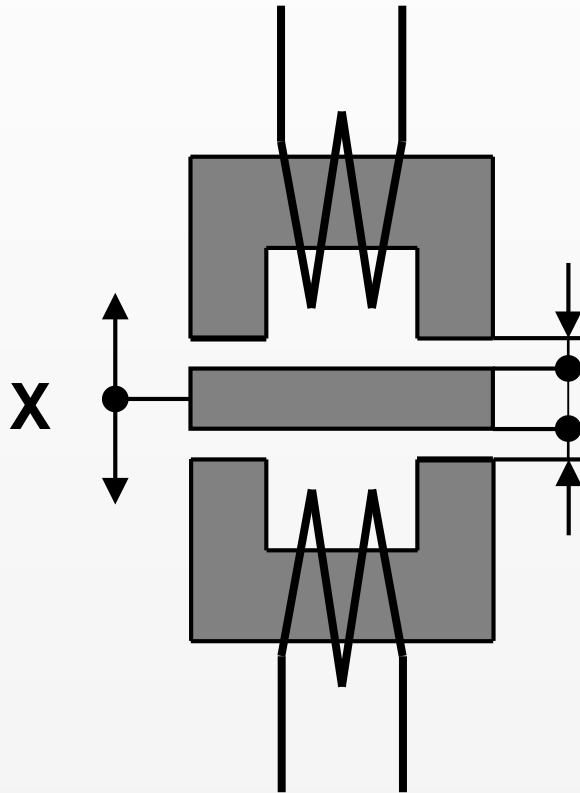




Snímače polohy

Indukčnostní – cca do 1mm

Využití změny vlastní $L = f(x)$ indukčnosti



$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{2 \frac{x}{\delta_0}}{1 - \left(\frac{x}{\delta_0}\right)^2}$$

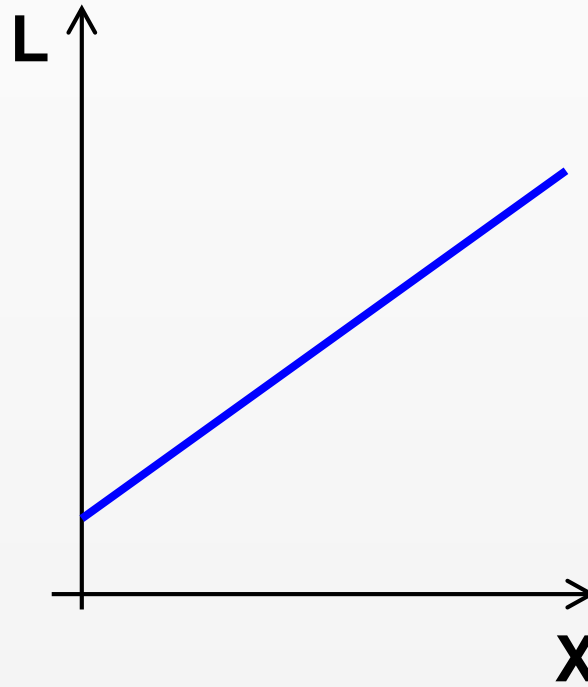
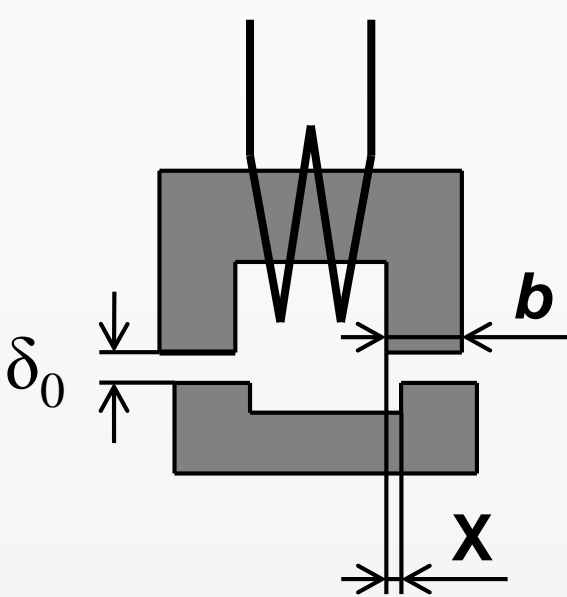
L..vlastní indukčnost
 x..měřený posun
 δ ..vzduch. mezera



Snímače polohy

Indukčnostní – cca do 10mm

Využití změny vlastní $L = f(x)$ indukčnosti



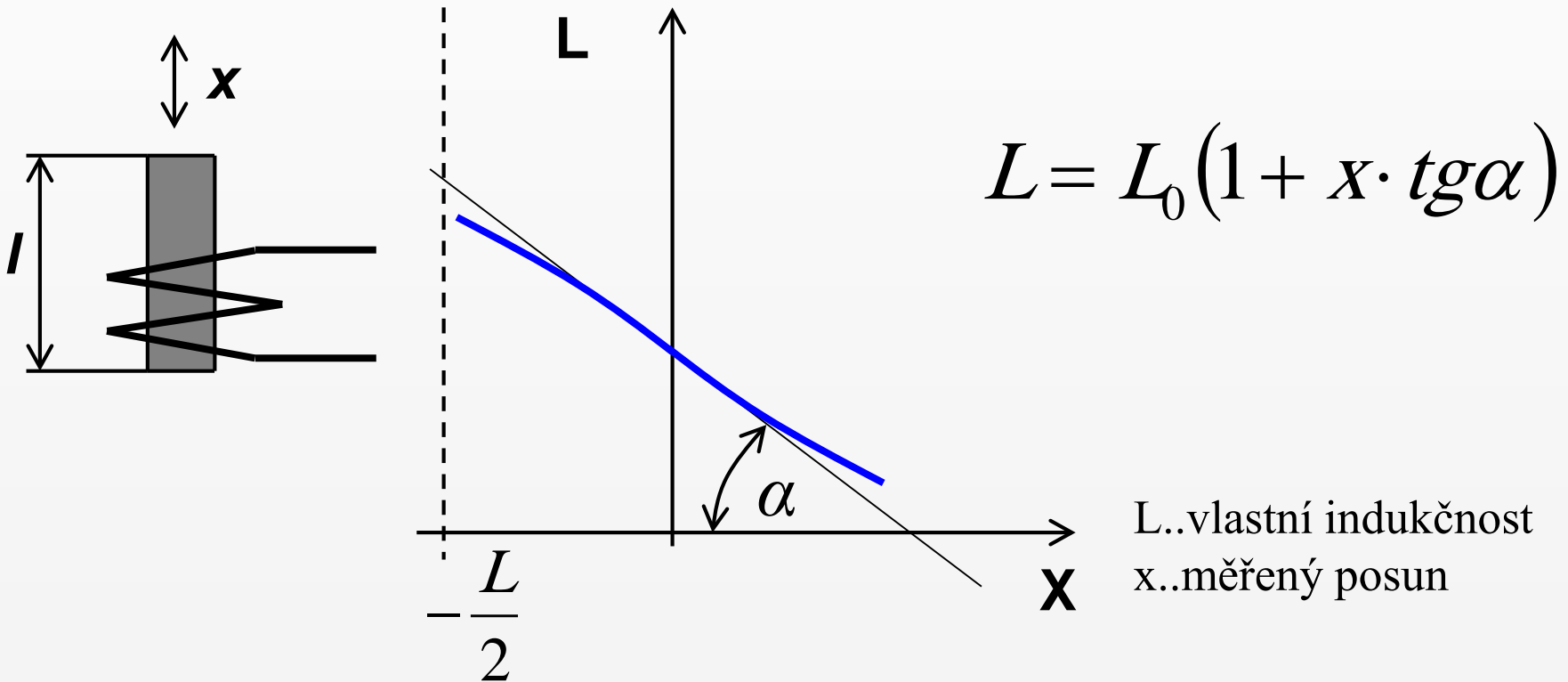
$$L = \frac{\mu_0 S N^2 x}{2 \delta_0 b}$$

- L..vlastní indukčnost
- μ_0 ..permeabilita vakua
- S..průřez feromagnetika
- N..počet závitů
- x..měřený posun
- δ ..vzduchová mezera

Snímače polohy

Indukčnostní – cca do 1mm

Využití změny vlastní $L = f(x)$ indukčnosti

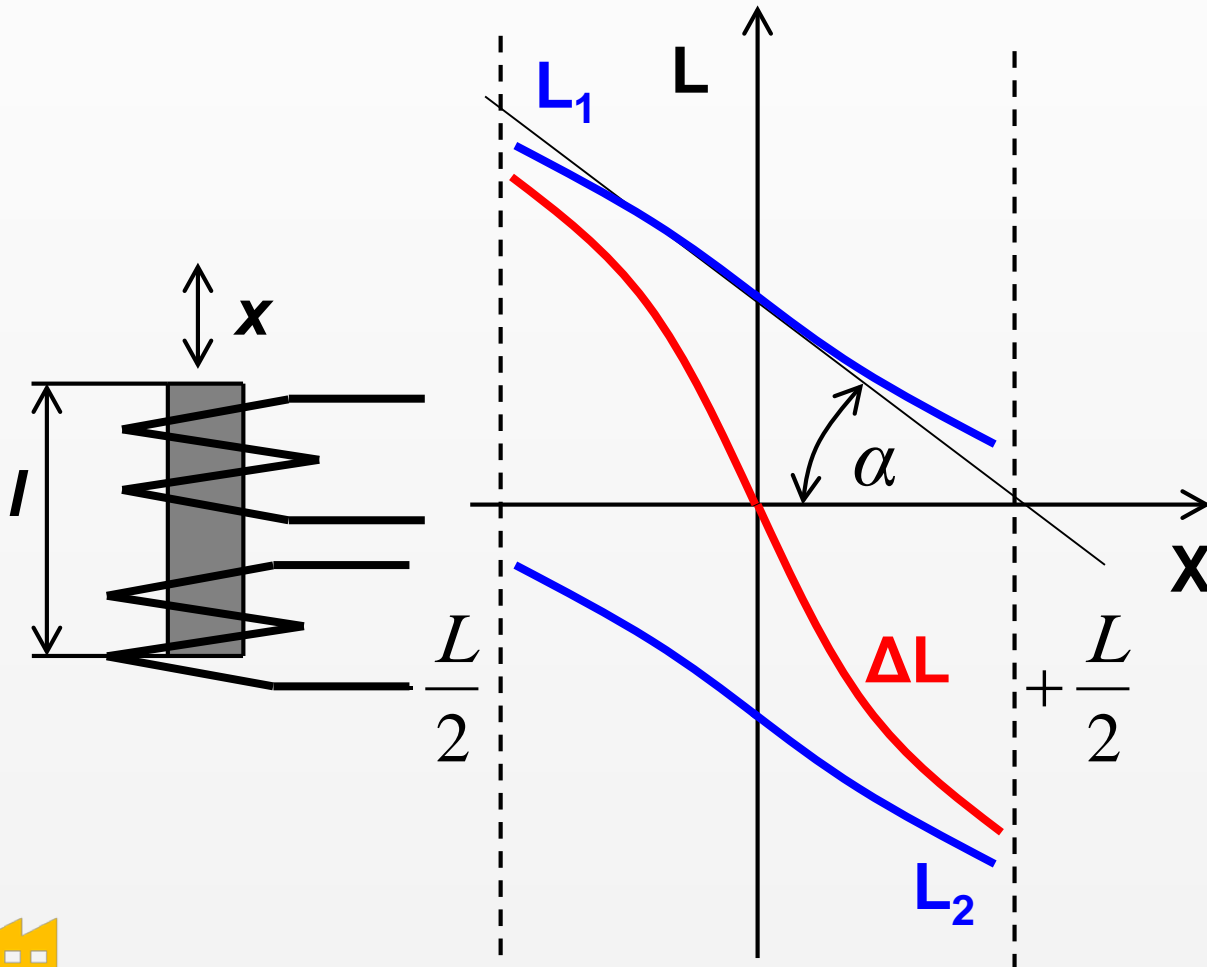




Snímače polohy

Indukčnostní – cca do 10mm

Využití změny vlastní $L = f(x)$ indukčnosti



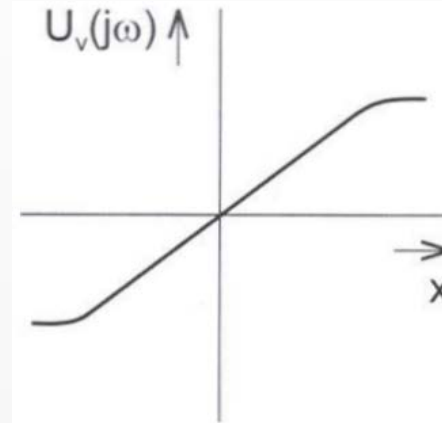
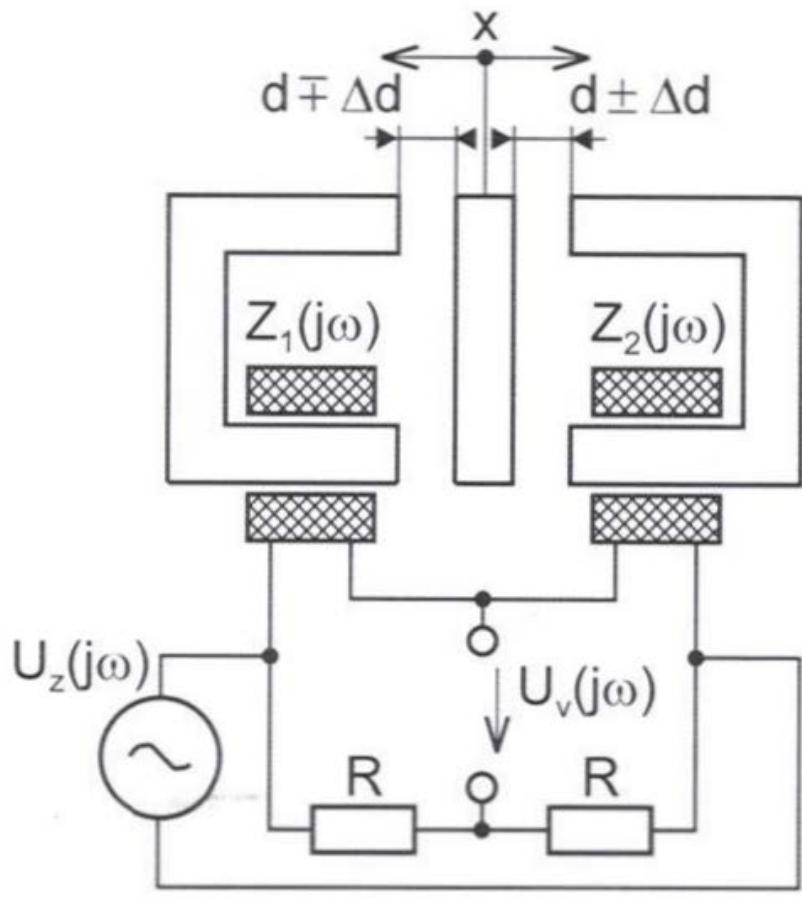
$$\frac{L_0}{L} = 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha$$



Snímače polohy

Indukčnostní

Využití změny vlastní $L = f(x)$ nebo vzájemné $M = f(x)$ indukčnosti



$$L = \frac{N^2}{R_m}$$

$$R_m = \frac{l}{\mu_r \mu_0 S}$$

l .. délka

μ_r .. relativní permeabilita jádra

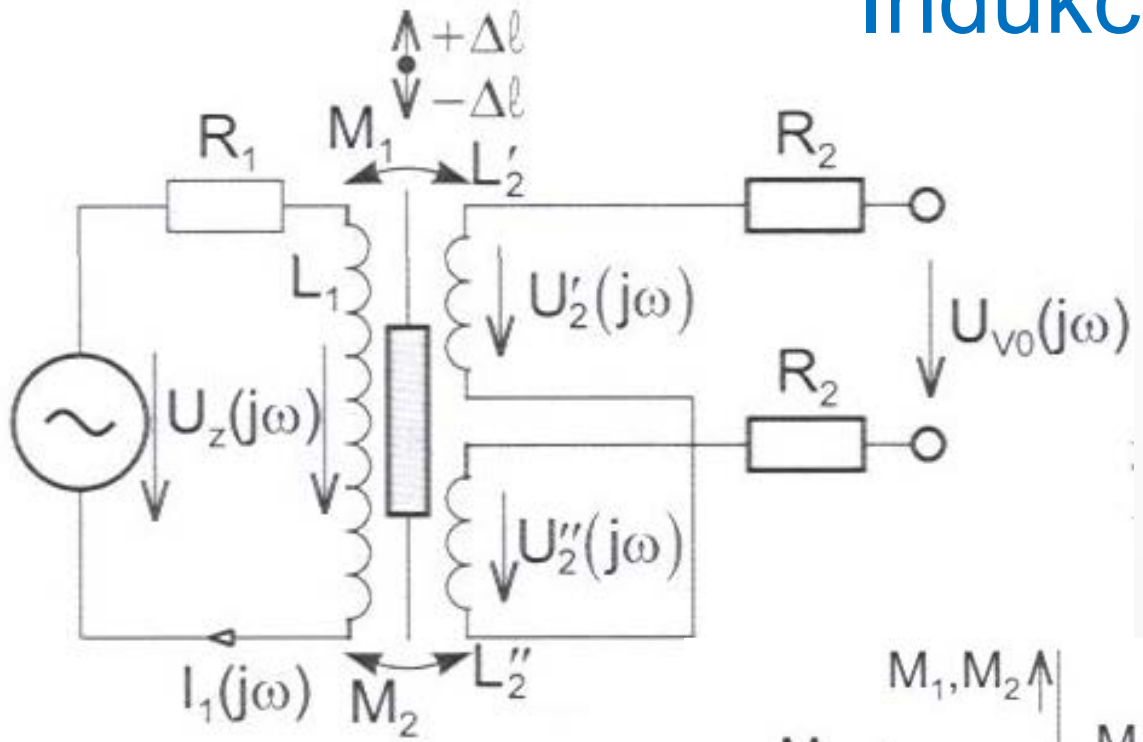
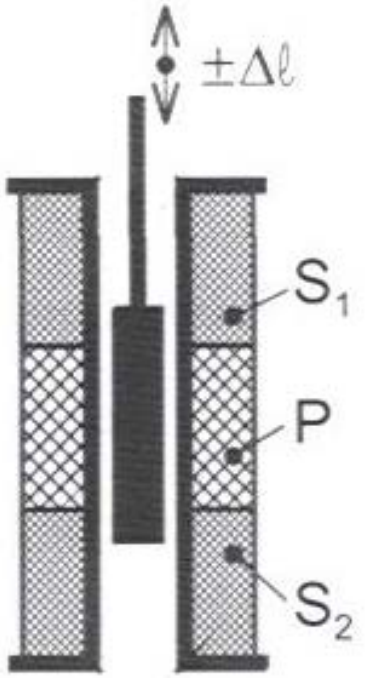
μ_0 .. permeabilita vakua

S .. průřez jádra

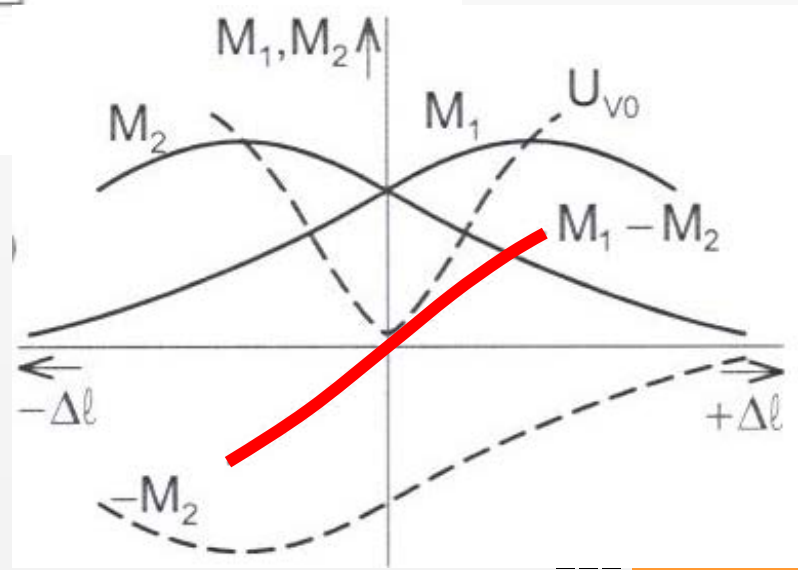


Snímače polohy

Indukčnostní



LVDT
 Linear Variable
 Differential Transformer

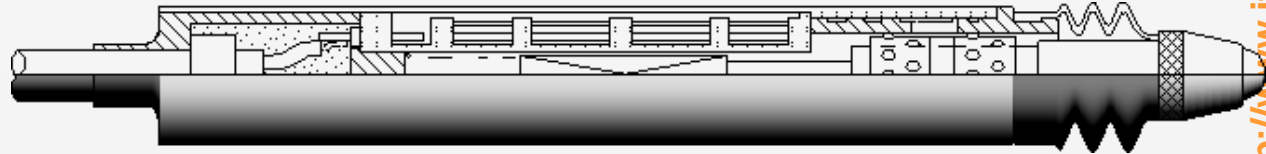
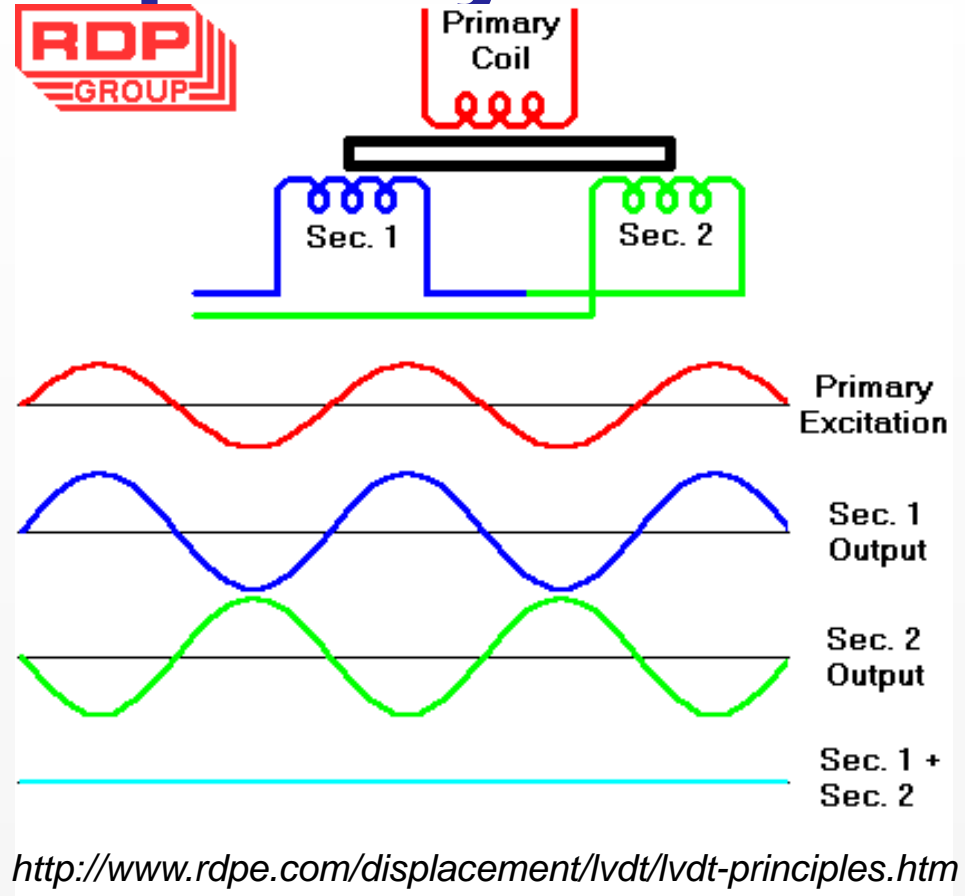




Snímače polohy

Indukčnostní

LVDT

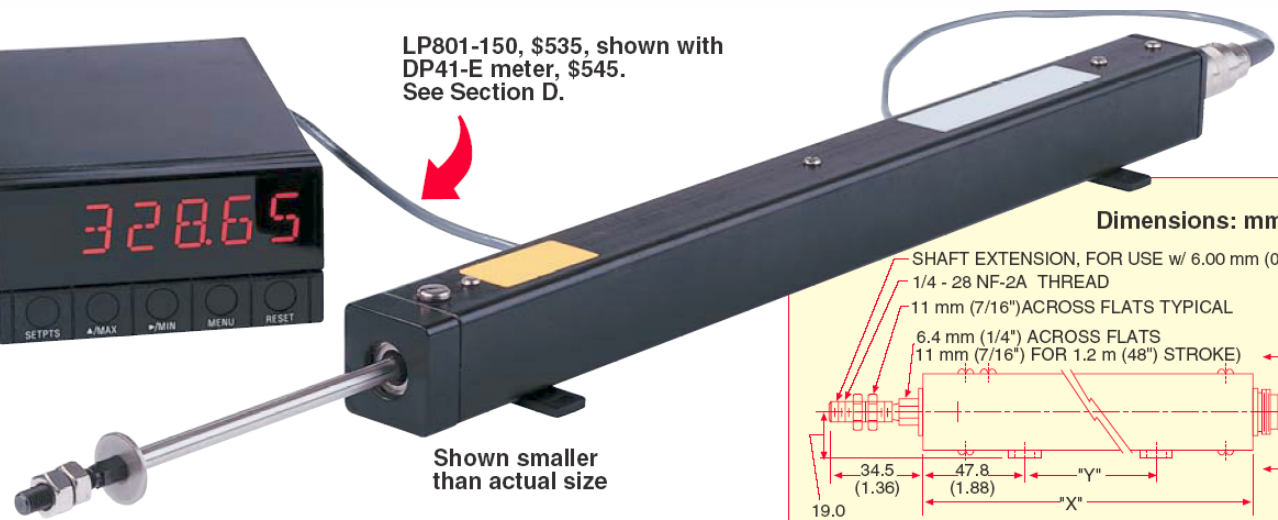




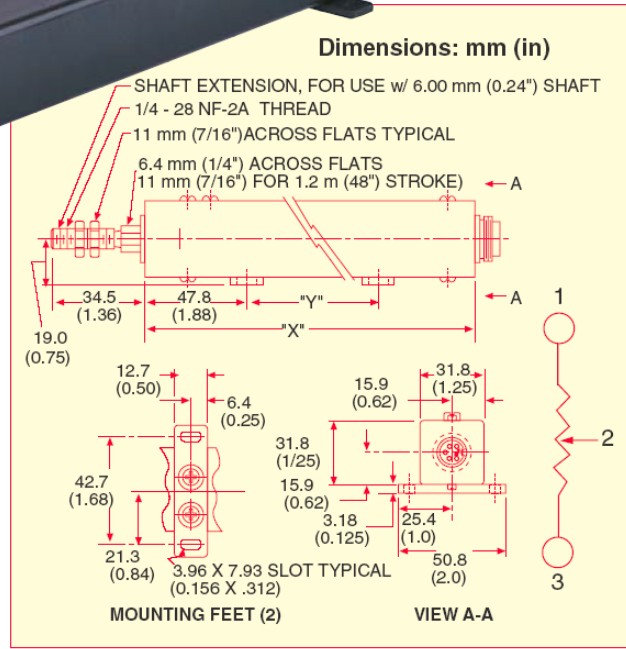
Snímače polohy



LP801-150, \$535, shown with DP41-E meter, \$545. See Section D.



