

# **Snímače tlaku**

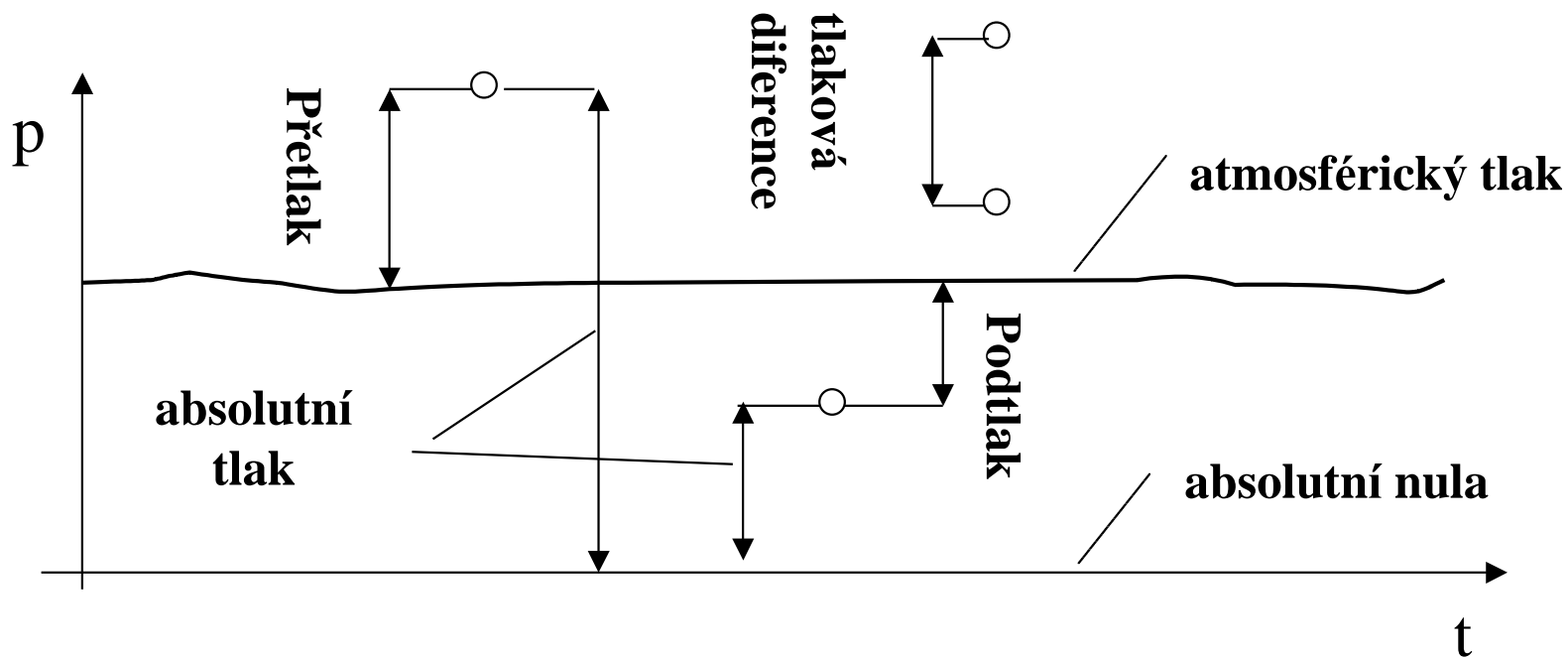
**VOŠ a SPŠ Kutná Hora**

# Základní pojmy

## F Definice tlaku:

Síla působící kolmo na jednotku plochy

$$p = \frac{F}{S} \quad [\text{Pa}, \text{N}, \text{m}^2]$$



# Rozdělení tlakoměrů

## F Podle měřeného tlaku

- G manometry - přetlak
- G barometry - atmosférický tlak
- G vakuometry - podtlak
- G diferenční tlakoměry - tlaková diference

## F Podle principu

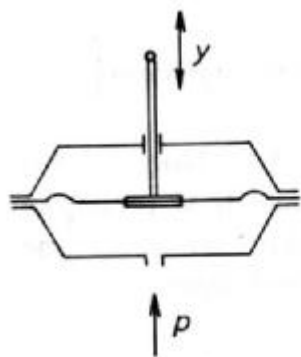
- G kapalinové
- G pístové
- G deformační