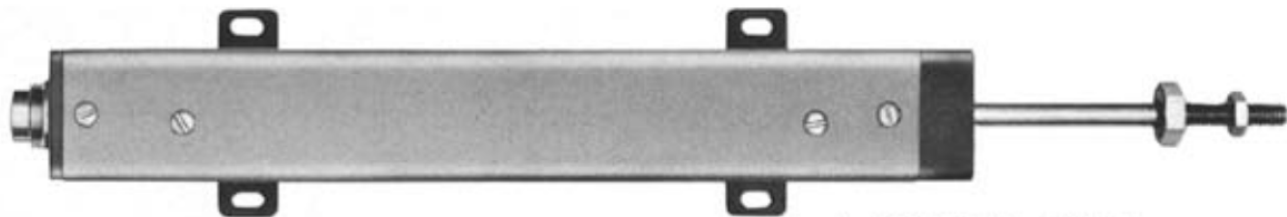
Shown smaller than actual size



LP801 Series
150 mm to 1.2 m
(6 to 48") Ranges

✓ Rugged Construction
and Shaft Seals for

LP801
\$535



MODEL 124

SPECIFICATIONS

Total Resistance: 5000 Ω ± 20%

Linearity: ±1% FS

Hysteresis: ±0.025 mm (0.001")

Repeatability: ±0.012 mm (0.0005")

Incremental Sensitivity: 0.0013 mm (0.00005")

and
its
JS,

http://





Snímače polohy



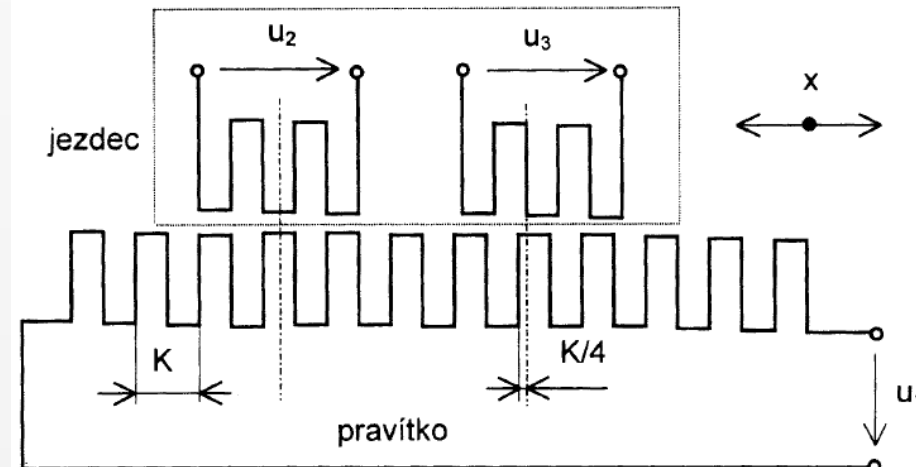
Selsyny

pro měření úhlové polohy – jako elektrické asynchronní stroje složeny ze statorových a rotorových vinutí, pootočením rotoru se ve vinutích statoru indukují napětí, jejichž amplituda je závislá na úhlu natočení.

Dvojice selsynů se používá jako elektrický hřídel.

Induktosyn

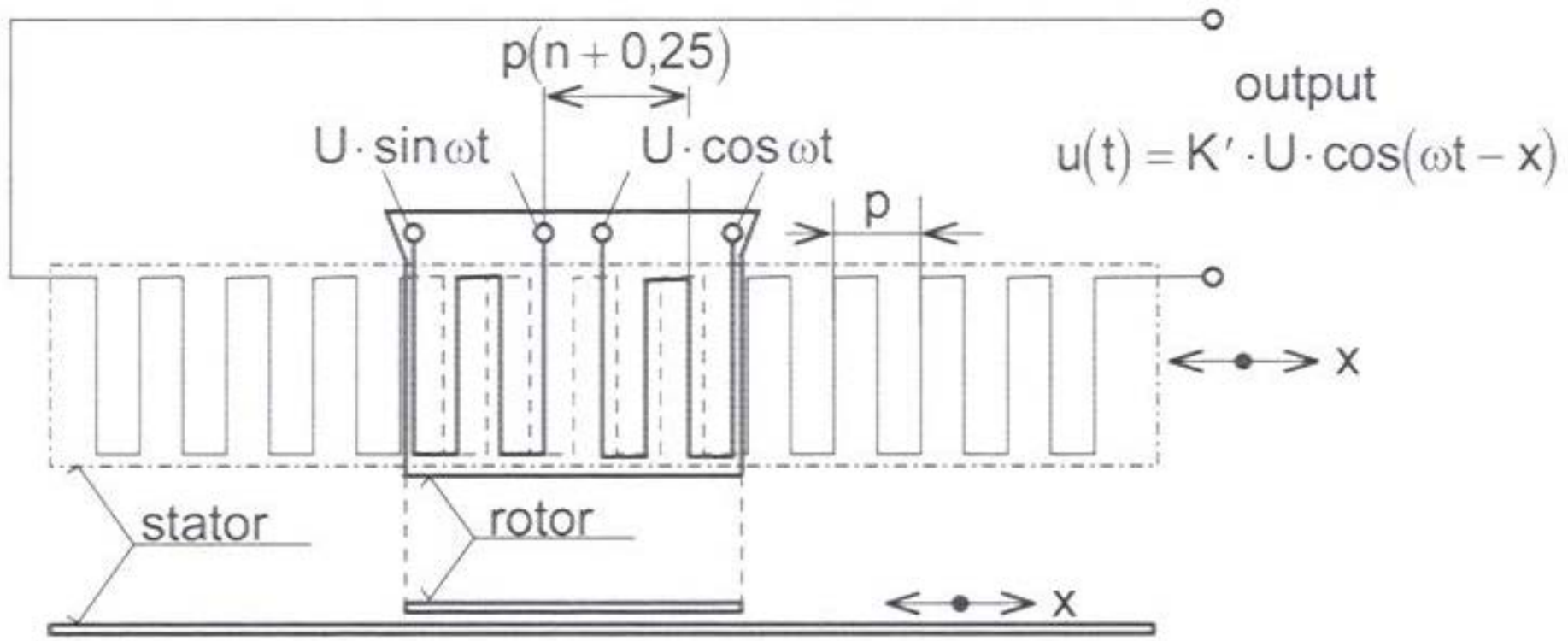
Jezdec se pohybuje nad pravítkem, obě vinutí jsou vyrobena technologií plošných spojů na podkladových deskách ze skla, keramiky nebo nemagnetické ocele s izolační vrstvou.





Snímače polohy

Indukčnostní



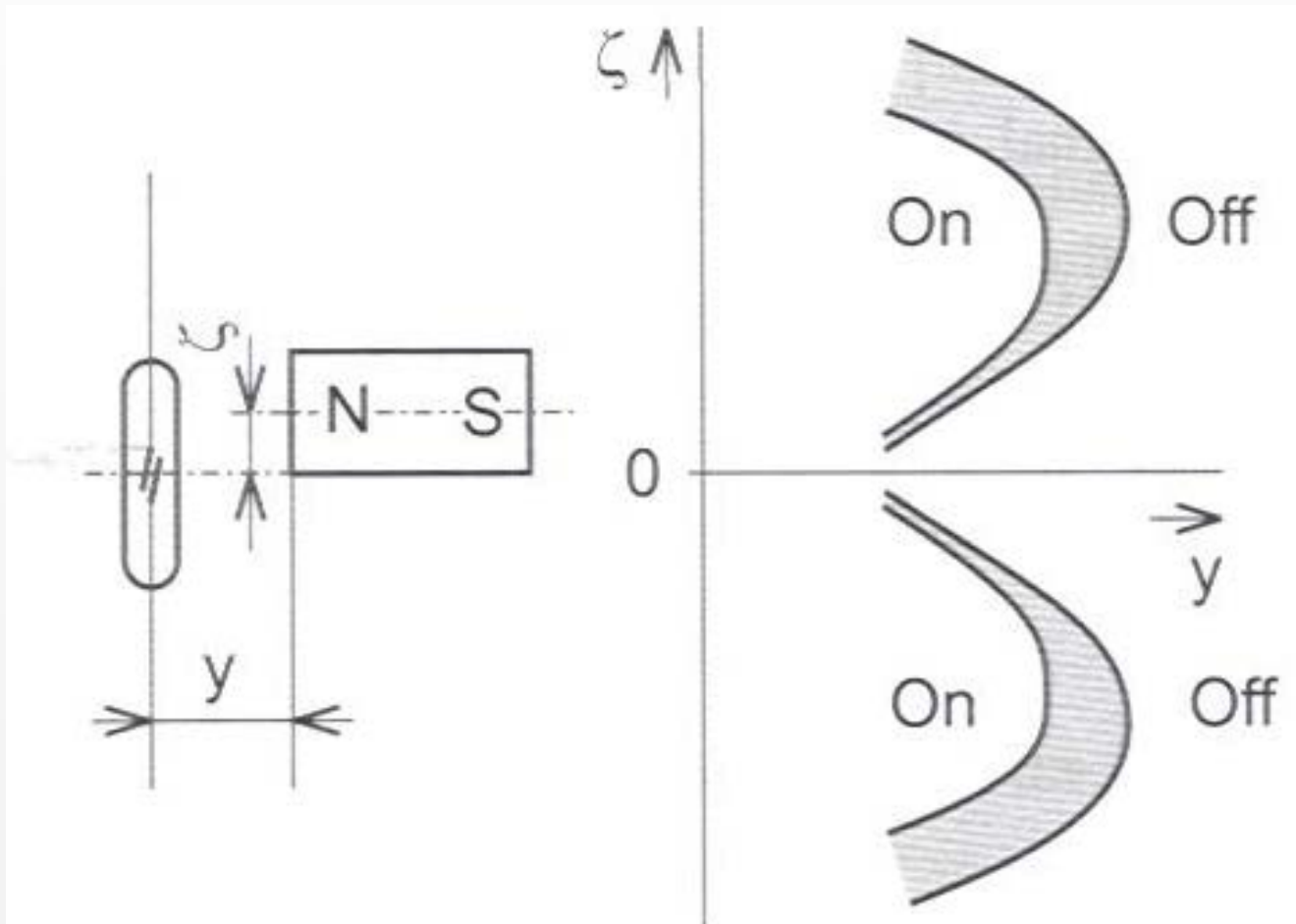


Snímače polohy



Magnetické

- Jazyčkové relé





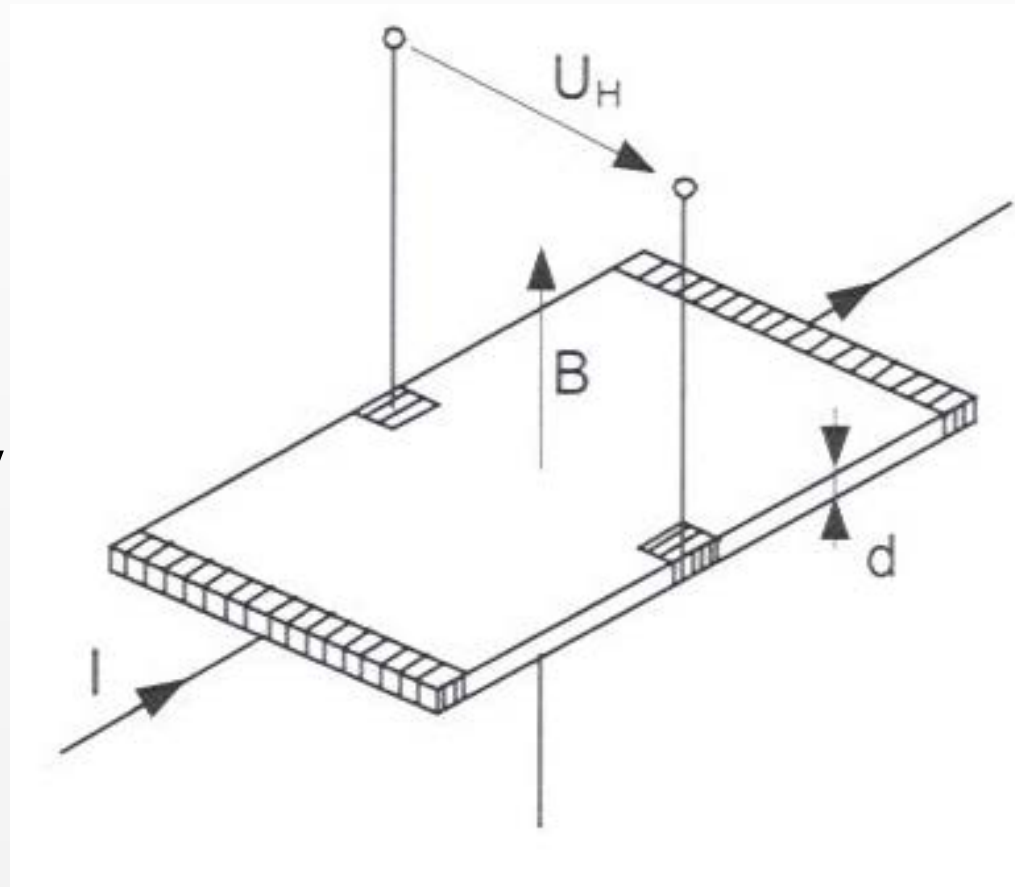
Snímače polohy



Hallova sonda

Magnetické pole kolmé na elektrický proud působí, že volné nosiče elektrického proudu jsou ve vodiči vychylovány z podélného směru a vytlačovány k okraji. Příčinou této odchylky je elektromagnetická Lorentzova síla. Mezi okraji vodiče se tedy vytvoří rozdíl potenciálů, kolmý na směr proudu – Hallovo napětí.

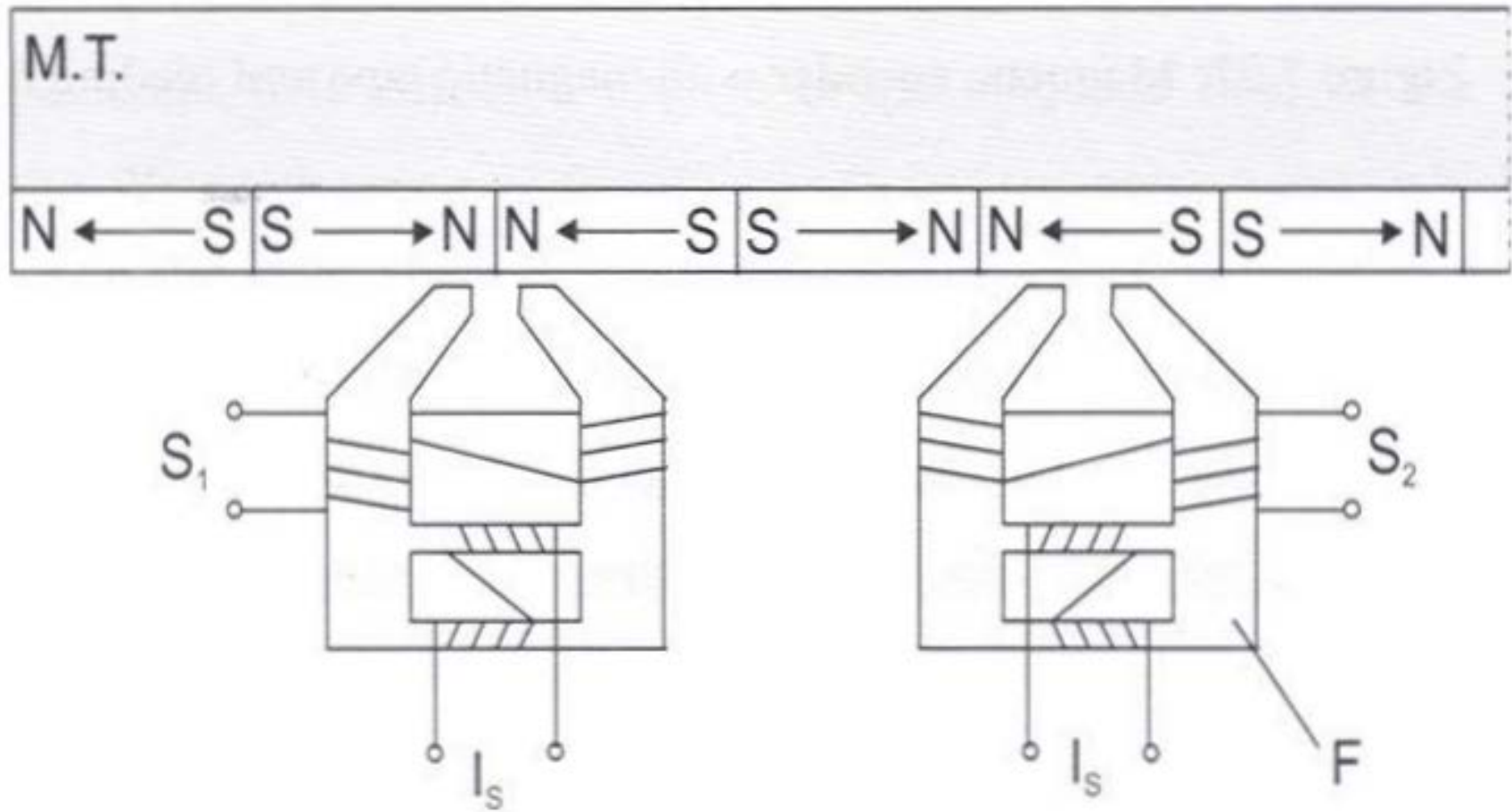
Magnetické





Snímače polohy

- Snímač posunutí magnetické pásky





Snímače polohy



Magnetické



<http://www.ite.tul.cz>





Snímače polohy



Kapacitní

Využití změny některé z veličin, která určuje kapacitu kondenzátoru (kapacita snímačů se pohybuje v 10^1 až 10^2 pF).

K vyhodnocení se používá diferenciálních můstků nebo rezonančních obvodů.

- ✓ Změna dielektrika
- ✓ Změna vzdálenosti elektrod
- ✓ Změna plochy elektrod





Snímače polohy

Kapacitní

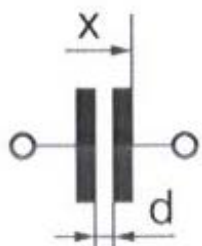
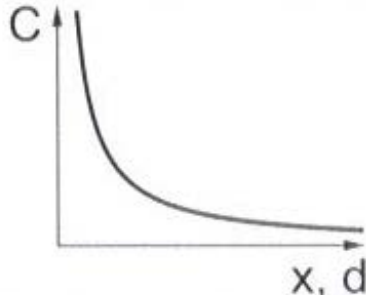
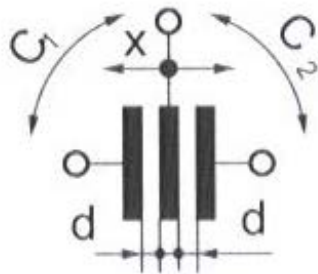
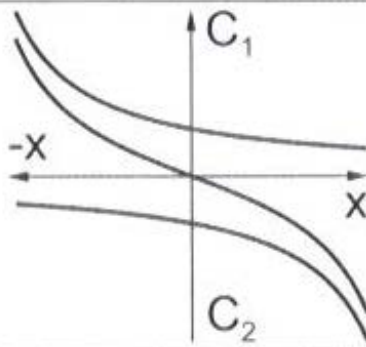


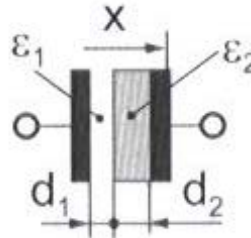
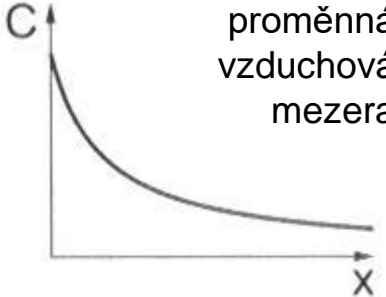
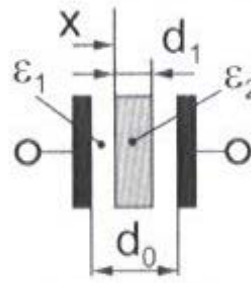

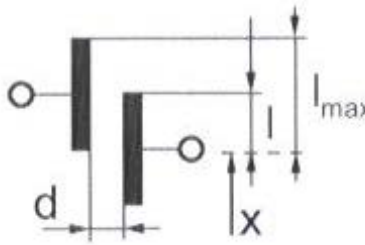
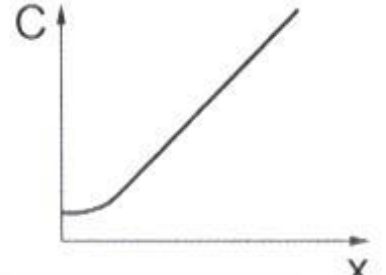


Snímače polohy



- Kapacitní

Schematic symbol	Transfer characteristic
	
	

Schematic symbol	Transfer characteristic
	 <p>proměnná vzduchová mezera</p>
	 <p>proměnná tloušťka dielektrika</p>
	





Snímače polohy



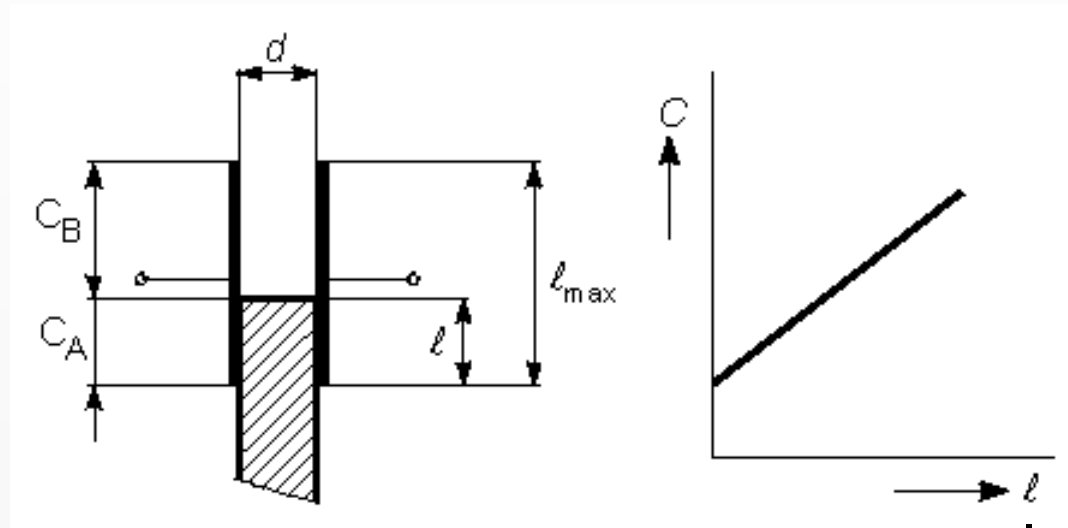
- Kapacitní

Schematic symbol	Transfer characteristic

Schematic symbol	Transfer characteristic



- Kapacitní

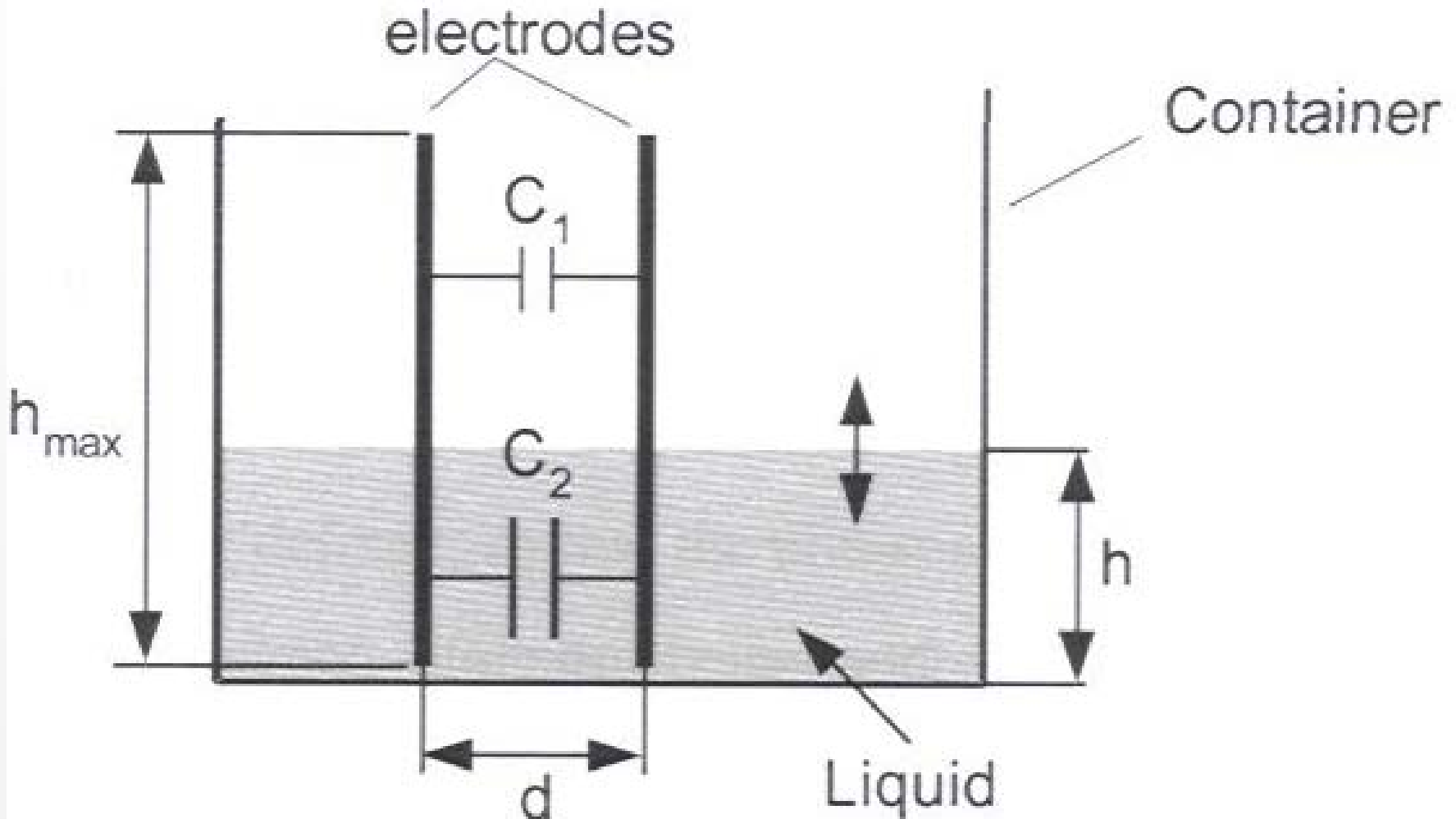


$$C = C_A + C_B = \epsilon_0 \epsilon_A \frac{a l}{d} + \epsilon_0 \epsilon_B \frac{a (l_{\max} - l)}{d}$$

$$C = k_1 + k_2 l$$

Snímače hladiny

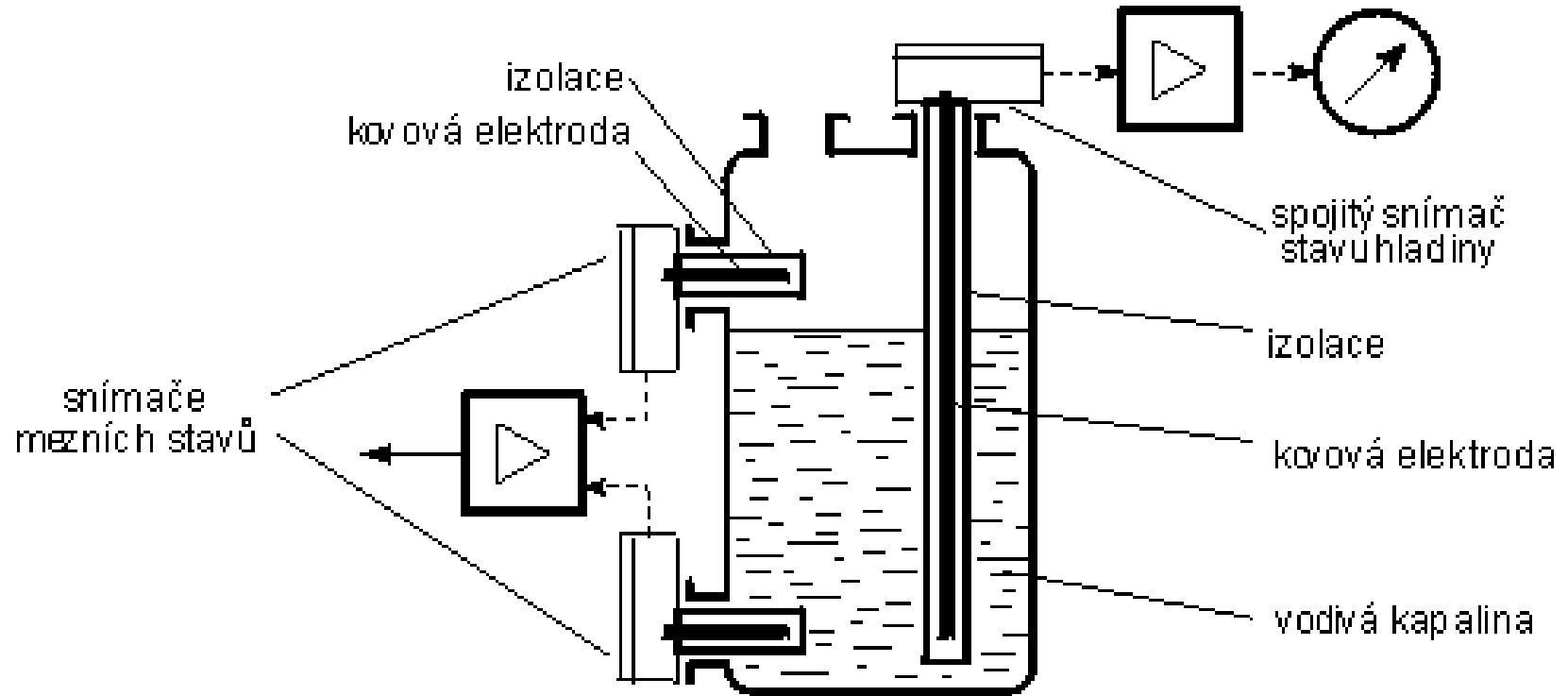
- Kapacitní





Snímače polohy

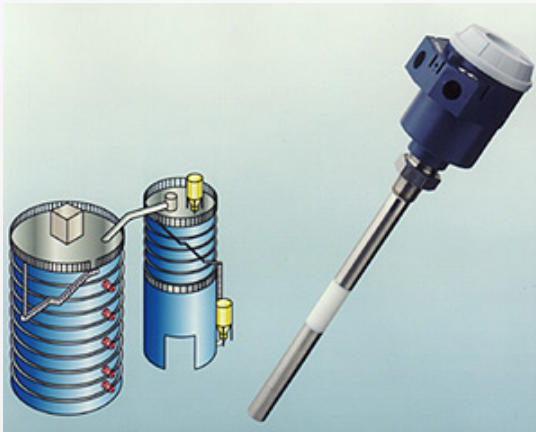
- Kapacitní





Snímače polohy

- Kapacitní





Snímače polohy

Optické



- PES – foto-elektrické snímače
- Inkrementální čidla
- Lineární čidla s absolutním odměřováním
- Interferometry
- Jiné optické metody





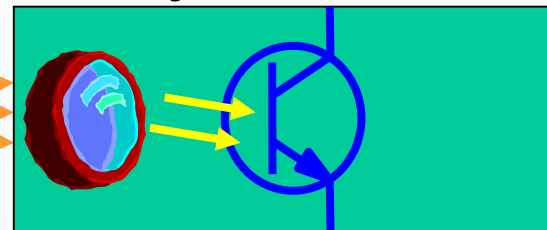
Snímače polohy



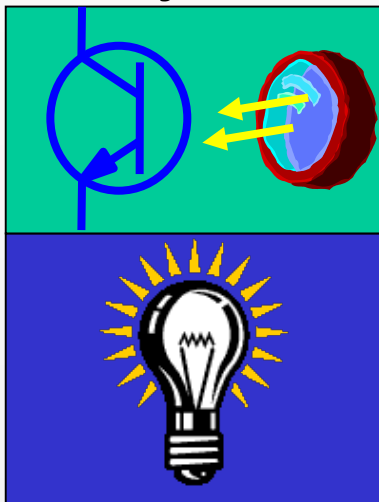
Zdroj světla



Přijímač



Přijímač



Zdroj světla



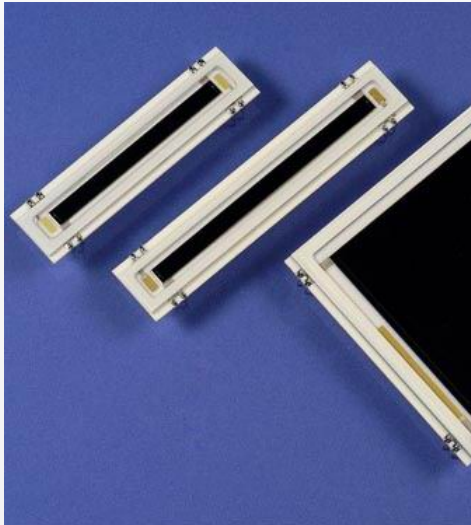
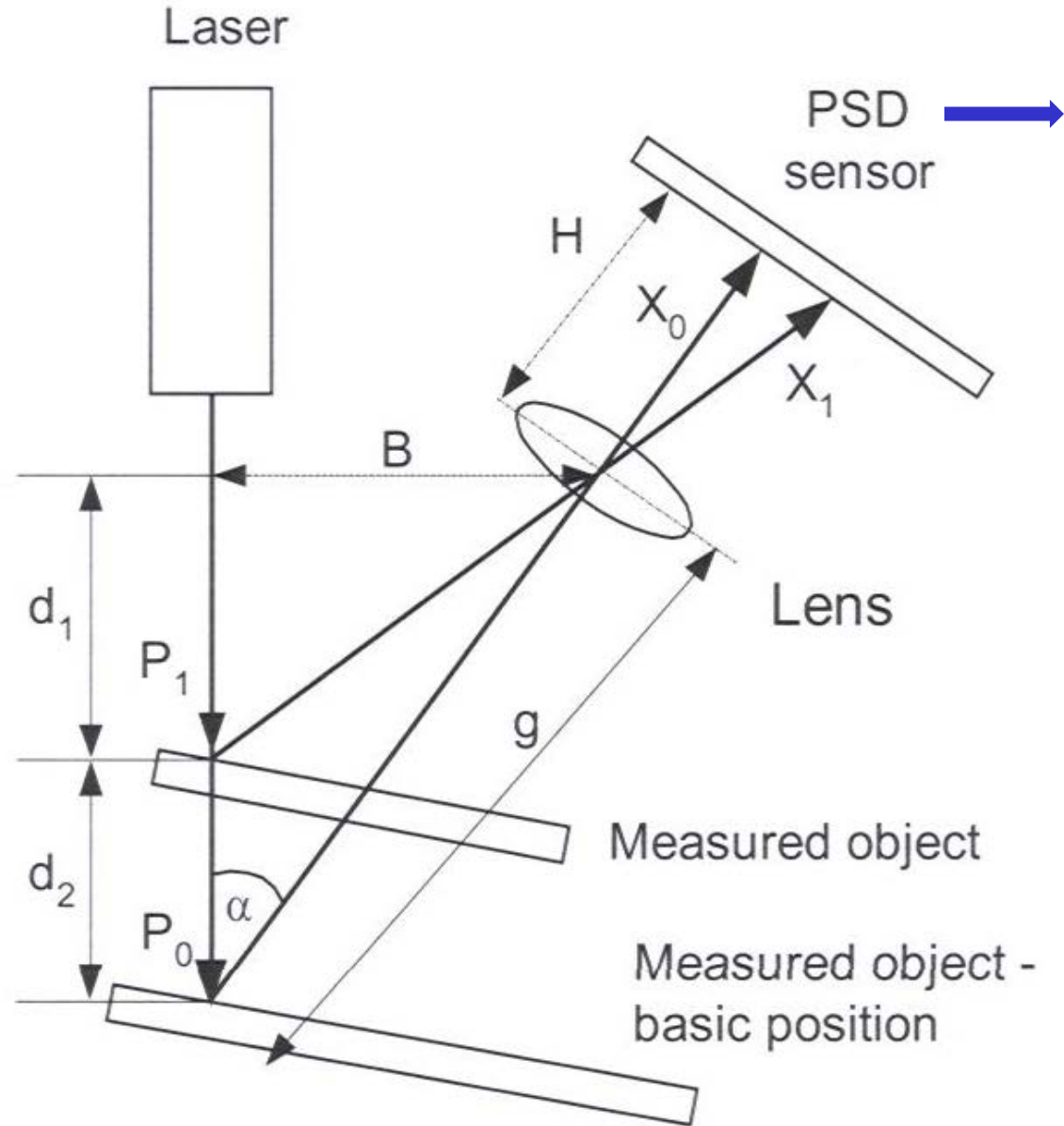


Snímače polohy



Position Sensing Device

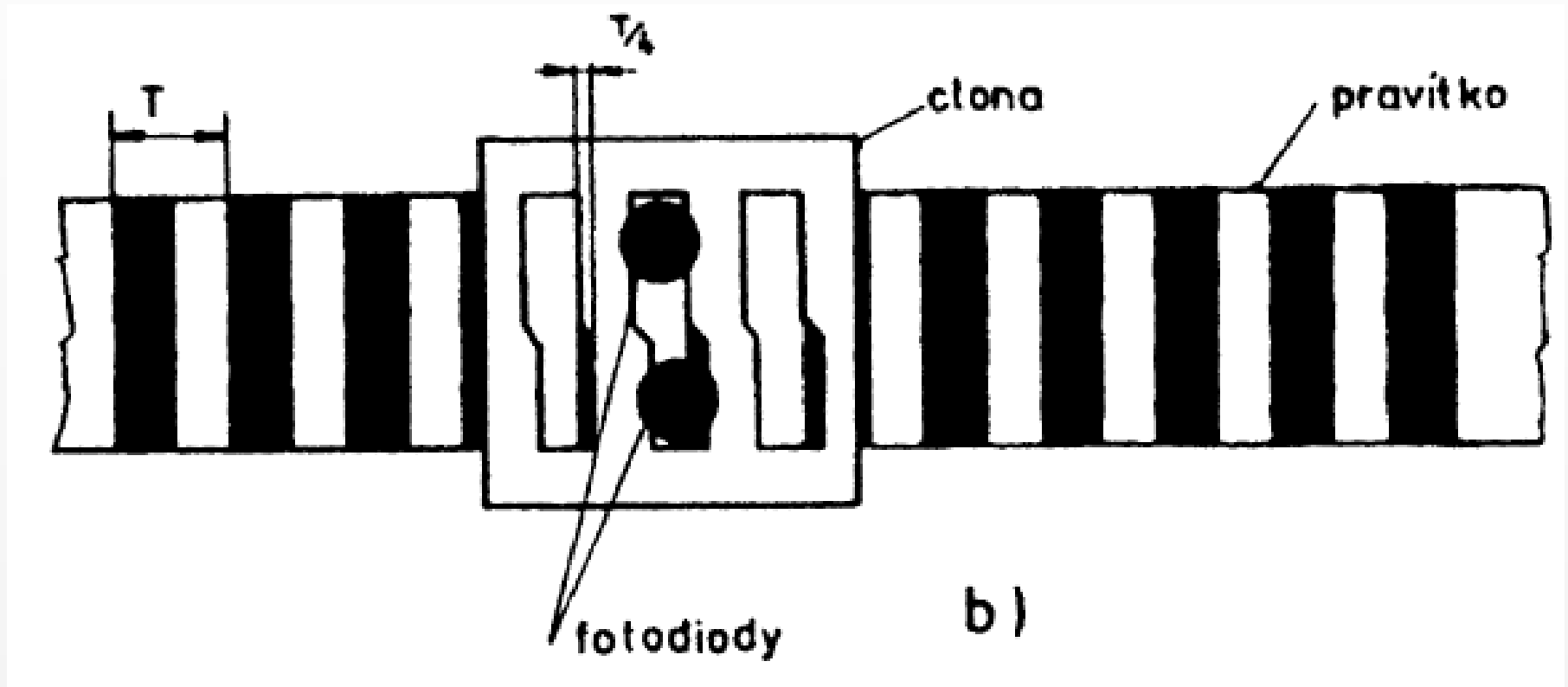
Triangulační měření





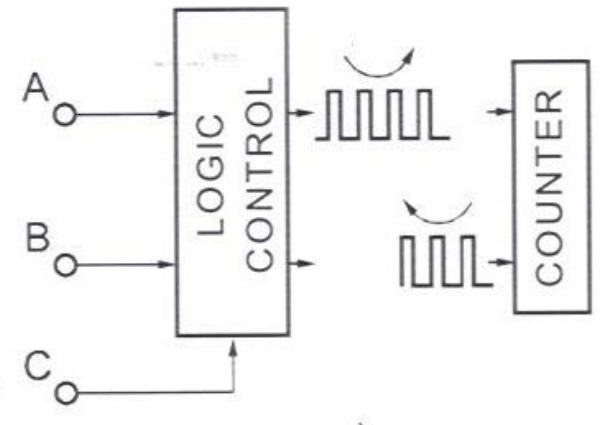
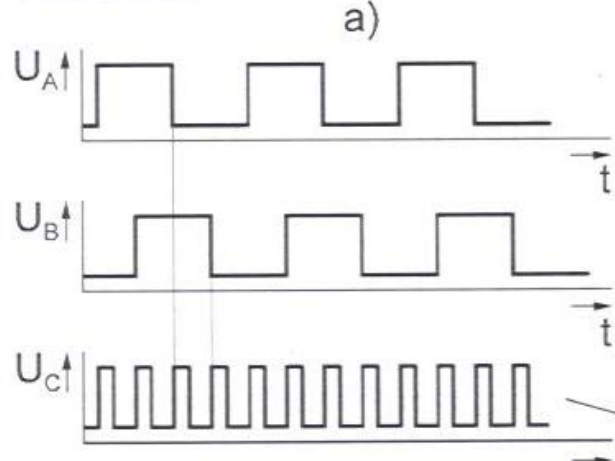
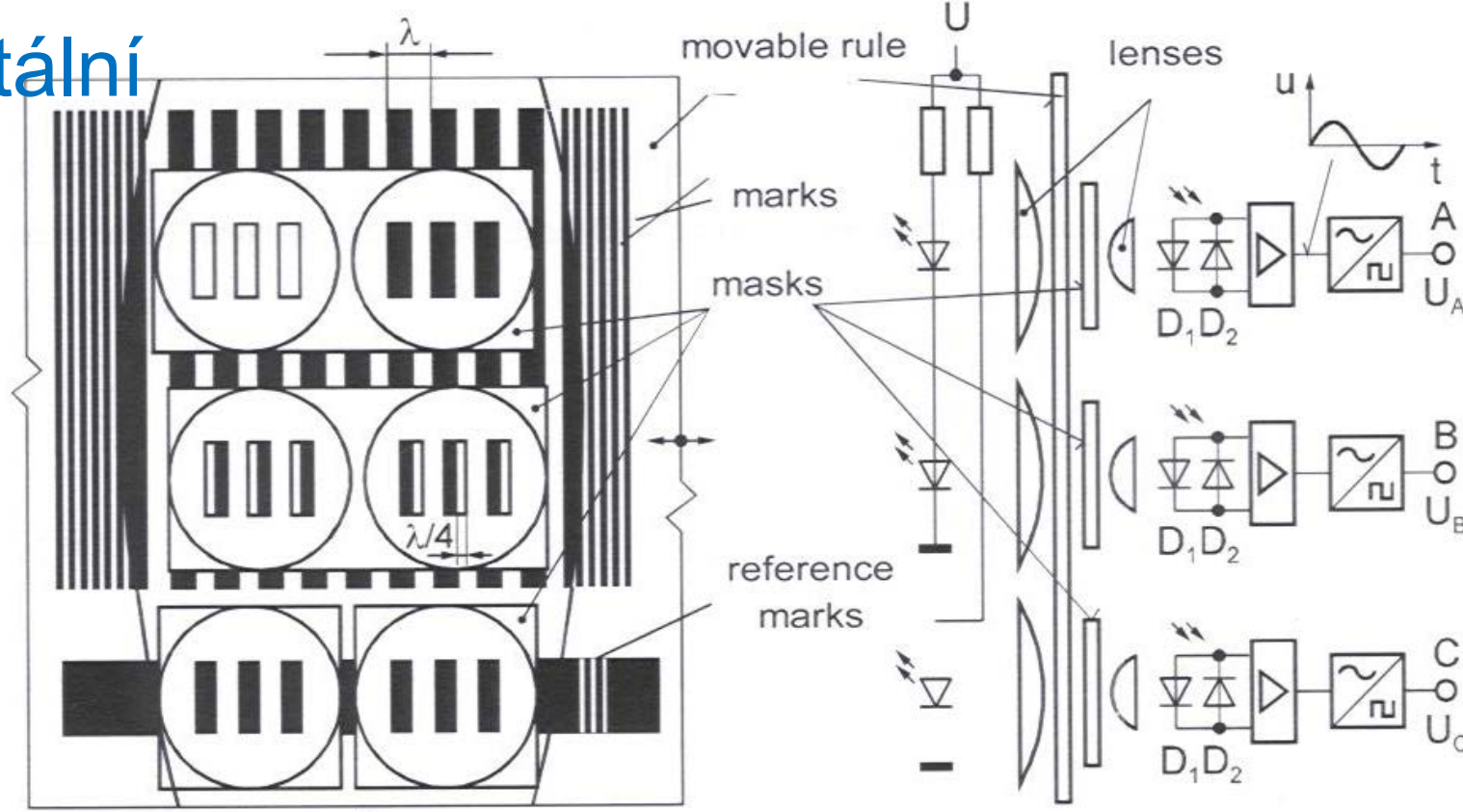
Snímače polohy

Inkrementální snímače



Snímače polohy

Inkrementální snímače



interpolation by 4



Snímače polohy

Inkrementální
snímače





Snímače polohy

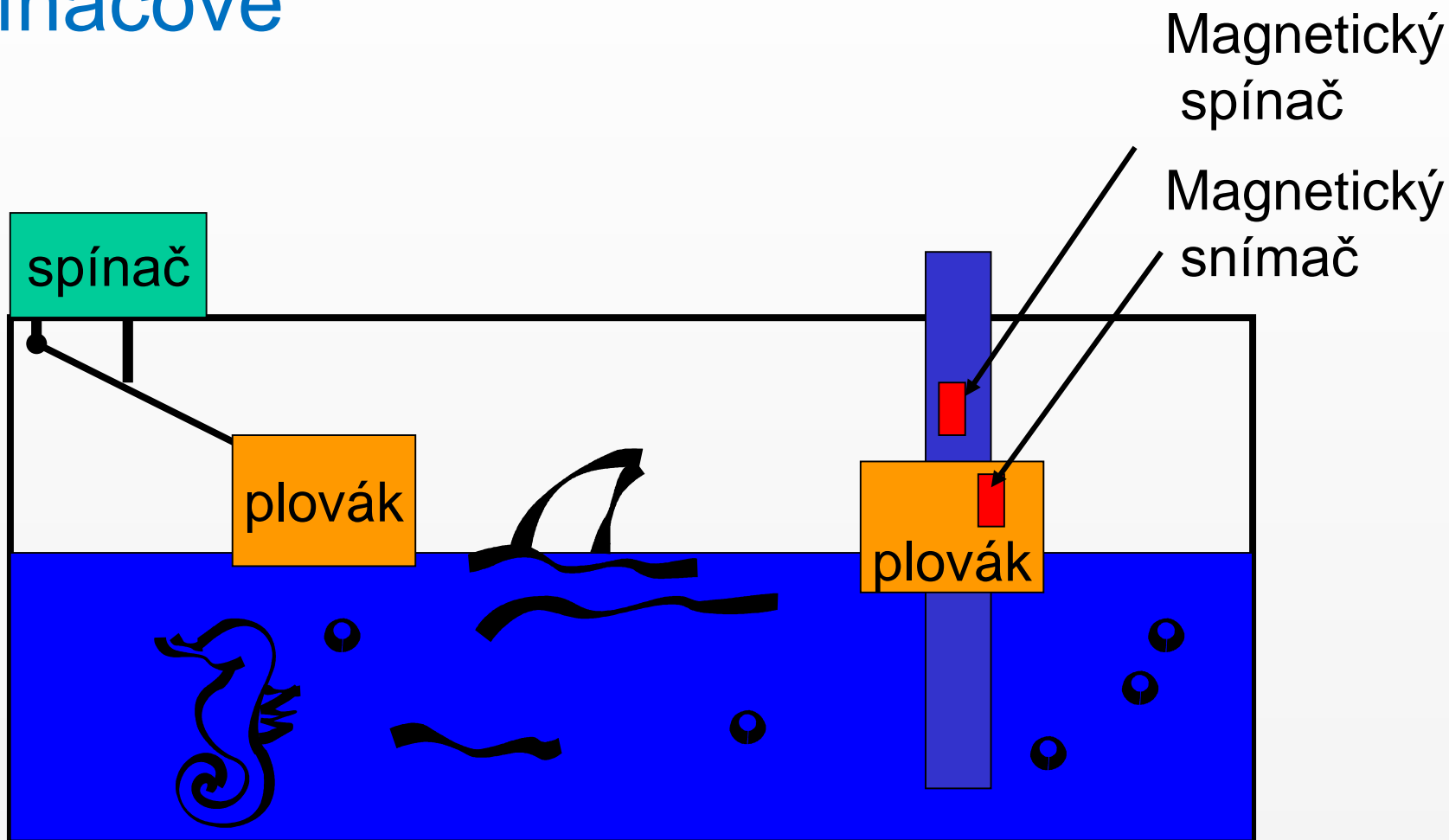
Inkrementální snímače





SNÍMAČE HLADINY

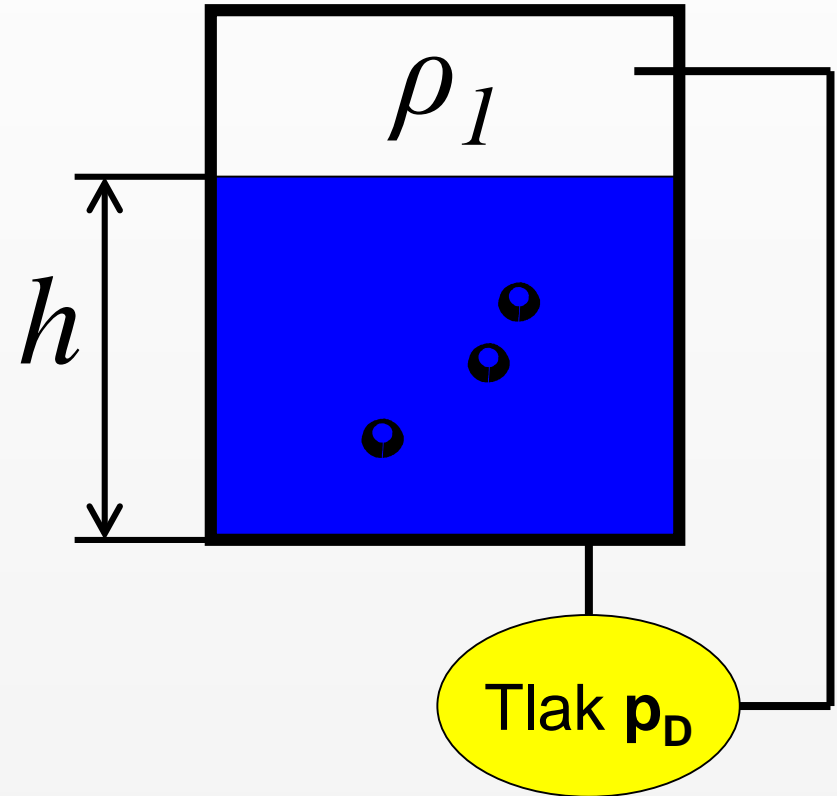
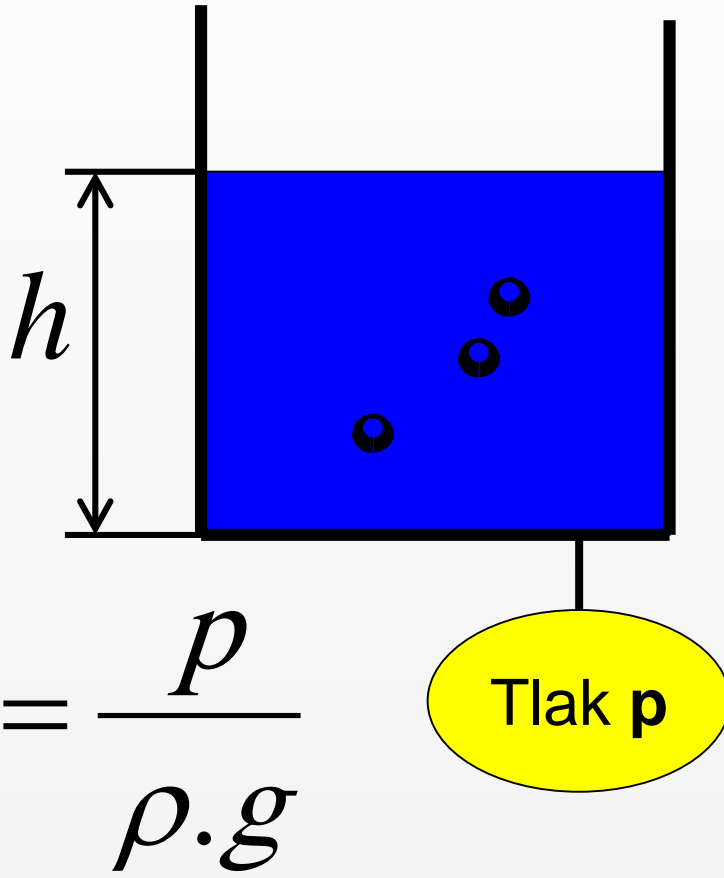
Spínačové





Snímače hladiny

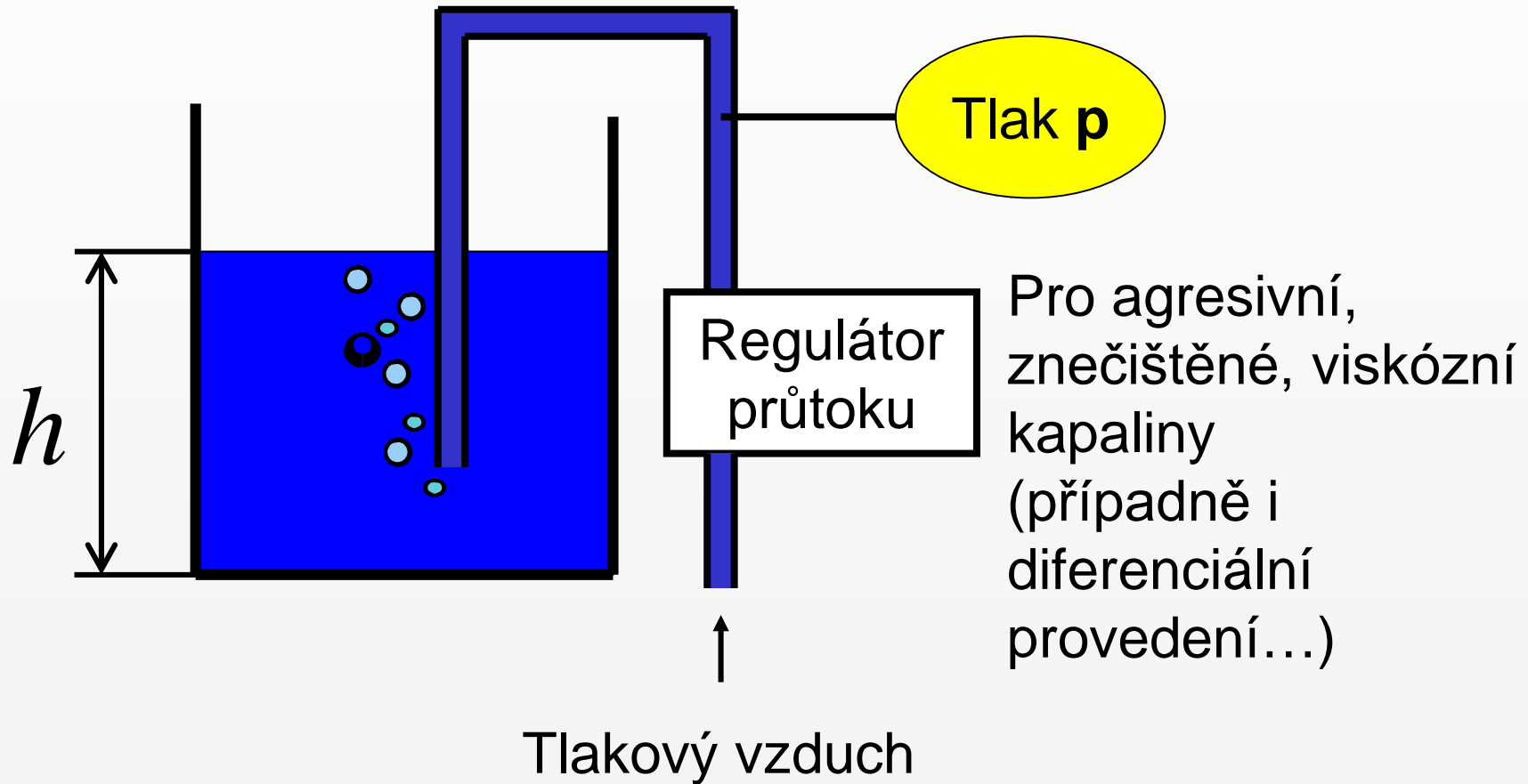
Tlakové





Snímače hladiny

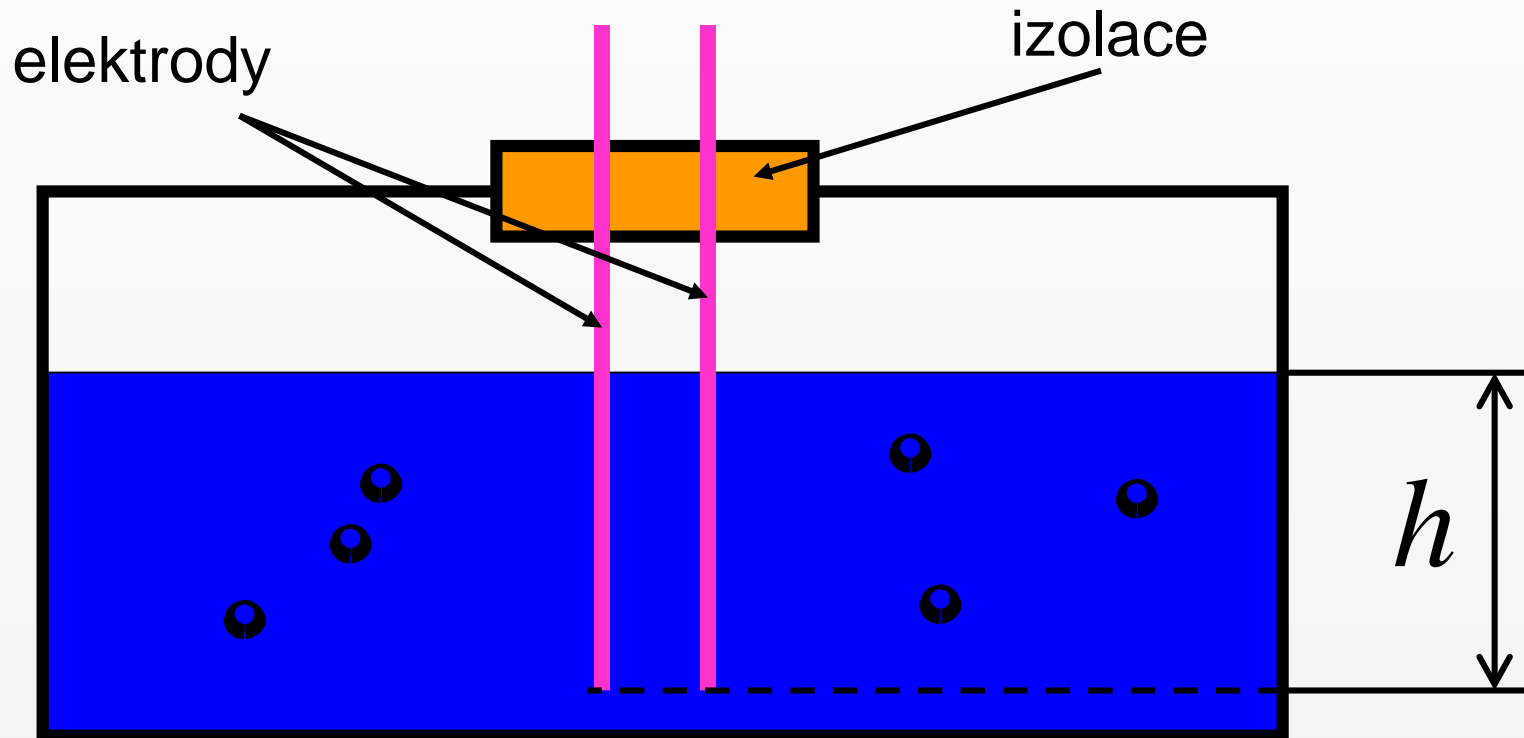
Tlakové – pneumatický stavoznak





Snímače hladiny

Vodivostní





Snímače hladiny



Proximitní snímače

Bezdotykové snímače reagující na přiblížení předmětu na určitou vzdálenost

Ultrazvukové

UZ signál je odražen od objektu, ve fázovém detektoru se porovná fáze (zpoždění) tohoto signálu – z rychlosti zvuku lze vypočítat vzdálenost

Induktanční

Přiblížením kovového předmětu do aktivní zóny vf. elmag. pole dojde ke změně výstupního napětí oscilátoru.

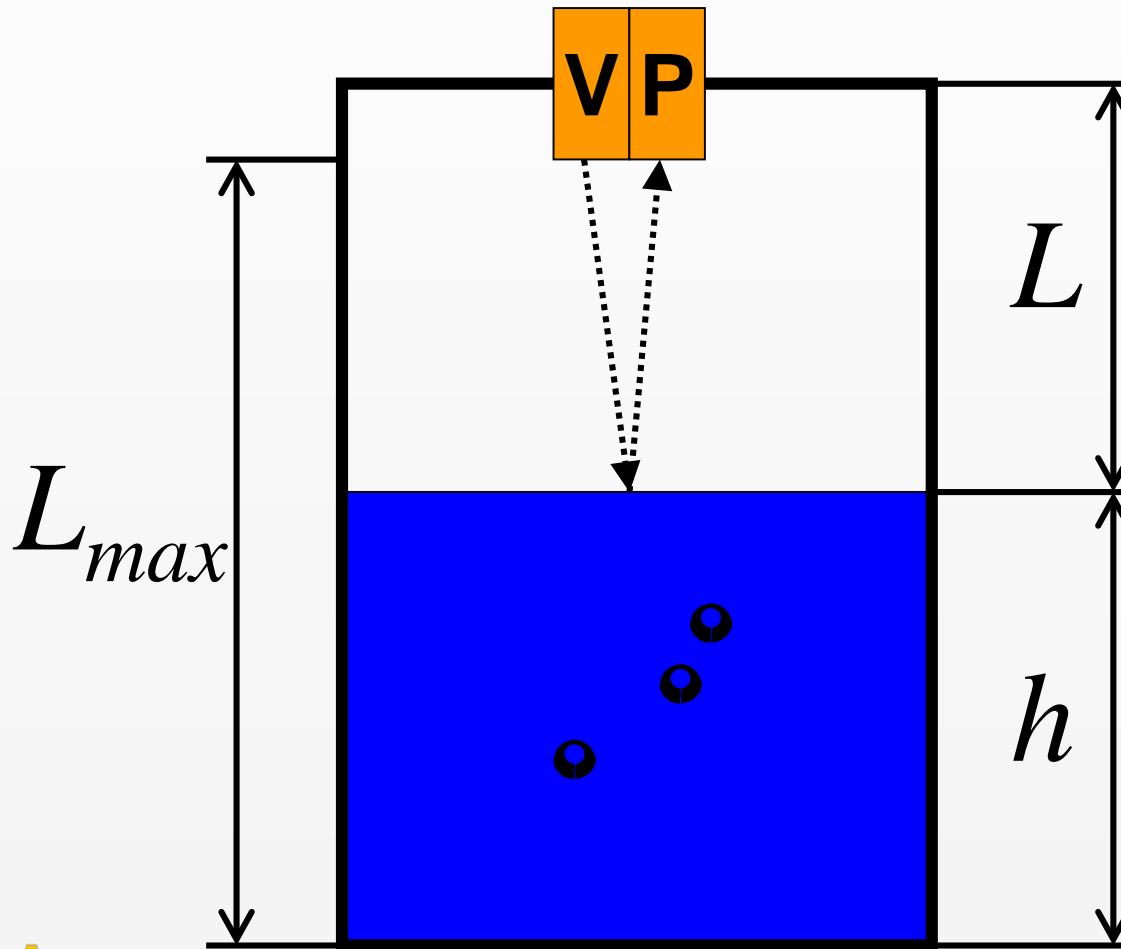




Snímače hladiny



- Ultrazvukové, radarové



$$h = L_{max} - L$$

$$L = c \frac{t}{2}$$





ZRYCHLENÍ A RYCHLOST



Indukční - rotující perm. magnet
kolem cívky (cyklocomp.)

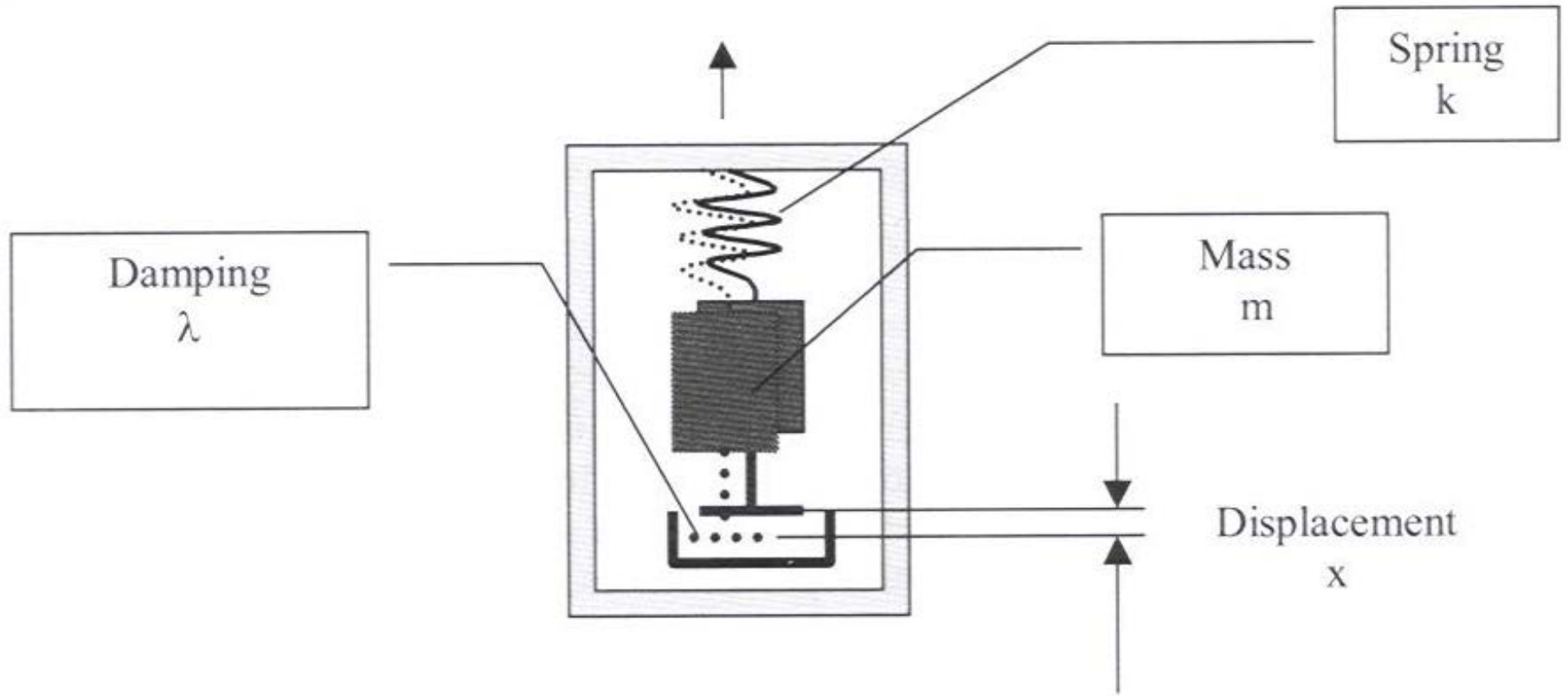
Elektrokontaktní – jazýčkové
relé, Hallova sonda

Optické – štěrbinové, odrazové,
interferenční

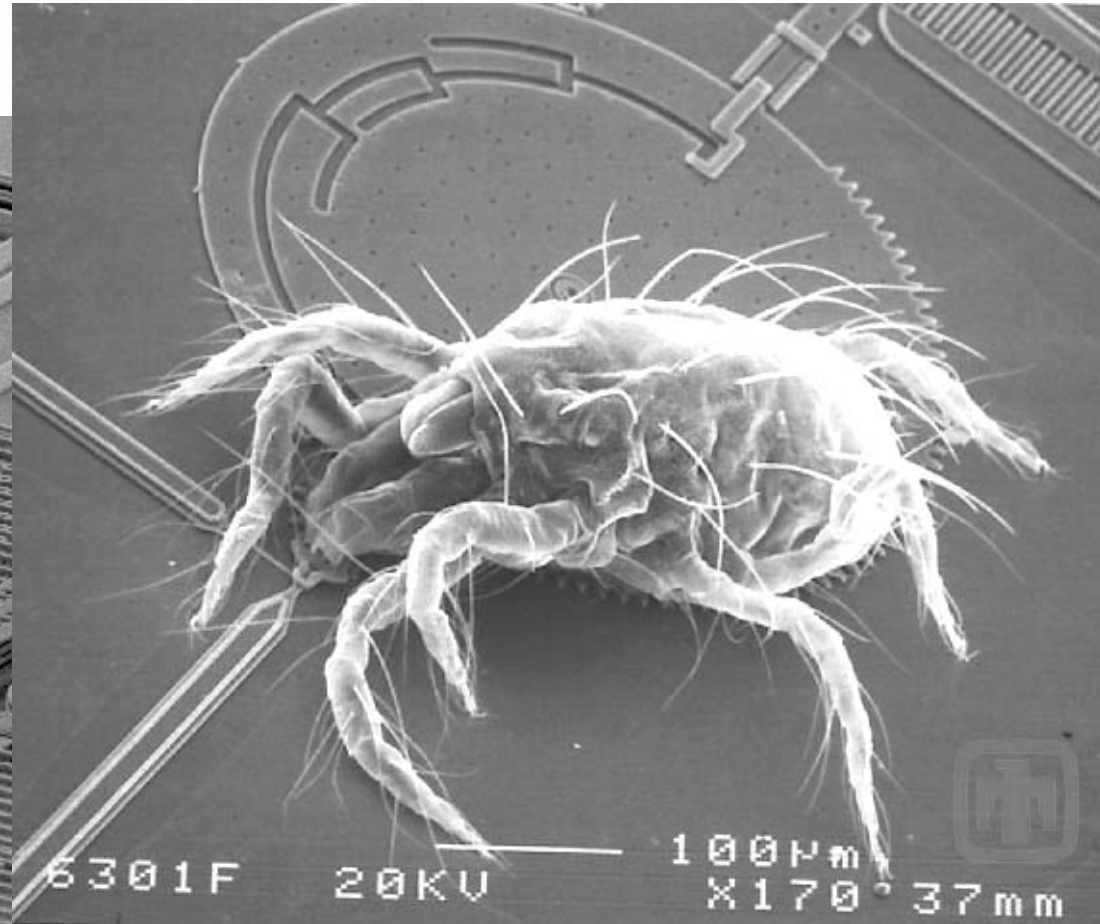
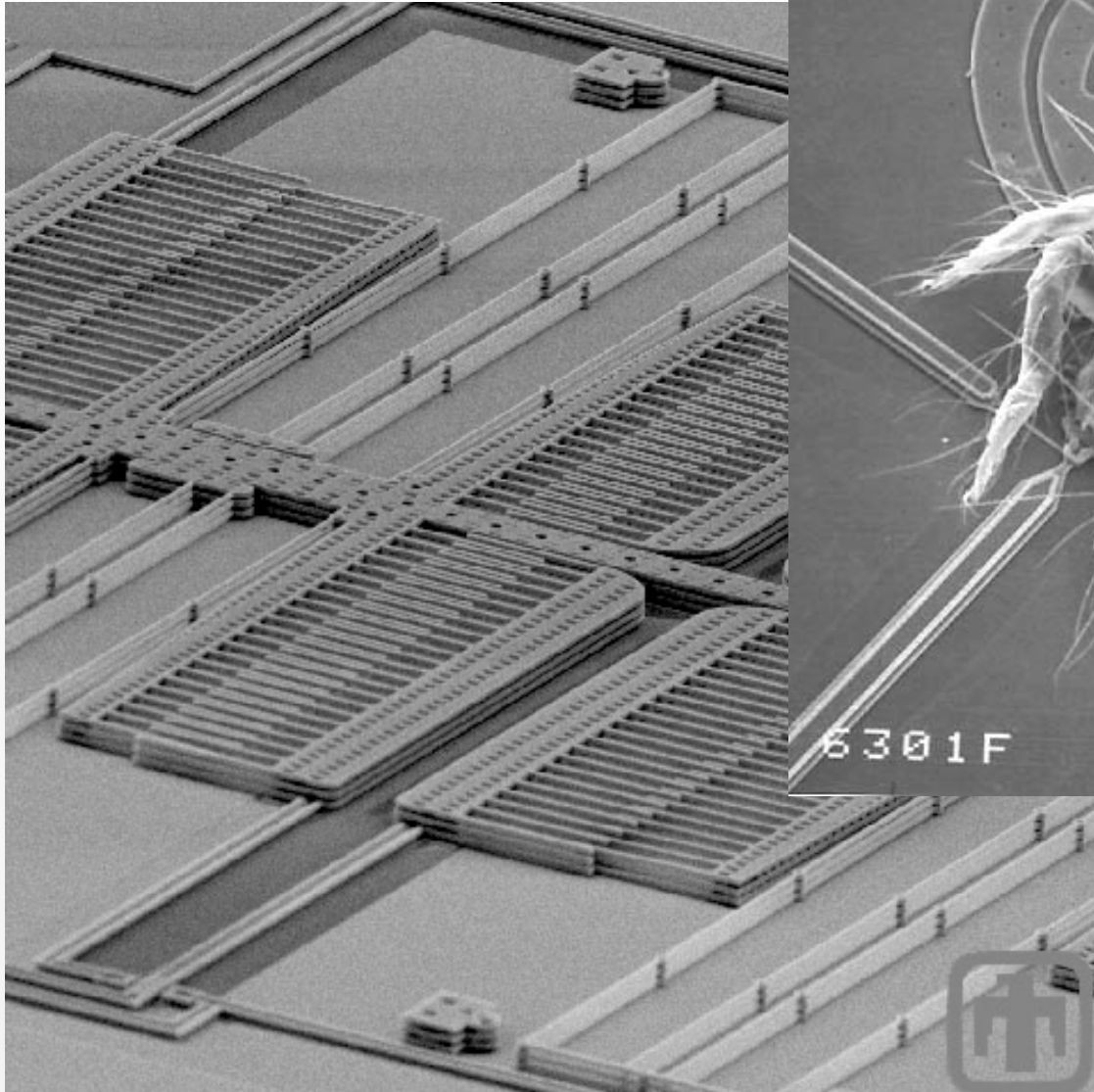
MEMS



Detektory zrychlení a rychlosti



Detektory zrychlení a rychlosti



Exkurze do *MEMS*

<http://www.it>

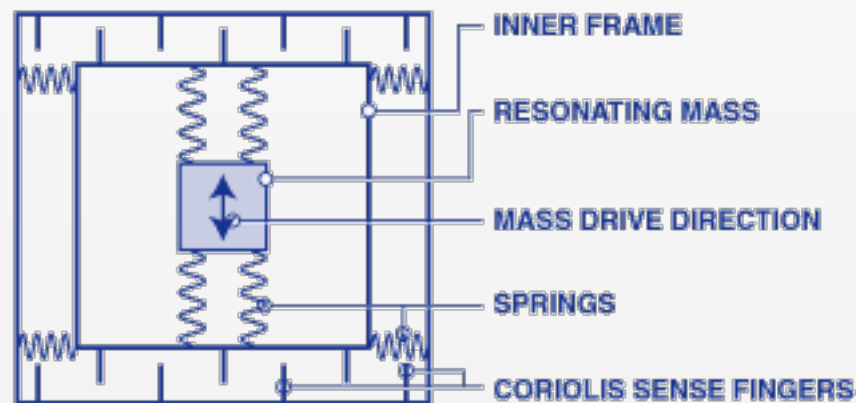




- MEMS gyroskop / akcelerometr

Pohyblivý rám se snímacími ploškami pracující jako elektrody kondenzátorů (při pohybu rámu změna kapacity)

- u akcelerometru je pohyblivá struktura volná a hýbe se jen při působení síly (měří hodnotu vychýlení vnitřní MEMS struktury jako důsledek působícího zrychlení)
- u gyroskopu je s touto strukturou záměrně periodicky pohybováno (mechanická rezonance), aby se projevil efekt Coriolisovy síly (zjišťuje rotační pohyb, resp. rychlost ustáleného rotačního pohybu)

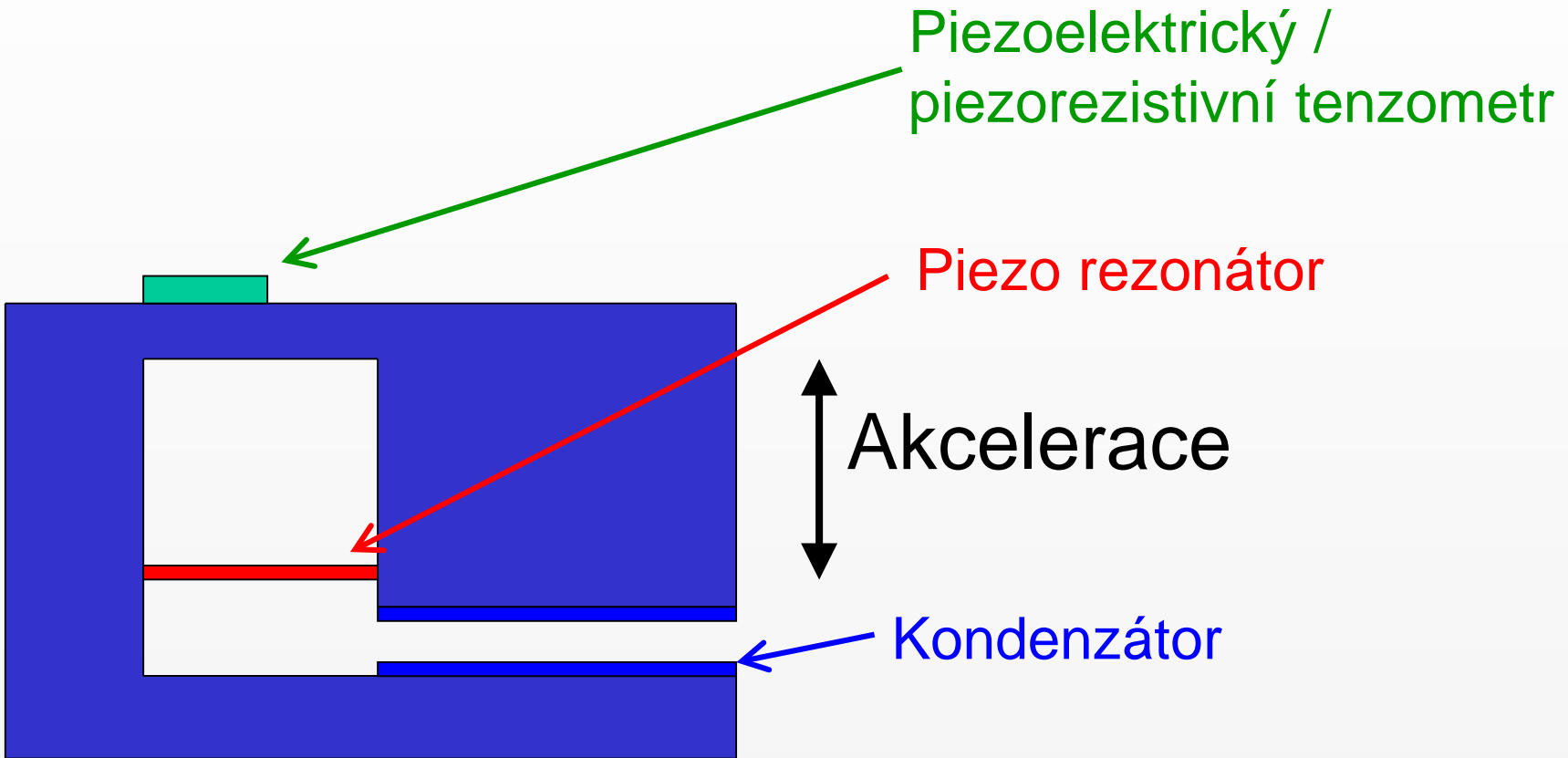


- MEMS gyroskop / akcelerometr

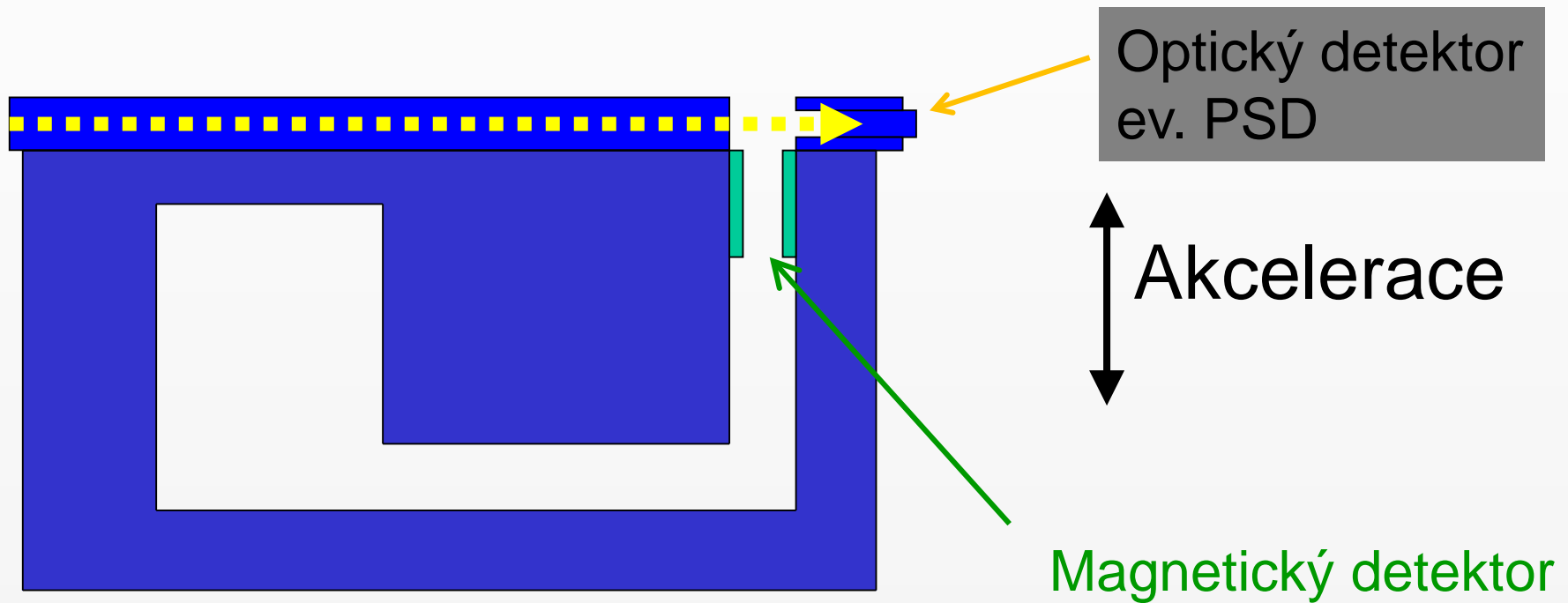
- Detekce a měření rotačního pohybu
- Stabilizační jízdní systémy automobilů
- Zpřesňování pozice systémů GPS
- Stabilizace obrazu a předmětů
- Zjišťování změny polohy, detekce pohybu
- Měření setrvačnosti
- Detekce převrácení, např. automobilu
- Navádění a řízení raket, letadel, robotů apod.



Detektory zrychlení a rychlosti



Detektory zrychlení a rychlosti



Fotorezistor

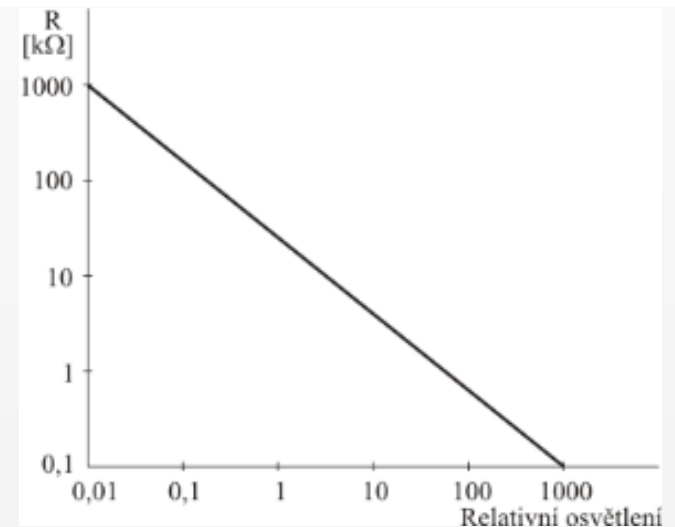
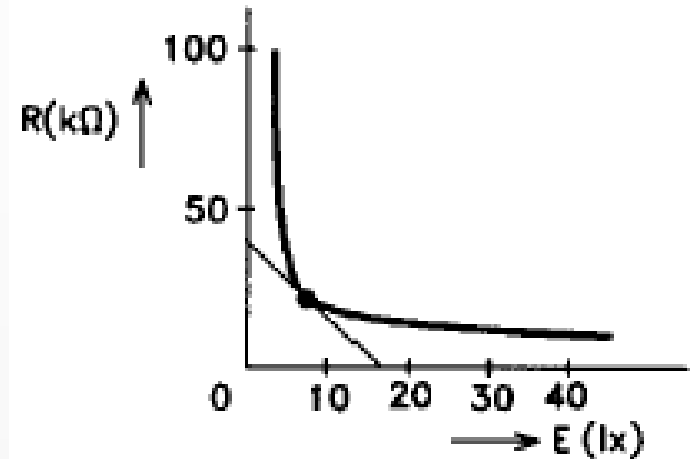
fotoelektrický jev = zvyšování vodivosti působením světelného záření.

$$R = R_0 \cdot E^{-\alpha}$$

R_0 [Ω] = odpor při osvětlení 1 lx

(závisí na geometrii rezistoru a na materiálu),

α = konstanta (závisí především na materiálu), 0,5 až 2.



Autor: Filip Albert – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6602695>

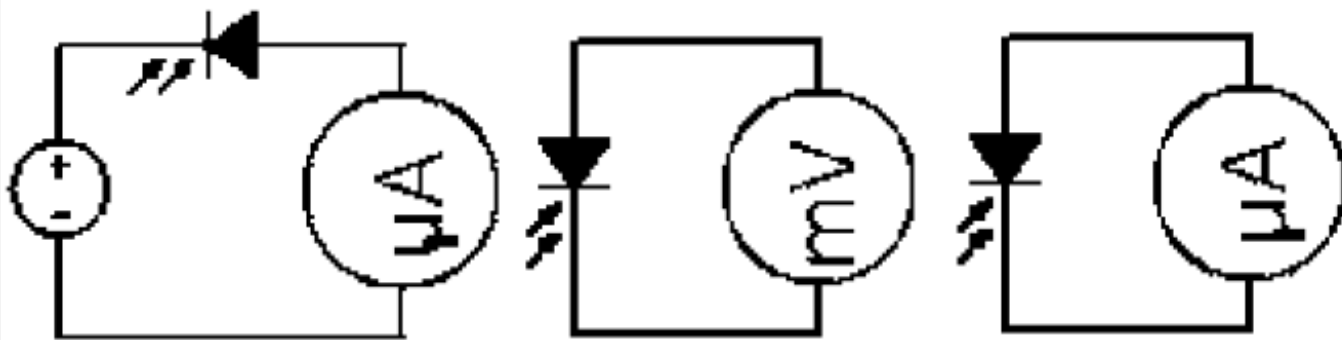
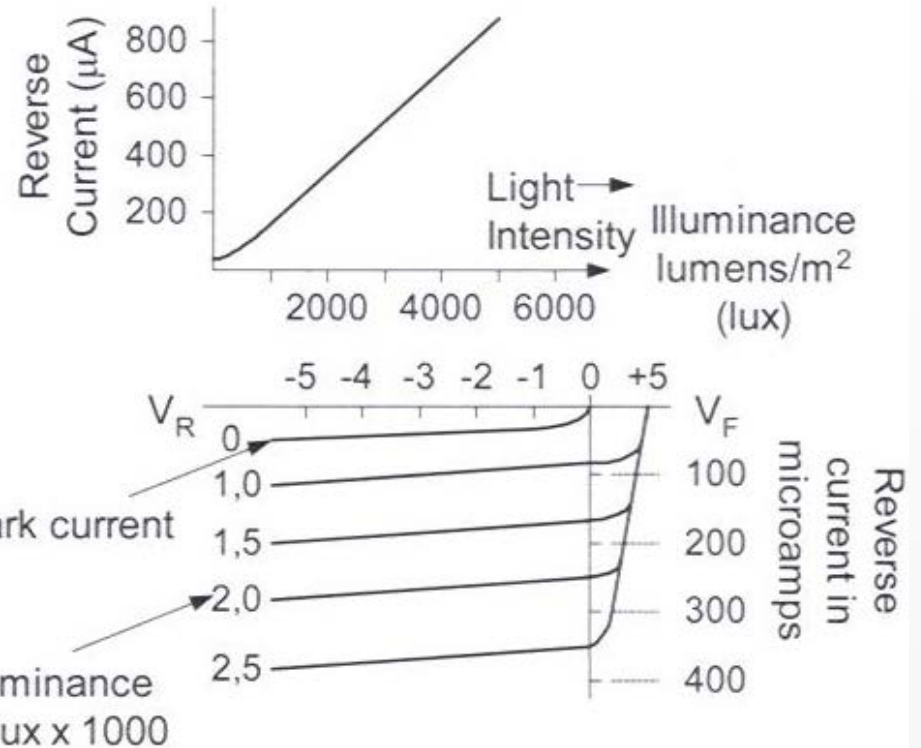
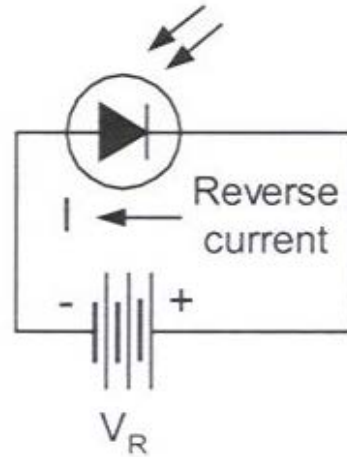


Světelné detektory

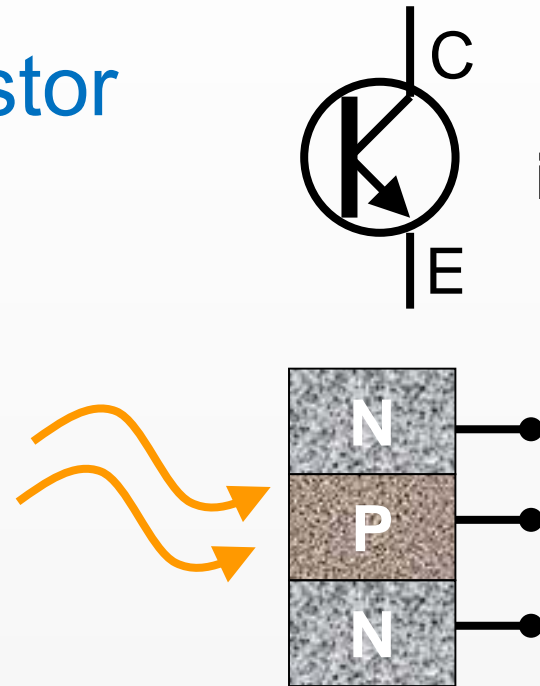
Fotodioda

Parametrická soustava čar ve VA charce

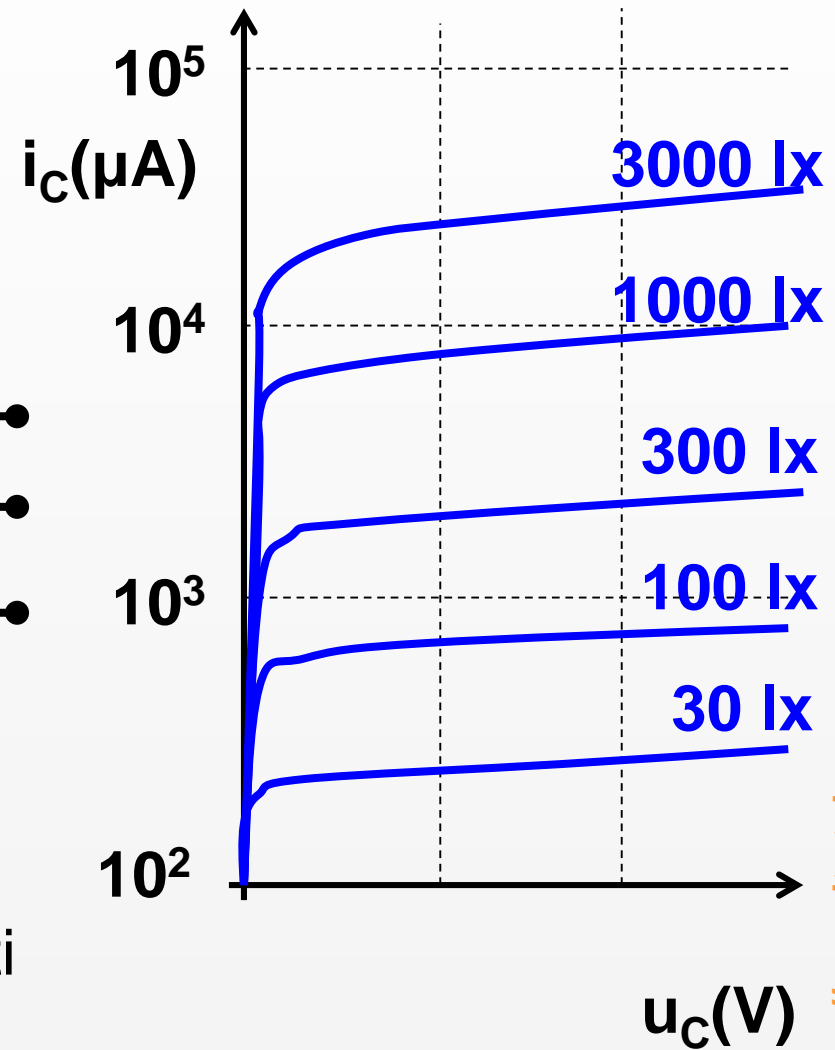
- Pasivní režim
- Aktivní režim



Fototranzistor



Světlo dopadající do oblasti emitorového přechodu ovlivňuje kolektorový přechod podle velikosti osvětlení.

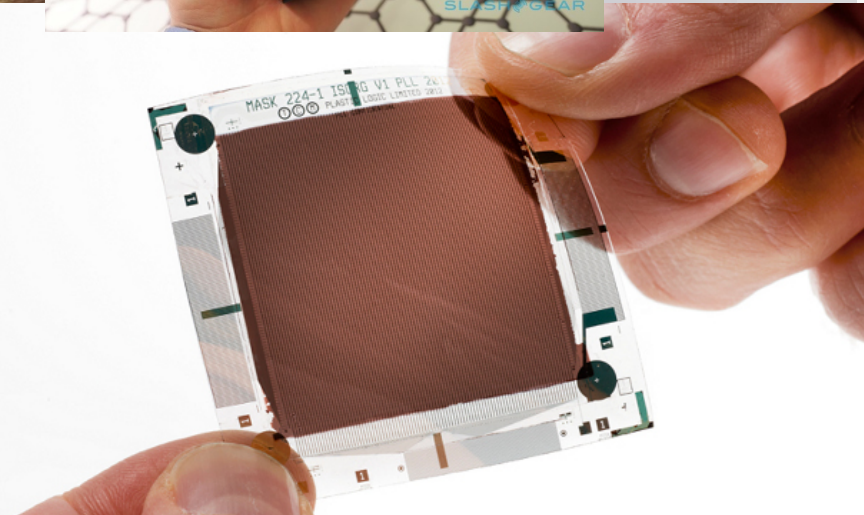
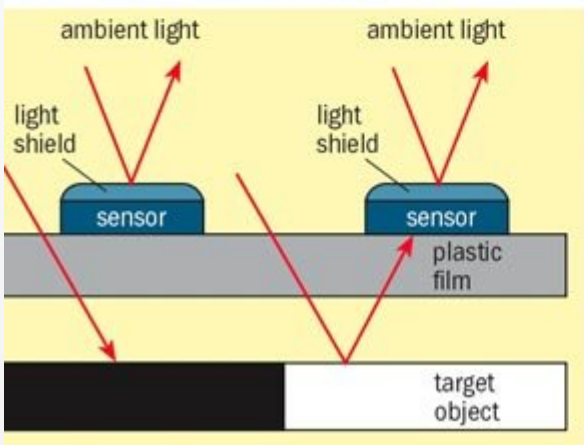
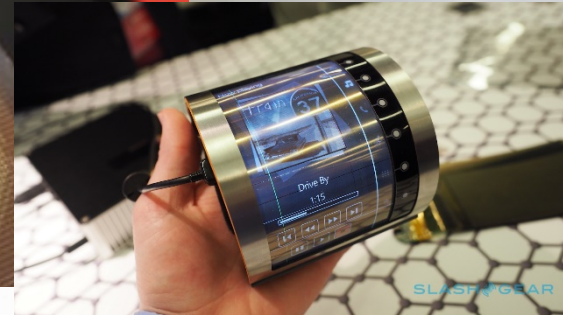




Světelné detektory



Snímače otisků
 Snímání gest
 Bezdotykové ovládání
 Kombinace s displejem

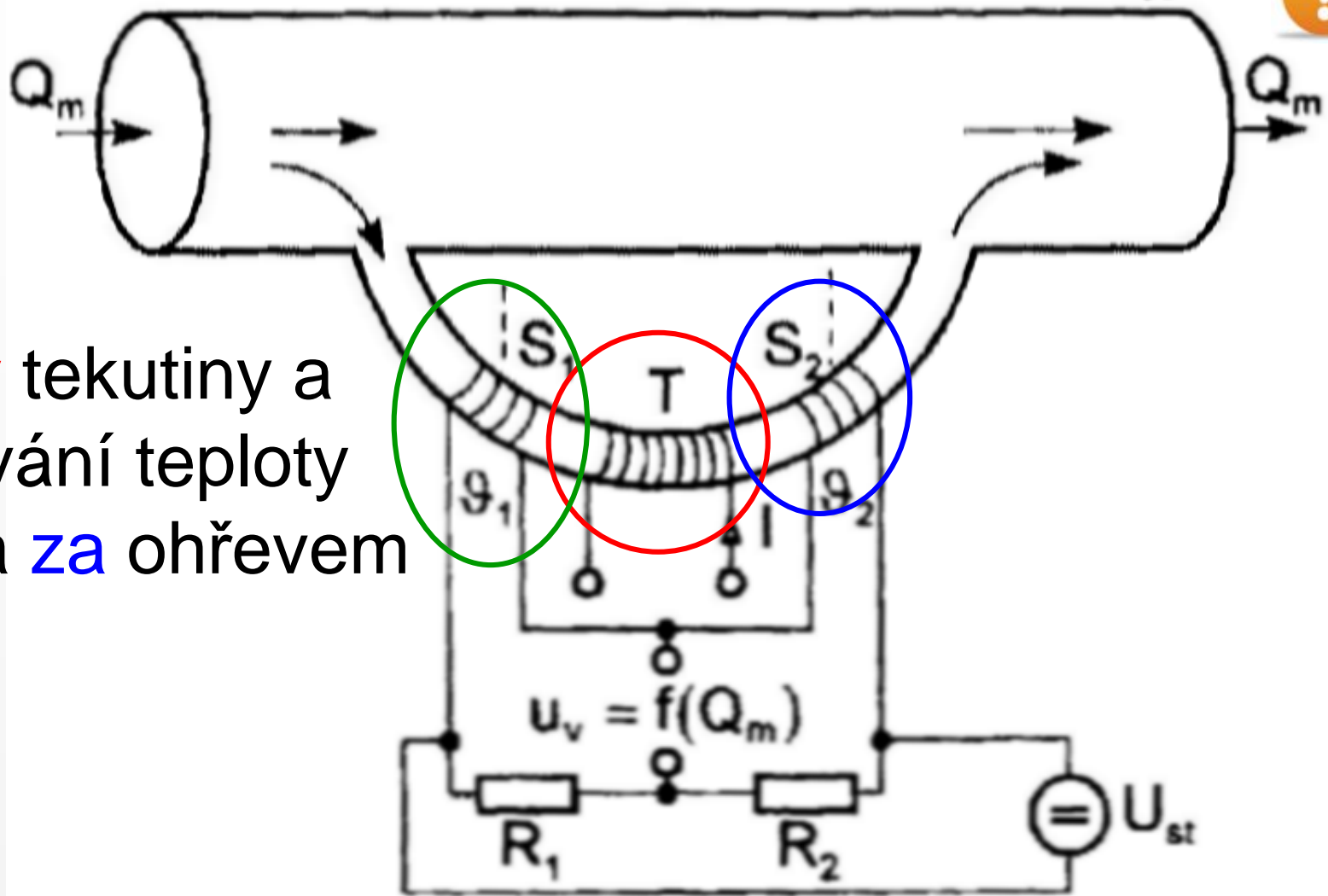




SENZORY PRŮTOKU

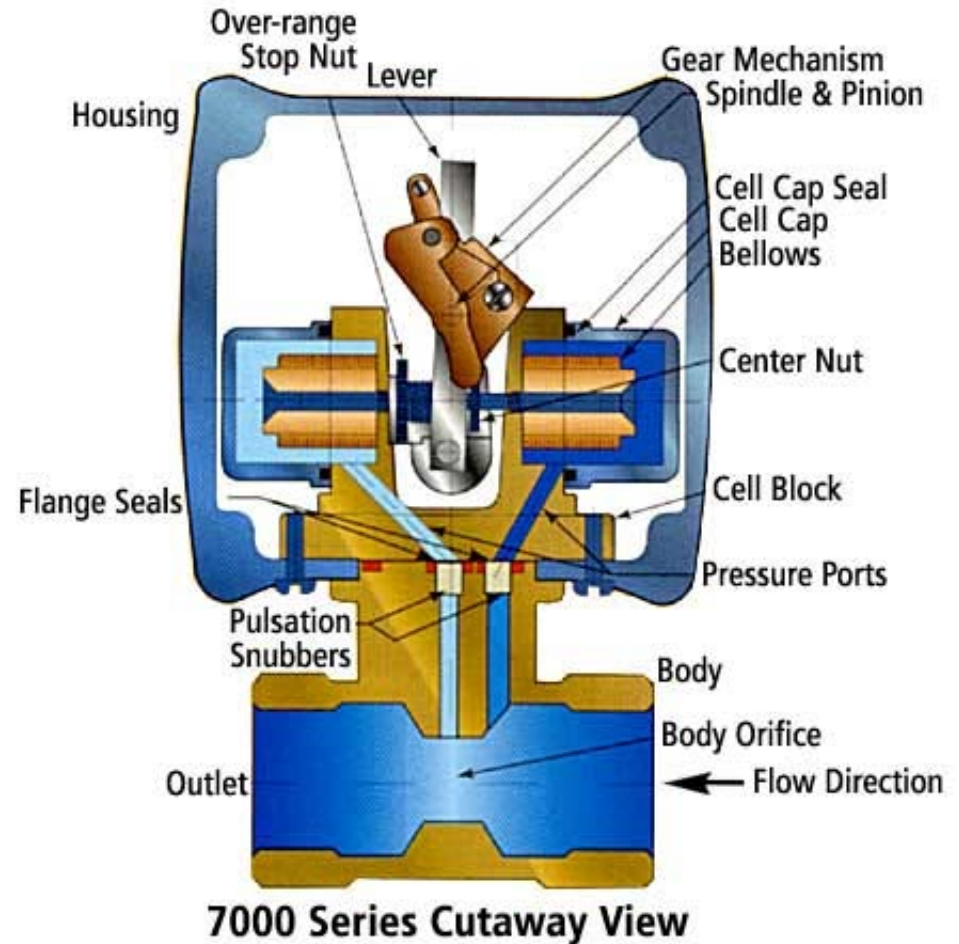


Ohřev tekutiny a sledování teploty před a za ohřevem





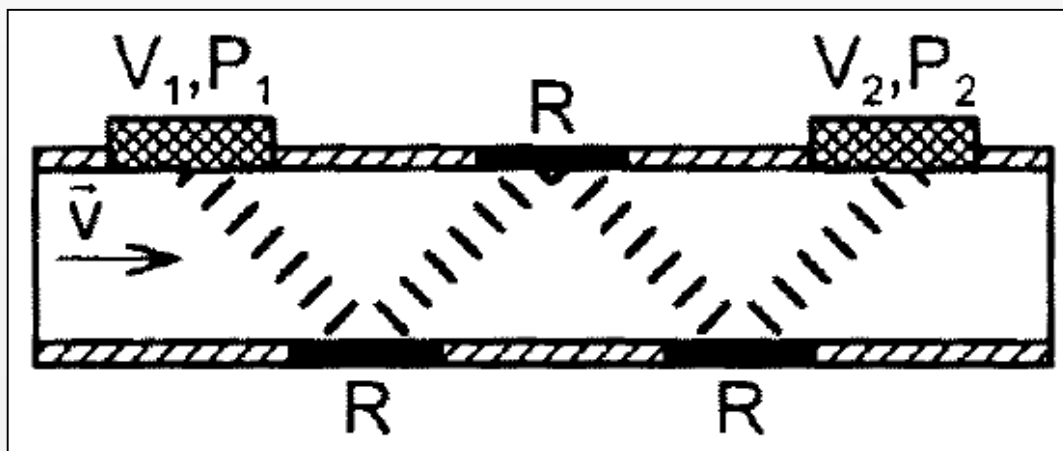
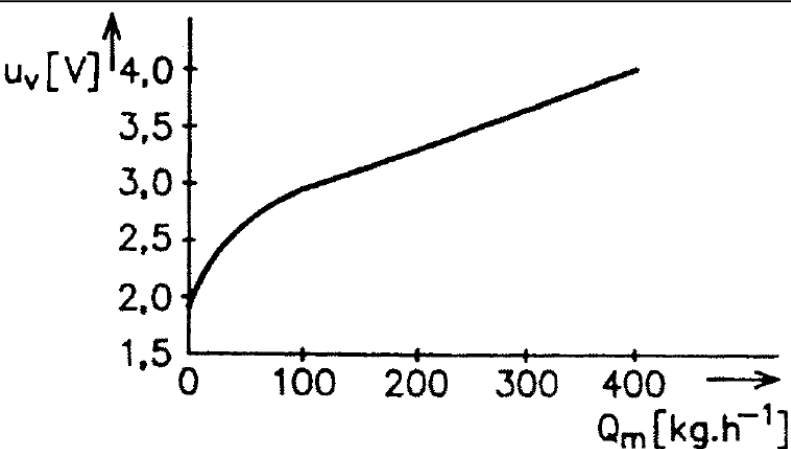
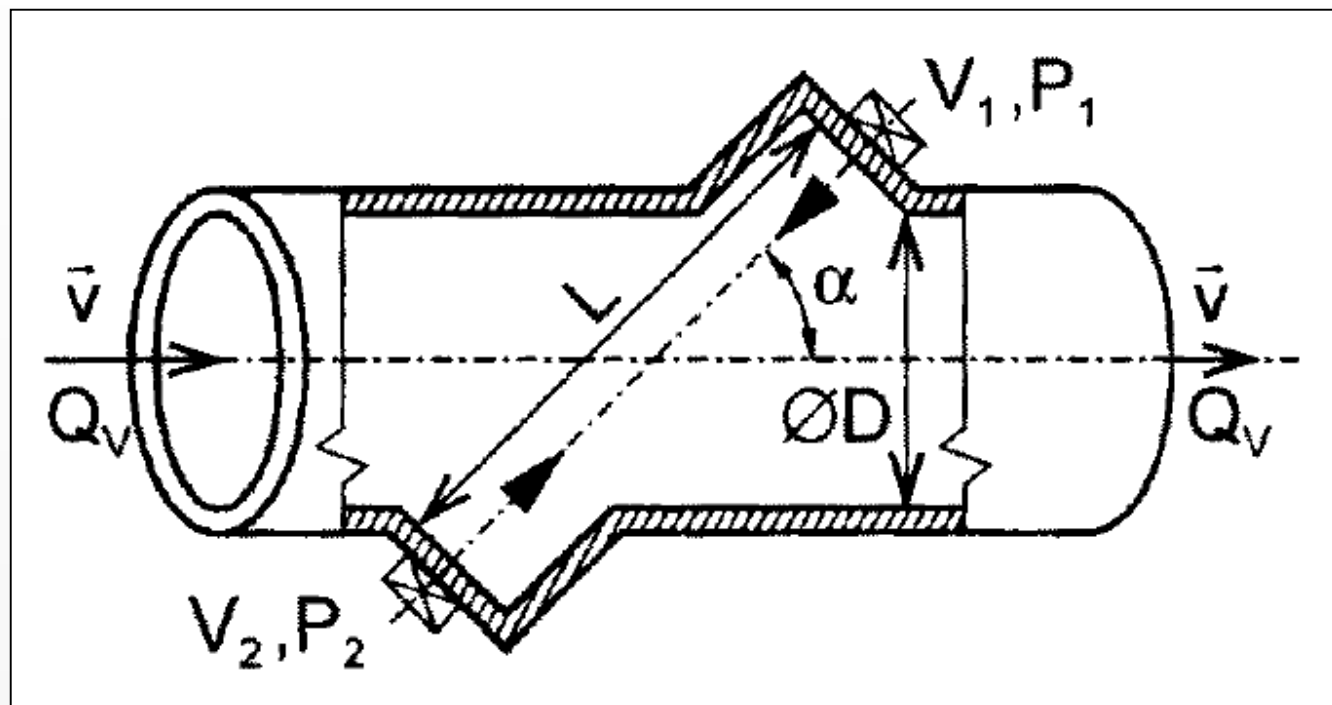
Senzory průtoku



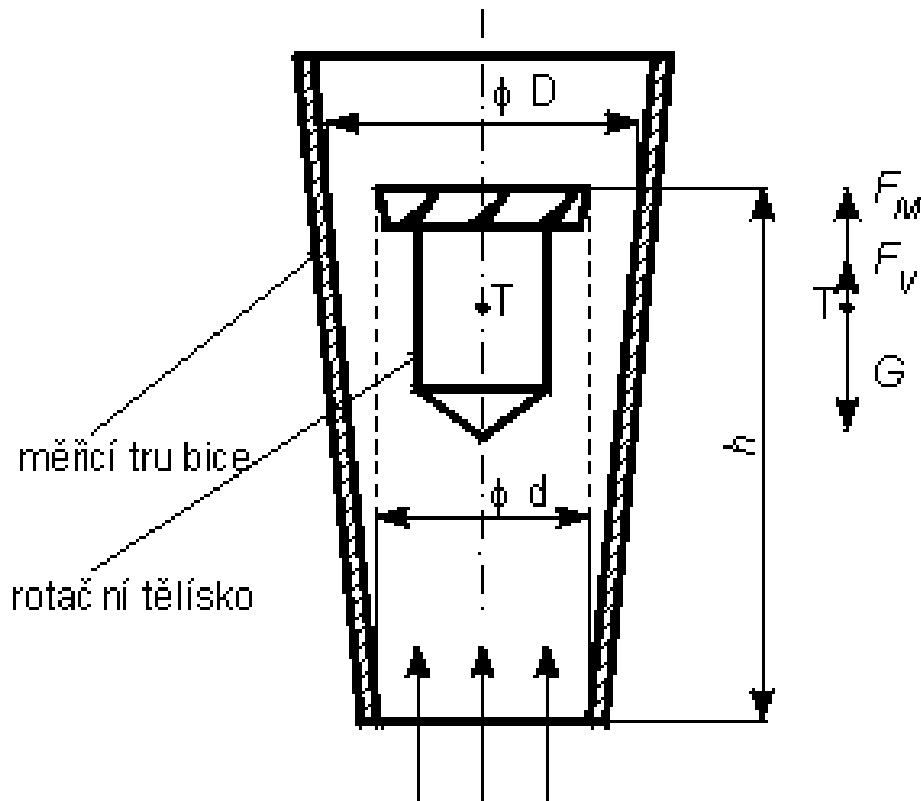


Senzory průtoku

Ultrazvukové Náročná kalibrace



Rotametry



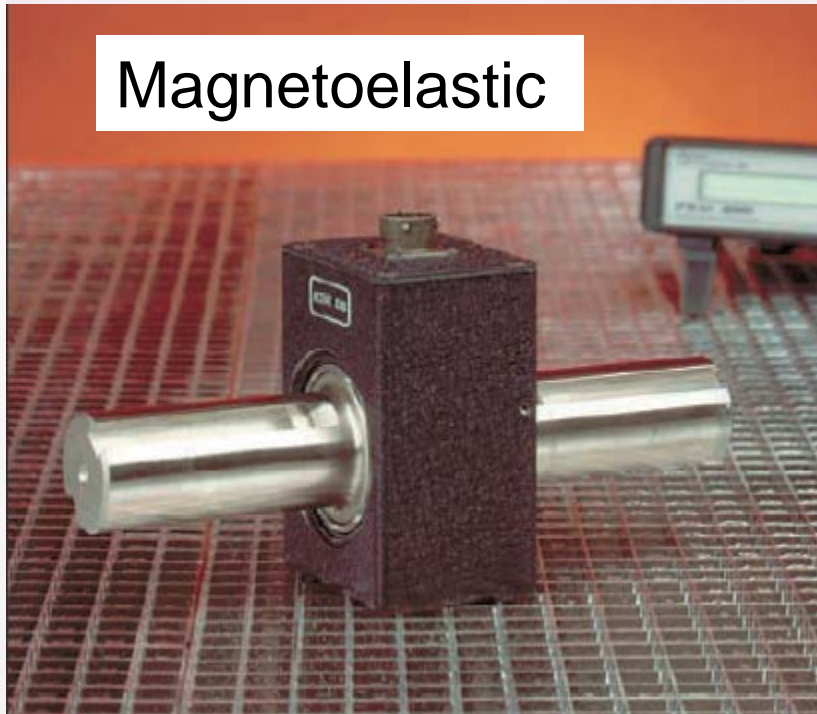
$$\Delta p = \frac{V_T \cdot g (\rho_T - \rho)}{s}$$

V_T (m^3) objem tělíška
 r_T (kg m^{-3}) hustota tělíška
 r (kg m^{-3}) hustota média
 g (m s^{-2}) gravitační zrychlení
 s (m^2) je maximální průřez tělíška

Snímače krouťícího momentu



Strain Gauge
tenzometrické



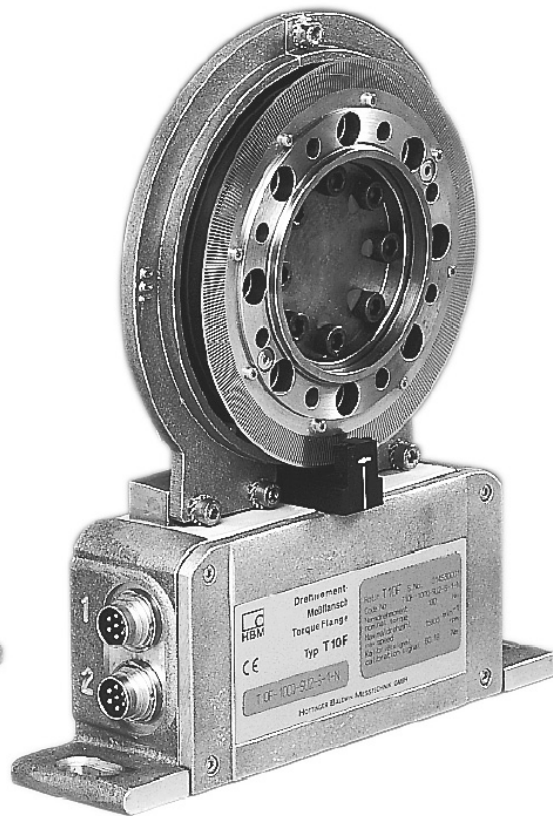
Magnetoelastic



Piezoelectric

<http://www.ite.tul.cz>

Snímače krouťícího momentu

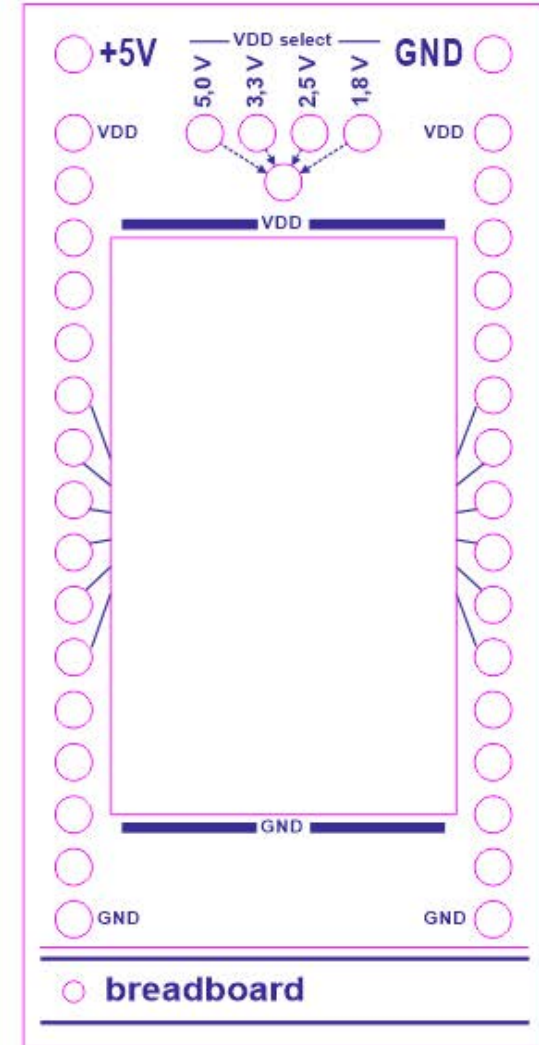
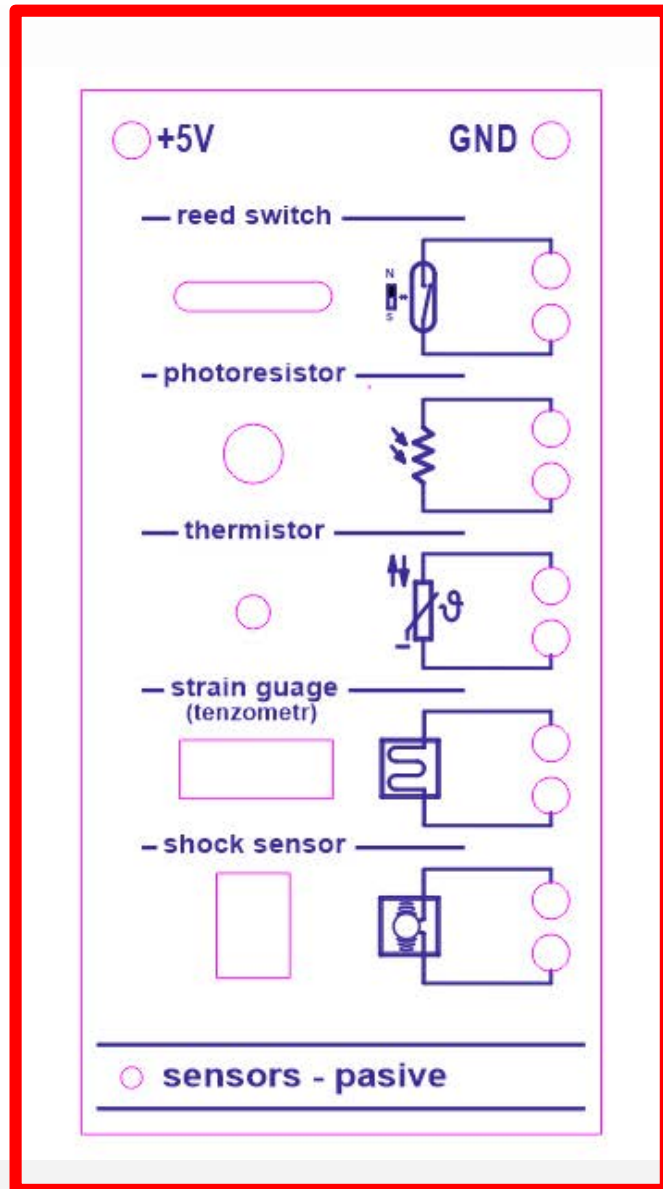
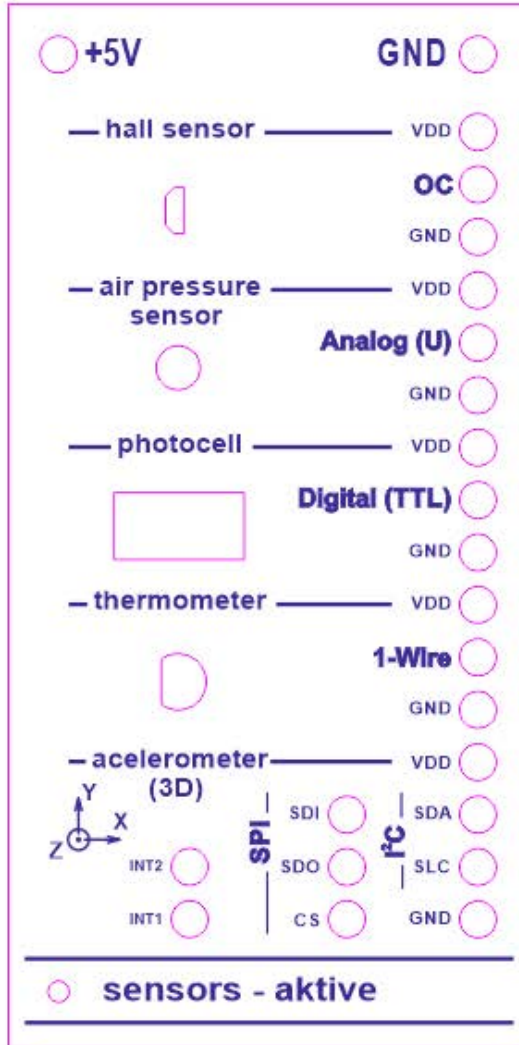


<http://www.ite.tul.cz>

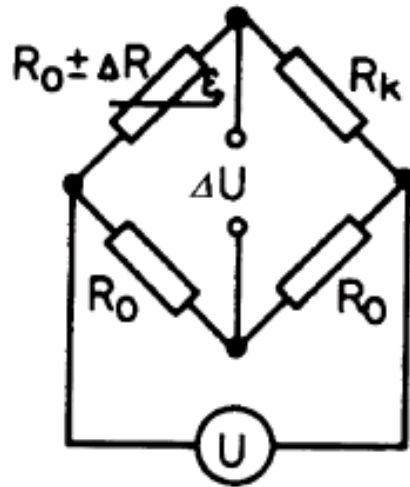




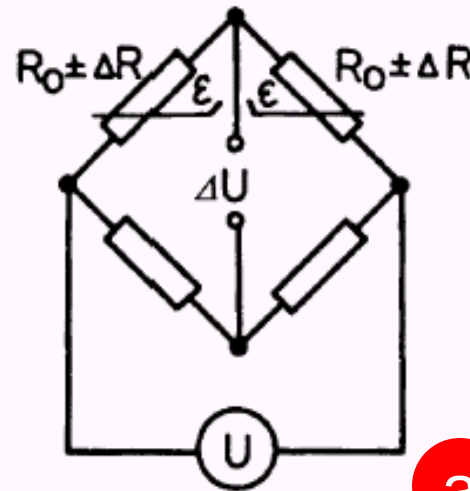
Snímače na cvičení



Zapojení do můstku

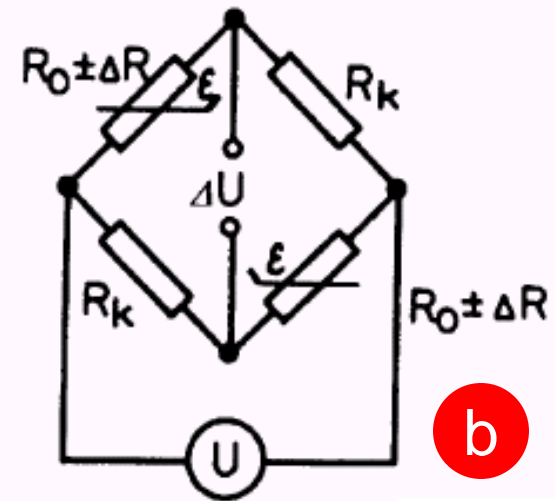


Čtvrtmůstek



Půlmůstek

a



Půlmůstek

b

Kompenzační tenzometr má stejné parametry a je vystaven stejným podmínkám jako měřicí tenzometr, nesmí být však namáhán.

Zapojení dvou měřicích tenzometrů (dvojnásobná citlivost - eliminace vlivu teploty)

- a) Souhlasně namáhány
- b) Nesouhlasně namáhány



Rozšířený Ohmův zákon ;)

P = Watts

$$\text{Watts} = \text{Volts} \times \text{Amperes}$$

$$\text{Watts} = \text{Amperes}^2 \times \text{Ohms}$$

$$\text{Watts} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Ohms}}$$

V = Volts

$$\text{Volts} = \sqrt{\text{Watts}} \times \text{Ohms}$$

$$\text{Volts} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}}$$

$$\text{Volts} = \text{Ohms} \times \text{Amperes}$$

I = Amperes

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Volts}}{\text{Ohms}}$$

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Watts}}{\text{Volts}}$$

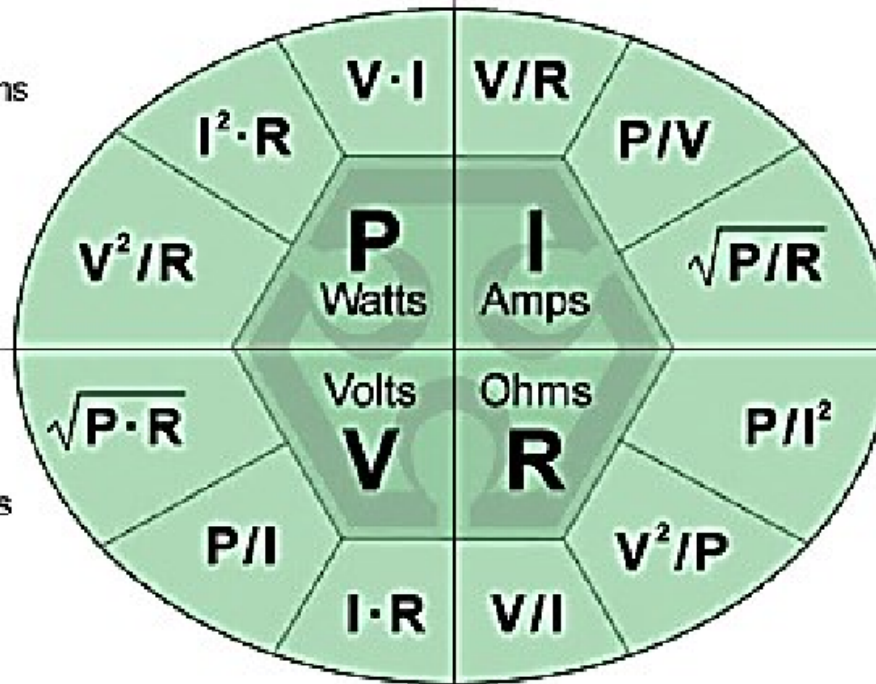
$$\text{Amperes} = \sqrt{\frac{\text{Watts}}{\text{Ohms}}}$$

R = Ohms

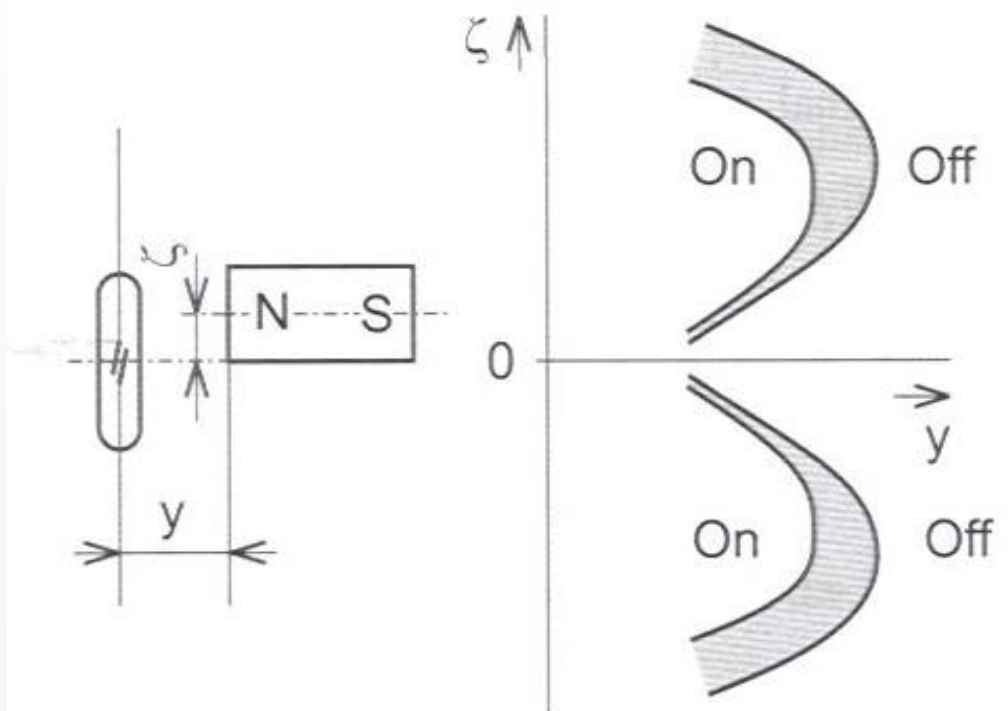
$$\text{Ohms} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}^2}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}^2}{\text{Watts}}$$

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}}$$



Jazýčkový kontakt (reed switch)





Jazýčkový kontakt (reed switch)

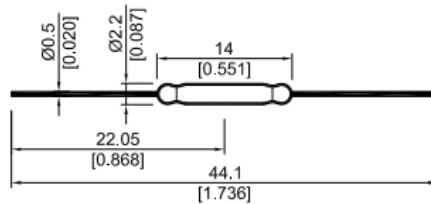


KSK-1A66-...

MEDER electronic

DIMENSIONS

All dimensions in mm [inches]



CHARACTERISTICS

- Glass length of 14 mm and diameter of 2.2 mm
- Normally open 1 Form A contact
- Excellent for most applications and long life expectancy

CONTACT DATA

All Data at 20 °C	Switch Model → Contact Form →	KSK-1A66-... Form A			
Contact Ratings	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Switching Power*	Any DC combination of V and A not to exceed their individual max.'s			10	W
Switching Voltage	DC or peak AC			200	V
Switching Current	DC or peak AC			0.5	A
Carry Current	DC or peak AC			1.25	A
Static Contact Resistance	at 0.5 V & 10 mA			150	mΩ
Dynamic Contact Resistance	measured w/ 0.5 V & 50 mA, 1.5 ms after closure			200	mΩ
Insulation Resistance cross Contacts	100 Volts applied	10 ¹⁰			Ω
Breakdown Voltage	> 60 sec.	225			VDC
Operate Time incl. Bounce	100 % overdrive			0.5	ms
Release Time	measured with/ no coil suppression			0.1	ms
Capacitance	at 10 kHz across contact		0.2		pF





Fotorezistor (photoresistor)



PGM CDS Photoresistors

Terminology

- **Light Resistance :**

Measured at 10 lux with standard light A (2854K-color temperature) and 2hr. preillumination at 400-600 lux prior testing.

- **Dark Resistance :**

Measured at 10th seconds after closing 10 lux.

- **Gamma characteristic :**

Under 10 lux and 100 lux and given by $\gamma = \log(R_{10}/R_{100}) / \log(100/10) = \log(R_{10}/R_{100})$
R10, R100: resistance at 10 lux and 100 lux.
The tolerance of γ is ± 0.1 .

- **Pmax :**

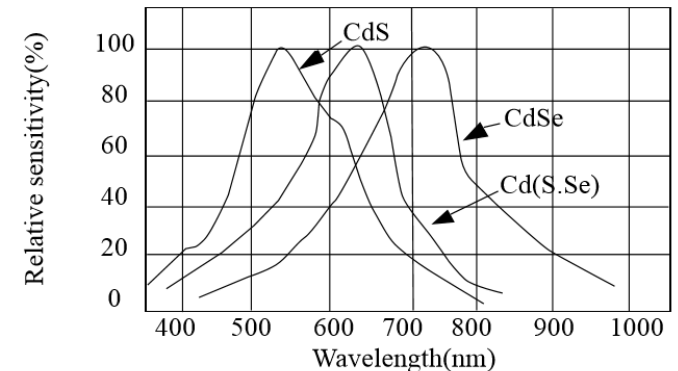
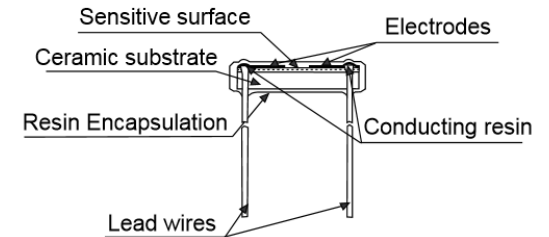
Max. power dissipation at ambient temperature of 25°C. At higher ambient temperature, the maximum power permissible may be lowered.

- **Vmax :**

Max. voltage in darkness that may be applied to the device continuously.

- **Spectral peak :**

Spectral sensitivity of photoresistors depends on the wavelength of light they are exposed to and in accordance with figure 'Spectral Response'.
The tolerance of spectral peak is $\pm 50\text{nm}$.



<http://www.ite.tul.cz>





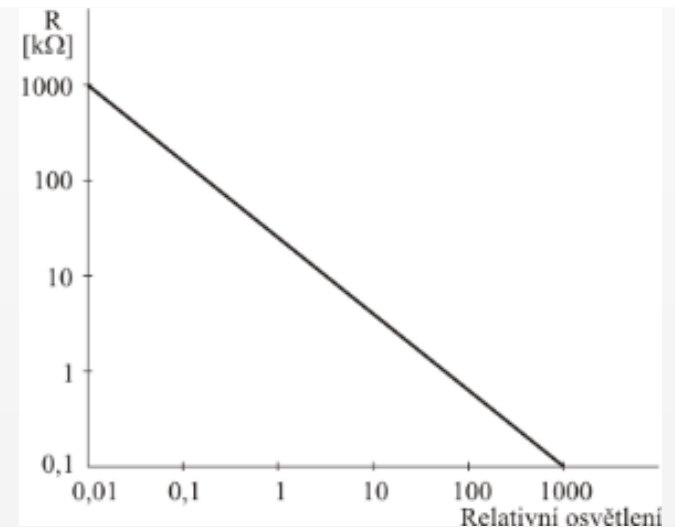
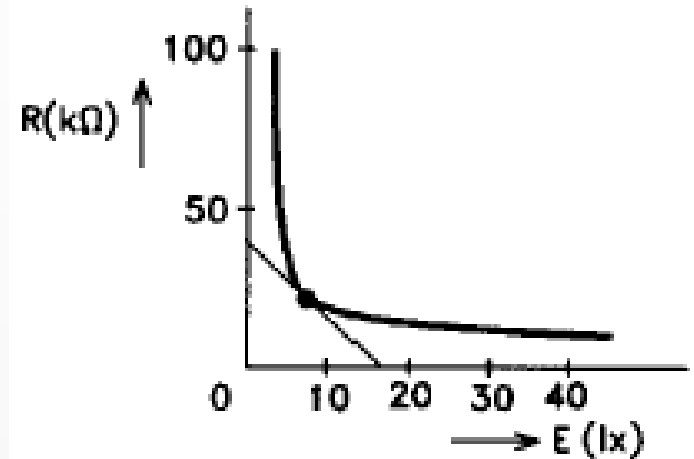
Fotorezistor (photoresistor)

fotoelektrický jev = zvyšování vodivosti působením světelného záření.

$$R = R_0 \cdot E^{-\alpha}$$

R_0 [Ω] = odpor při osvětlení 1 lx (závisí na geometrii rezistoru a na materiálu),

α = konstanta (závisí především na materiálu), 0,5 až 2.



Autor: Filip Albert – Vlastní dílo, CC BY-SA 3,0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6602695>





Fotorezistor (photoresistor)

Light Dependent Resistor



PGM5 CDS Photoresistors

▶ Electronics Characteristics

Model	V _{max} (VDC)	P _{max} (mW)	Ambient Temp (°C)	Spectral Peak (nm)	Photo Resistance (10Lx) (KΩ)	Dark Resistance (MΩ)min	γ _{min}	ResponseTime (ms)	
								Rise	Decay
PGM5506	100	90	-30 ~ +70	540	2 ~ 6	0.15	0.6	30	40
PGM5516	100	90	-30 ~ +70	540	5 ~ 10	0.2	0.6	30	40
PGM5526	150	100	-30 ~ +70	540	8 ~ 20	1.0	0.6	20	30
PGM5537	150	100	-30 ~ +70	540	16 ~ 50	2.0	0.7	20	30
PGM5539	150	100	-30 ~ +70	540	30 ~ 90	5.0	0.8	20	30
PGM5549	150	100	-30 ~ +70	540	45 ~ 140	10.0	0.8	20	30
PGM5616D	150	100	-30 ~ +70	560	5 ~ 10	1.0	0.6	20	30
PGM5626D	150	100	-30 ~ +70	560	8 ~ 20	2.0	0.6	20	30
PGM5637D	150	100	-30 ~ +70	560	16 ~ 50	5.0	0.7	20	30
PGM5639D	150	100	-30 ~ +70	560	30 ~ 90	10.0	0.8	20	30
PGM5649D	150	100	-30 ~ +70	560	50 ~ 160	20.0	0.8	20	30
PGM5659D	150	100	-30 ~ +70	560	150 ~ 300	20.0	0.8	20	30

<http://www.ite.tul.cz>

<http://www.tme.eu/>





NTC thermistor (thermistor)

4、Electrical characteristics

	Item	Symbol	Test conditions	Unit	Specification
4.1	Zero Power Resistance at 25°C	R ₂₅	T _a =25±0.05°C Test Power≤0.1mW Test in fluid liquid	KΩ	5±1%
4.2	B-value	B _{25/50}	$B=[(T_a \times T_b)/(T_b - T_a)] \times \ln(R_a/R_b)$ T _b =50°C±0.1°C	K	3470±1%
4.3	Thermal dissipation Coefficient	δ	In still air	mW/°C	≥2



R25=5K Ω TOLERANCE: ± 1%		B25/50=3470K TOLERANCE: ± 1% (P219-2)					
TEMP (°C)	RESISTANCE (K Ω)			RESISST-TOL (%)		TEMP-TOL (°C)	
	MIN	CENTER	MAX	△R	-△R	△T	-△T
-55	342.601	361.195	380.760	5.416	-5.147	0.740	-0.704
-54	314.746	331.544	349.203	5.326	-5.066	0.737	-0.701
-53	289.660	304.863	320.832	5.238	-4.986	0.733	-0.698
-52	267.018	280.802	295.267	5.151	-4.908	0.730	-0.695
-51	246.541	259.059	272.185	5.066	-4.832	0.726	-0.693
-50	227.984	239.371	251.301	4.983	-4.756	0.723	-0.690
-49	211.136	221.509	232.368	4.902	-4.682	0.719	-0.687
-48	195.810	205.274	215.173	4.822	-4.610	0.715	-0.684
-47	181.844	190.490	199.527	4.744	-4.538	0.711	-0.680
-46	169.094	177.004	185.266	4.667	-4.468	0.707	-0.677
-45	157.426	164.682	172.244	4.591	-4.399	0.703	-0.674

<http://www.tme.eu/>

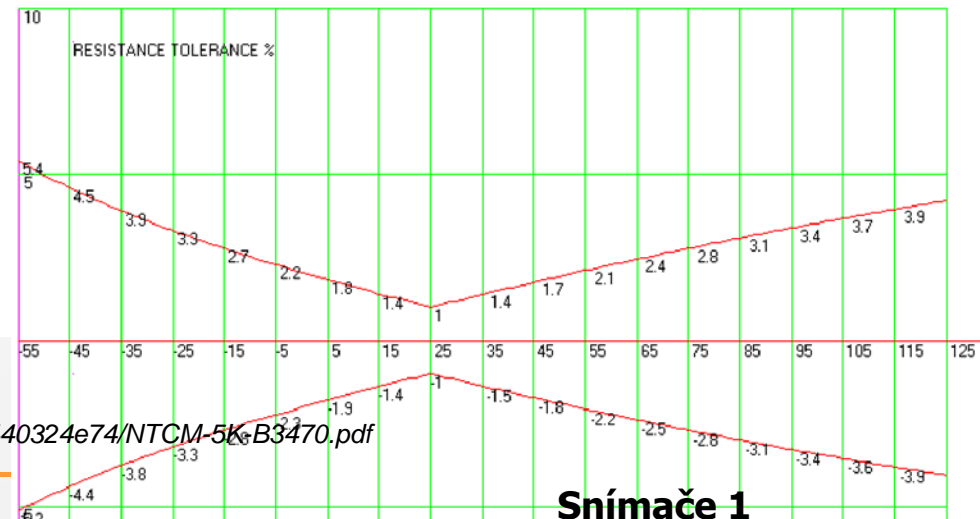
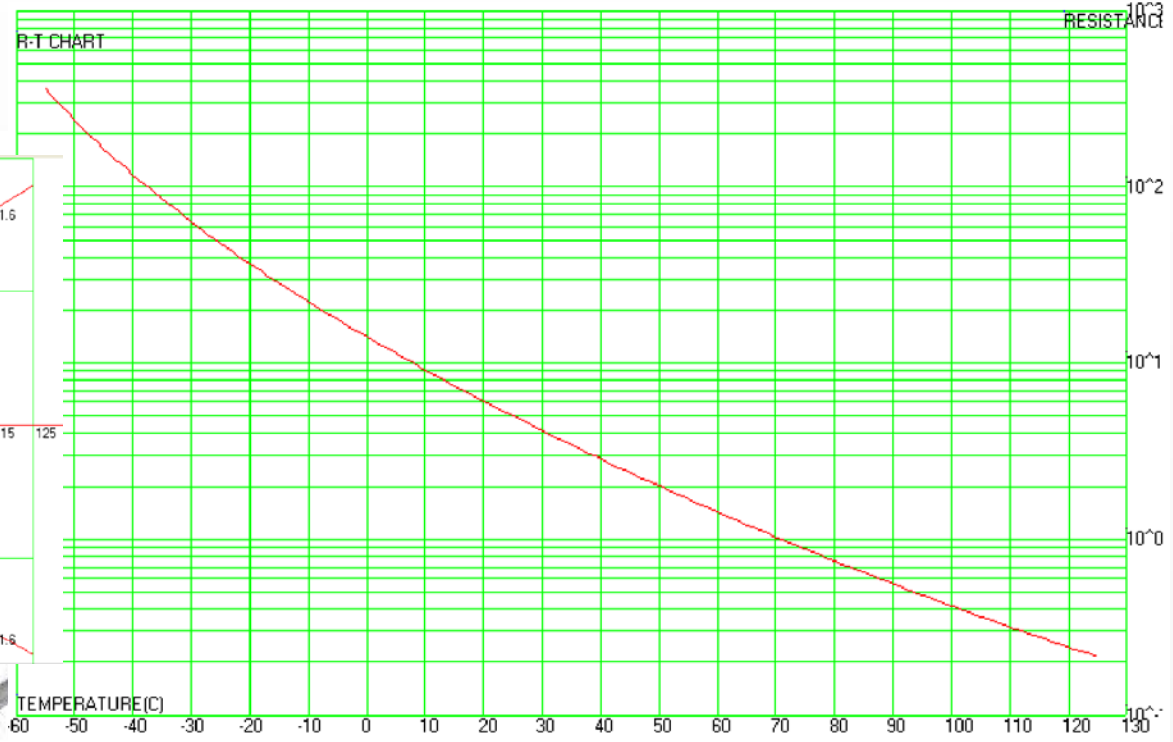
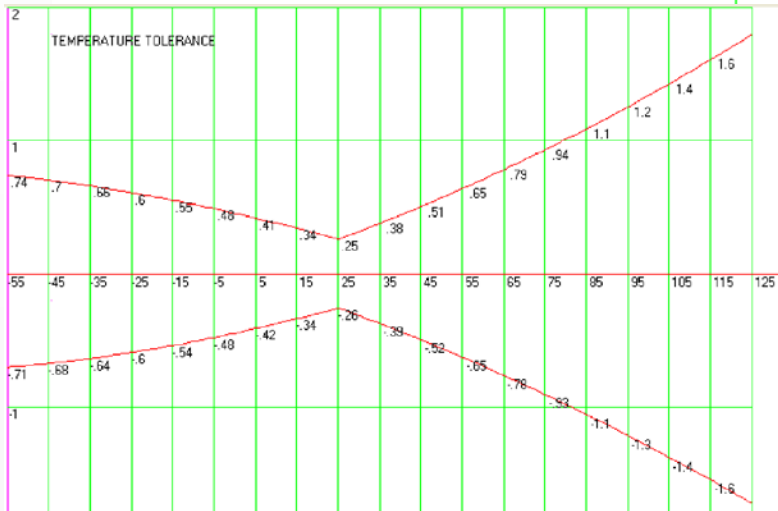
<http://www.tme.eu/cz/Document/0198c5dc0c1bf0e23b8e3b7440324e74/NTCM-5K-B3470.pdf>

<http://www.ite.tul.cz>





NTC thermistor (thermistor)



<http://www.tme.eu/>

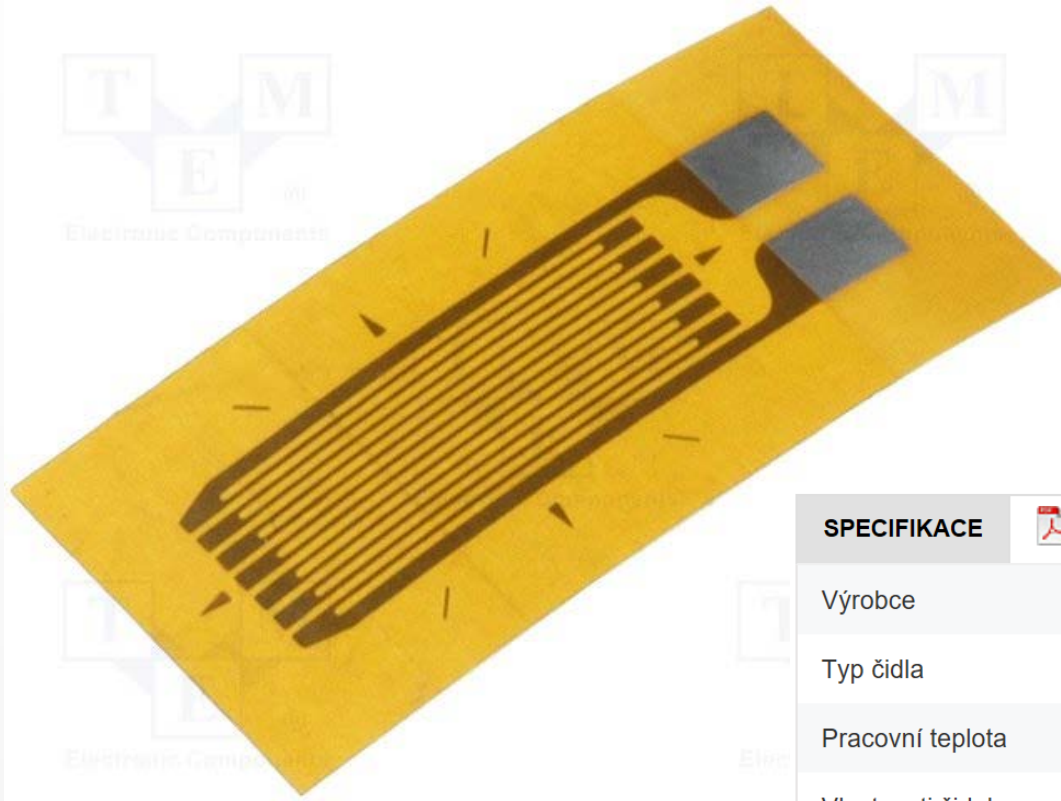
<http://www.tme.eu/cz/Document/0198c5dc0c1bf0e23b8e3b7440324e74/NTCM-5K-B3470.pdf>

Snímače 1

<http://www.ite.tul.cz>



Tenzometr (strain gauge)



SPECIFIKACE	TECHNICKÉ INFORMACE	MULTIMEDIA
Výrobce	TENMEX	
Typ čidla	fóliový tenzometr	
Pracovní teplota	-40...200°C	
Vlastnosti čidel	konstanta tenzometru 2,15	
Vnější rozměry	4.5 x 10 x 0.06mm	
Max. deformace	5%	
Tolerance	±0,5%	
Připojení	pájecí plošky	

<http://www.tme.eu/>

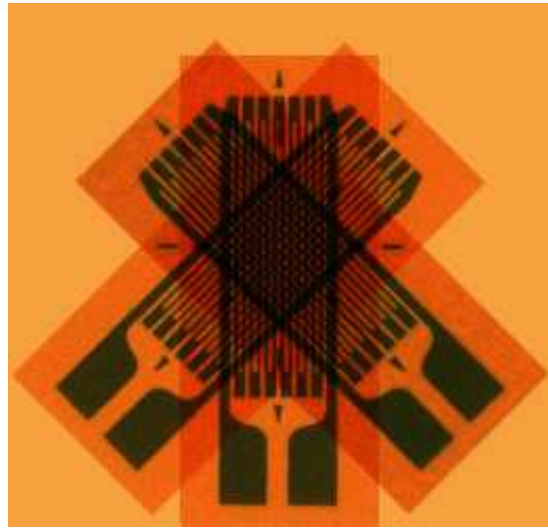
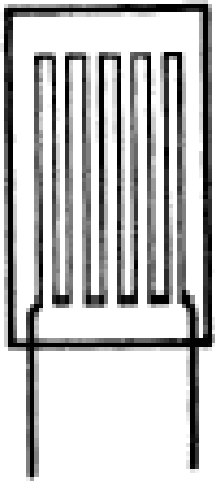
<http://www.ite.tul.cz>





Tenzometr (strain gauge)

Drátkové a foliové odporové tenzometry



$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Změna odporu závislá na změnách způsobených deformací tenzometru, tj. na změnách geometrických rozměrů nebo na změnách krystalografické orientace tenzometru.

...i polovodičové provedení



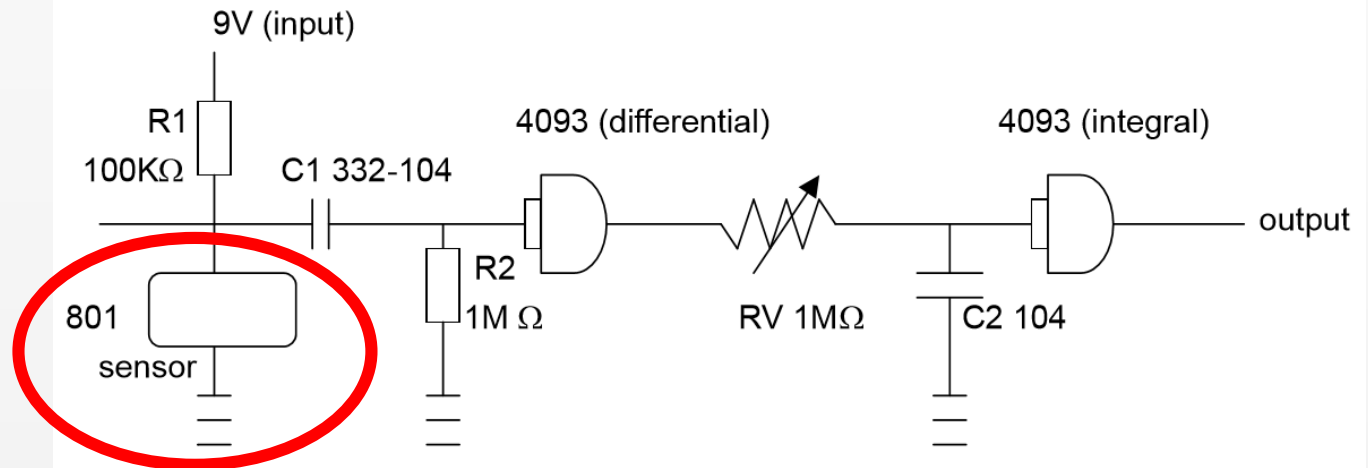


Čidlo vibrací (shock sensor)



SPECIFIKACE	TECHNICKÉ INFORMACE (1)	MULTIMEDIA
Výrobce	SENCERA	
Typ čidla	vibrační a pohybu	
Napájecí napětí	9V DC	
Pracovní teplota	-40...220°C	
Vlastnosti čidel	detekují pohyb nebo vibrace	
Vnější rozměry	Ø7 x 9.15mm	
Konfigurace výstupu	SPST-NO	

- Reference circuit:



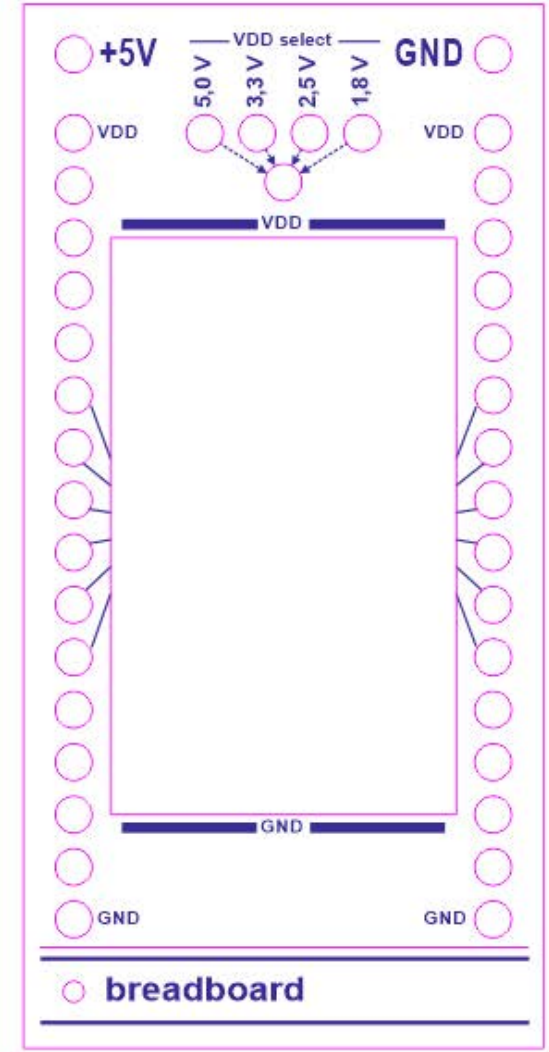
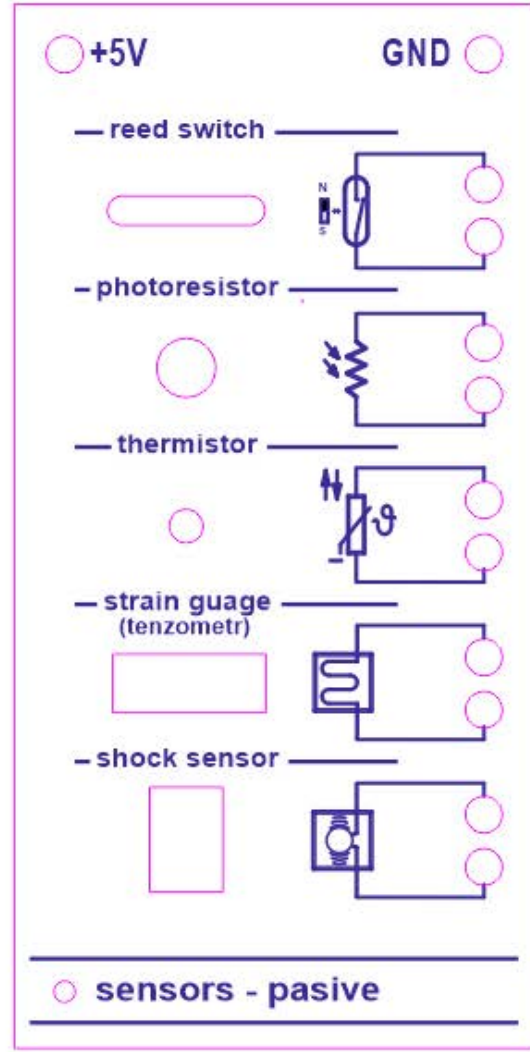
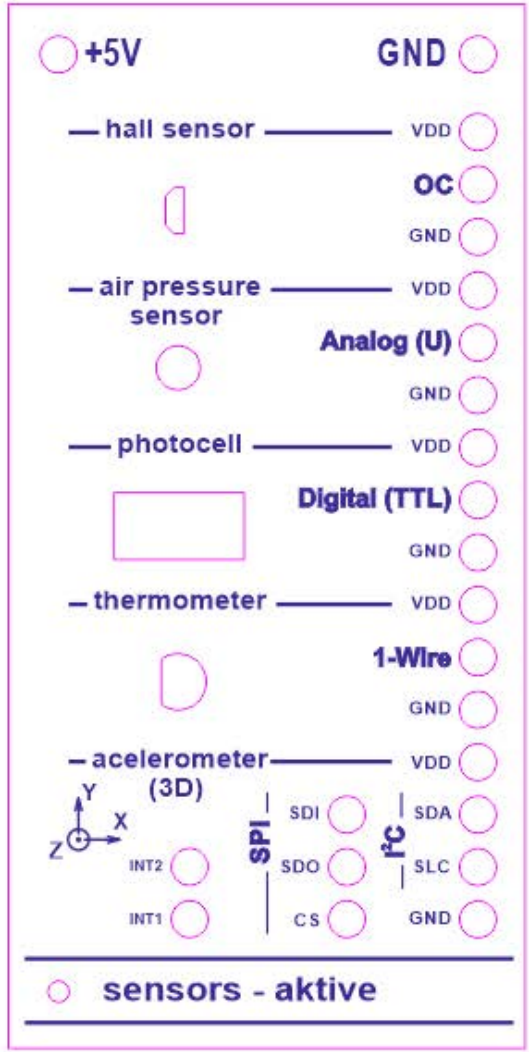
<http://www.tme.eu/>

<http://www.ite.tul.cz>





Snímače na cvičení



Hallův snímač (Hall Effect digital sensor)

Honeywell



Table 2. SS361RT/SS461R Absolute Maximum Ratings¹

Characteristic	Minimum	Typical	Maximum	Unit
Supply voltage	-26.0	-	28.0	Vdc
Applied output voltage	-0.5	-	28.0	V
Output current	-	-	20	mA
Magnetic flux	-	-	no limit	Gauss

Note 1: Absolute maximum ratings are the extreme limits that the device will withstand without damage to the device. However, the electrical and mechanical characteristics are not guaranteed as the maximum limits (above recommended operating conditions) are approached, nor will the device necessarily operate at absolute maximum ratings.

Figure 1. Typical Magnetic Characteristics

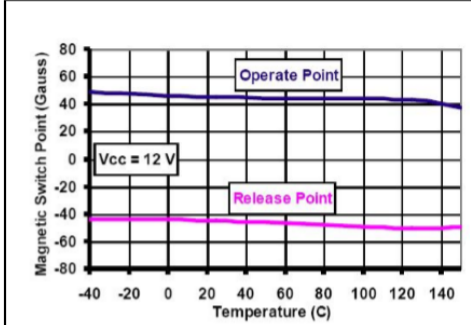


Figure 2. SS361RT Rated Supply Voltage

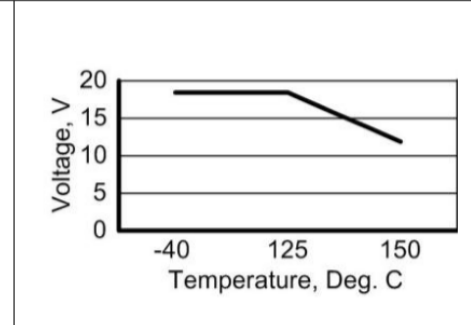
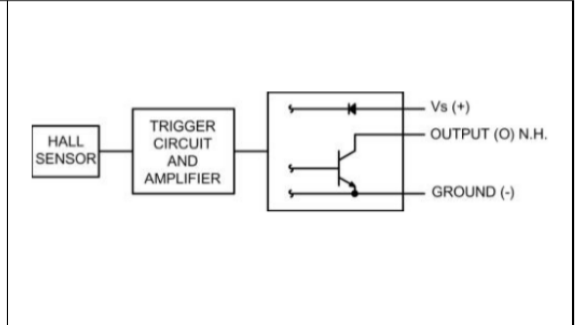


Figure 3. Current Sinking Output Block Diagram



Hallův snímač (HallEffect digital sensor)

Honeywell



POTENTIAL APPLICATIONS

Transportation

- Speed and RPM (revolutions per minute) sensing
- Tachometer, counter pickup
- Motor and fan control
- Electric window lift
- Convertible roof position
- Automotive transmission position

Industrial

- Speed and RPM sensing
- Tachometer, counter pickup
- Flow-rate sensing
- Brushless dc (direct current) motor commutation
- Motor and fan control
- Robotics control

Medical

- Motor assemblies
- Medication dispense control



Snímač tlaku (Gauge Pressure Sensor)

OMRON

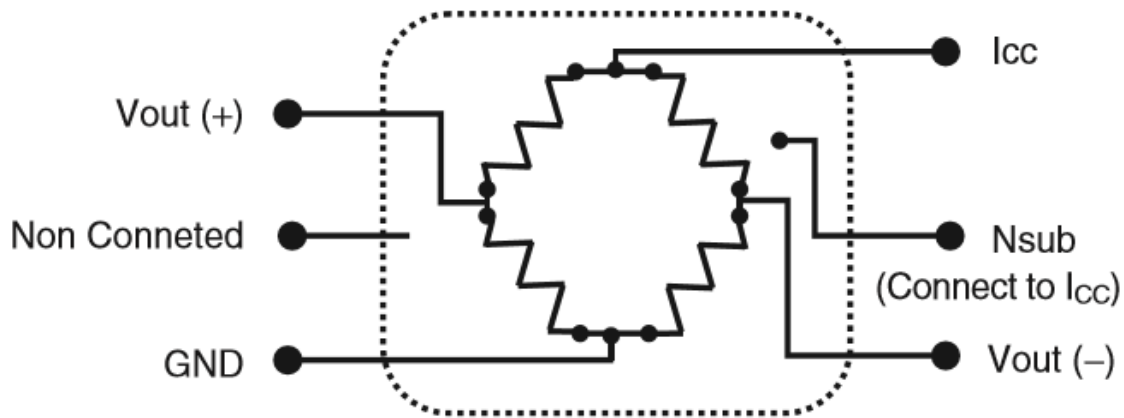


MEMS Gauge Pressure Sensor 2SMPP

MEMS Gauge Pressure Sensor Featuring Small Size and Low Power Consumption

- Ultra-miniature 6.1 × 4.7 × 8.2 mm (L × W × H).
- Piezo Resistive element provides electrical characteristics that are superior to capacitive type pressure sensors.
- 0 to 37 kPa (2SMPP-02) or -50 to 50 kPa (2SMPP-03) pressure range.
- Low Power consumption of 0.2 mW

Terminal Arrangement



Application Examples

- Medical equipment
- Home appliance
- Air movement control
- Level indicators
- Leak detection
- Pressure controller

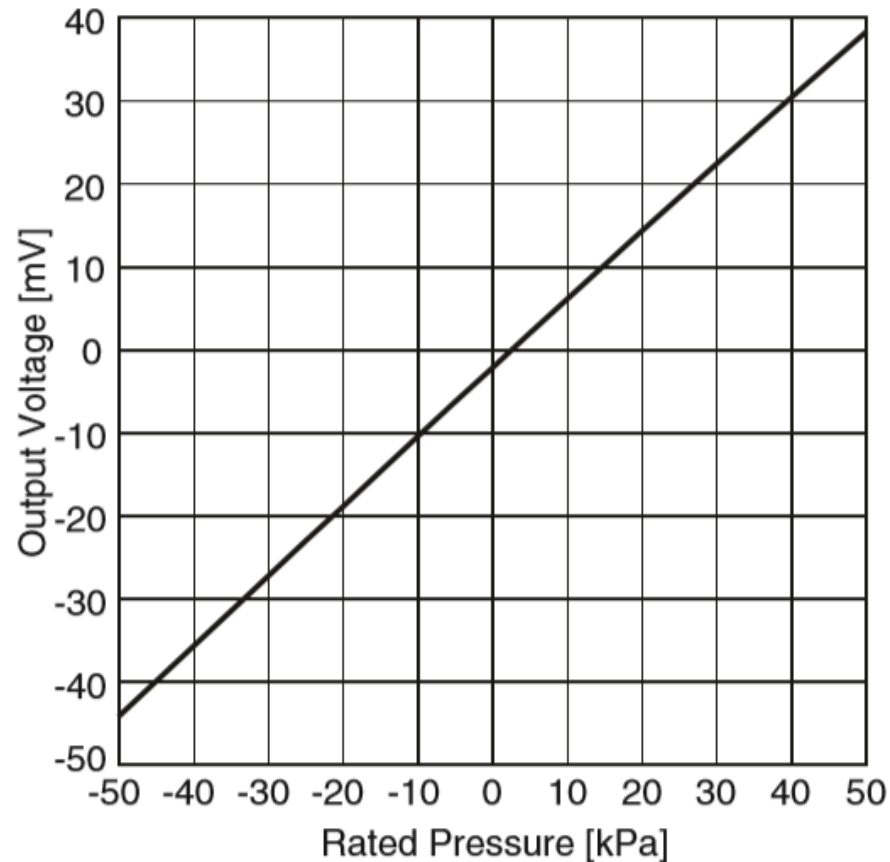


Snímač tlaku (Gauge Pressure Sensor)

OMRON



Output Characteristics - 2SMPP-03 Rated Pressure vs. Output Voltage



- Note:** 1. Ambient temperature condition: 25°C
2. Drive current: 100 μ A





Optická závora (photocell)



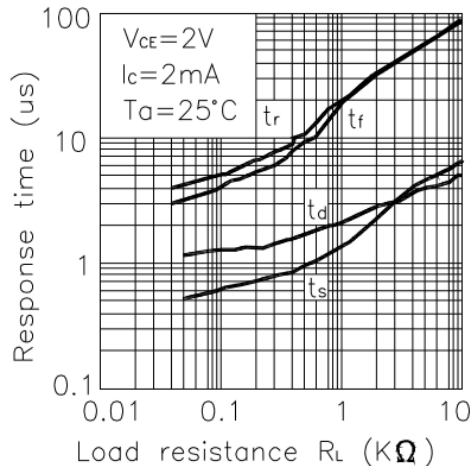
Kingbright



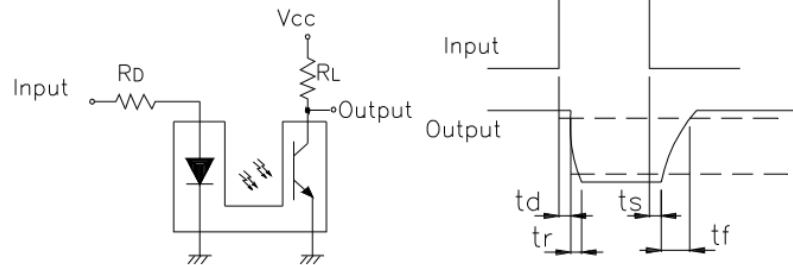
Absolute Maximum Ratings (TA=25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward Current	I_F	50	mA
	Reverse Voltage	V_R	6	V
	Power Dissipation	P_d	75	mW
	Peak Forward Current (Pulse Width $\leq 100\mu s$, Duty Cycle=1%)	I_{FP}	1	A
Output	Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-Collector Voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector Current	I_c	20	mA
	Collector Power Dissipation	P_c	75	mW
Operating Temperature		T_{opr}	-25~+85	°C
Storage Temperature		T_{stg}	-40~+100	°C
Soldering Temperature (1/16 inch from body for 5 seconds)		T_{sol}	260	°C

Fig.8 Response Time vs. Load Resistance



Test Circuit for Response Time



<http://www.tme.eu/cz>



Snímač teploty (temperature sensor)



LM19

www.ti.com

SNIS122E – MAY 2001 – REVISED MARCH 2013

LM19 2.4V, 10 μ A, TO-92 Temperature Sensor

Check for Samples: [LM19](#)



FEATURES

- Rated for Full -55°C to $+130^{\circ}\text{C}$ Range
- Available in a TO-92 Package
- Predictable Curvature Error
- Suitable for Remote Applications
- UL Recognized Component 

APPLICATIONS

- Cellular Phones
- Computers
- Power Supply Modules
- Battery Management
- FAX Machines
- Printers
- HVAC
- Disk Drives
- Appliances

DESCRIPTION

The LM19 is a precision analog output CMOS integrated-circuit temperature sensor that operates over a -55°C to $+130^{\circ}\text{C}$ temperature range. The power supply operating range is $+2.4\text{ V}$ to $+5.5\text{ V}$. The transfer function of LM19 is predominately linear, yet has a slight predictable parabolic curvature. The accuracy of the LM19 when specified to a parabolic transfer function is $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ at an ambient temperature of $+30^{\circ}\text{C}$. The temperature error increases linearly and reaches a maximum of $\pm 3.8^{\circ}\text{C}$ at the temperature range extremes. The temperature range is affected by the power supply voltage. At a power supply voltage of 2.7 V to 5.5 V the temperature range extremes are $+130^{\circ}\text{C}$ and -55°C . Decreasing the power supply voltage to 2.4 V changes the negative extreme to -30°C , while the positive remains at $+130^{\circ}\text{C}$.

The LM19's quiescent current is less than $10\text{ }\mu\text{A}$. Therefore, self-heating is less than 0.02°C in still air. Shutdown capability for the LM19 is intrinsic because its inherent low power consumption allows it to be powered directly from the output of many logic gates or does not necessitate shutdown at all.

KEY SPECIFICATIONS

- Accuracy at $+30^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ (max)
- Accuracy at $+130^{\circ}\text{C}$ & -55°C ± 3.5 to $\pm 3.8^{\circ}\text{C}$ (max)
- Power Supply Voltage Range $+2.4\text{V}$ to $+5.5\text{V}$
- Current Drain $10\text{ }\mu\text{A}$ (max)
- Nonlinearity $\pm 0.4\%$ (typ)
- Output Impedance $160\text{ }\Omega$ (max)
- Load Regulation
 - $0\text{ }\mu\text{A} < I_L < +16\text{ }\mu\text{A}$

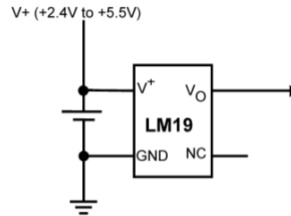
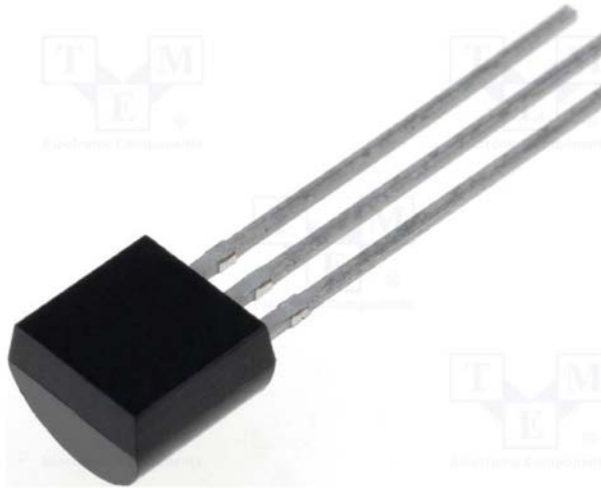
KEY SPECIFICATIONS

Accuracy at $+30^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ (max)



Snímač teploty (temperature sensor)

Typical Application



$$V_O = (-3.88 \times 10^{-6} \times T^2) + (-1.15 \times 10^{-2} \times T) + 1.8639$$

or

$$T = -1481.96 + \sqrt{2.1962 \times 10^6 + \frac{(1.8639 - V_O)}{3.88 \times 10^{-6}}}$$

where:
T is temperature, and V_O is the measured output voltage of the LM19.

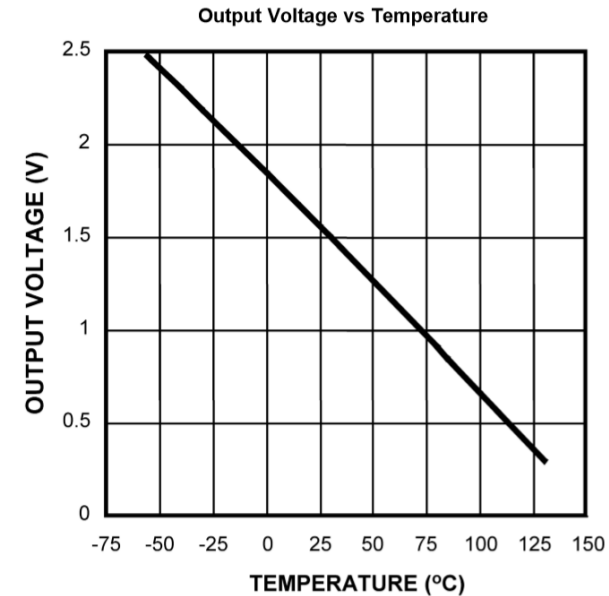


Figure 1. Full-Range Celsius (Centigrade) Temperature Sensor (-55°C to +130°C) Operating from a Single Li-Ion Battery Cell

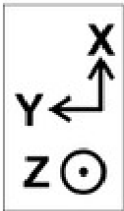
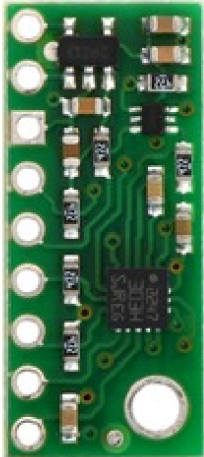
Temperature (T)	Typical V_O
+130°C	+303 mV
+100°C	+675 mV
+80°C	+919 mV
+30°C	+1515 mV
+25°C	+1574 mV
0°C	+1863.9 mV
-30°C	+2205 mV
-40°C	+2318 mV
-55°C	+2485 mV



Snímač polohy (3D Compass and Accelerometer Carrier)

Pololu
Robotics & Electronics

VDD (3.3V Out)
VIN (2.5–5.5V)
GND
SDA/SDI/SDO
SCL/SPC
SDO/SA0
CS
INT2
INT1



LSM303D 3D compass and accelerometer carrier with voltage regulator, labeled top view.

Specifications

- **Dimensions:** 0.4" × 0.9" × 0.1" (10 × 23 × 3 mm)
- **Weight without header pins:** 0.6 g (0.02 oz)
- **Operating voltage:** 2.5 V to 5.5 V
- **Supply current:** 5 mA
- **Output format (I²C/SPI):**
 - **Accelerometer:** one 16-bit reading per axis
 - **Magnetometer:** one 16-bit reading per axis
- **Sensitivity range (configurable):**
 - **Accelerometer:** ±2, ±4, ±6, ±8, or ±16 g
 - **Magnetometer:** ±2, ±4, ±8, or ±12 gauss



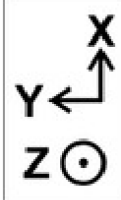


Snímač polohy (3D Compass and Accelerometer Carrier)

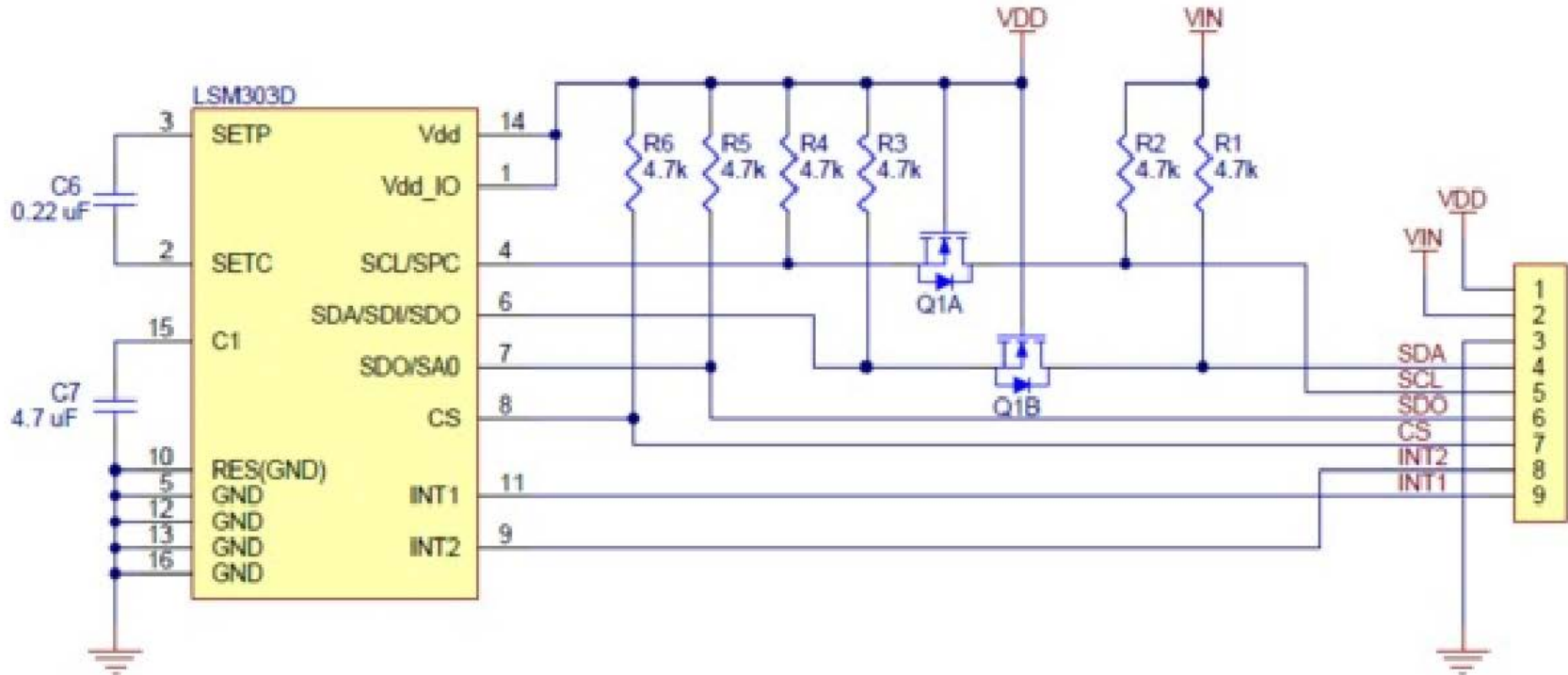
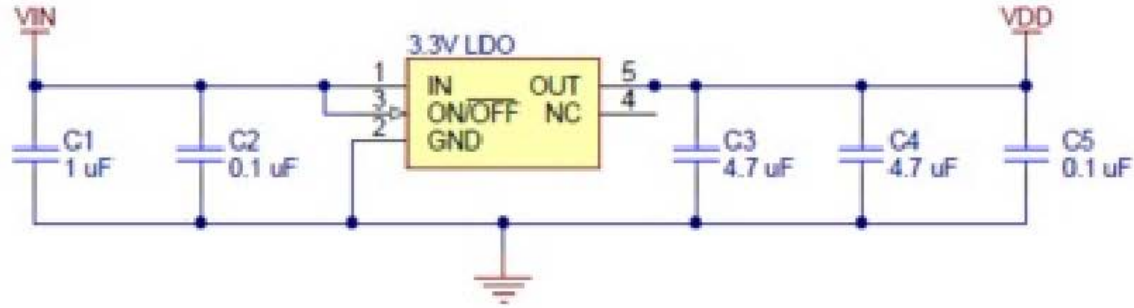


VDD
VIN

SDA



LSM303D
carrier with v





Děkuji za pozornost...

Zdeněk Plíva
zdenek.pliva@tul.cz
Tel.: 3536