# Deformační tlakoměry s mech. výstupem

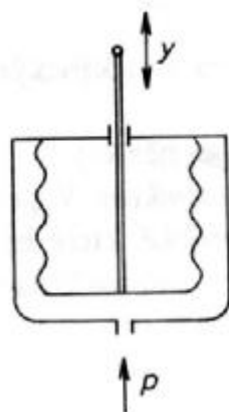
## F Princip

- G Převod tlaku na sílu, která způsobí pružnou deformaci tlakoměrného členu

## F Druhy tlakoměrných členů



membrána



vlanovec



bourdonova trubice

# Tlakoměrné členy

## F Membrána

- G tenká pružná deska kruhového tvaru
- G soustředné vlny (linearita, pružnost)
- G uzavřena v přírubách
- G vyztužená střední část
- G materiál - pryž, nerezová ocel, tombak, křemík
- G měřicí rozsah - 1 kPa až 1MPa
- G malý zdvih

## F Vlnovec

- G kovová trubice vyválcovaná do vln
- G materiál - nerezová ocel, tombak
- G měřicí rozsah - do 25MPa
- G větší zdvih

## F Bourdonova trubice

- G oválný nebo eliptický průřez
- G materiál - nerezová ocel, tombak
- G nejvyšší tlaky

# Deformační tlakoměry s el. výstupem

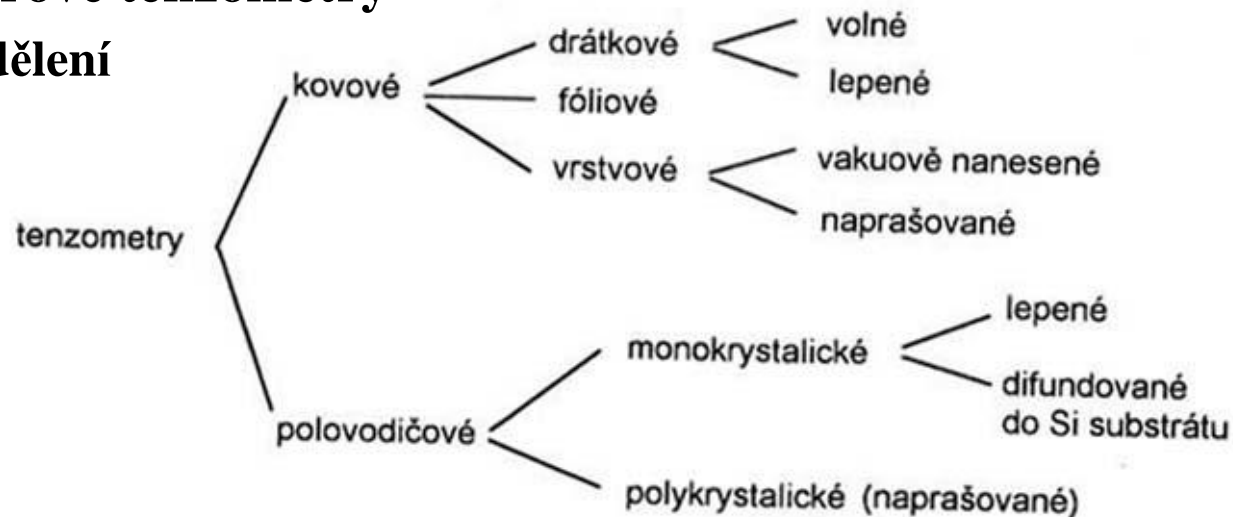
## F deformační člen + převodník (síla $\otimes$ el. veličina)

### G Tenzometry (snímače mechanického namáhání)

- odporové
- kapacitní
- piezoelektrické
- optické

### G Odporové tenzometry

rozdělení



# Odporové kovové tenzometry

## Drátové tenzometry

### Tenzometry s volnou mřížkou

nelepí se na objekt

do pružného členu jsou vetknuty izol. kolíčky (safír)

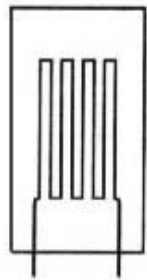
mezi kolíčky je několik závitů odpor. drátku

výhoda - nezkraslený přenos deformace z objektu na senzor

### Tenzometry lepené (obr. a)

odporový drátek je přilepen k izolační podložce

izolační podložka se lepí na siloměrný člen



a)



b)



c)

## Fóliové tenzometry

### Lepené fol. tenzometry (obr. b)

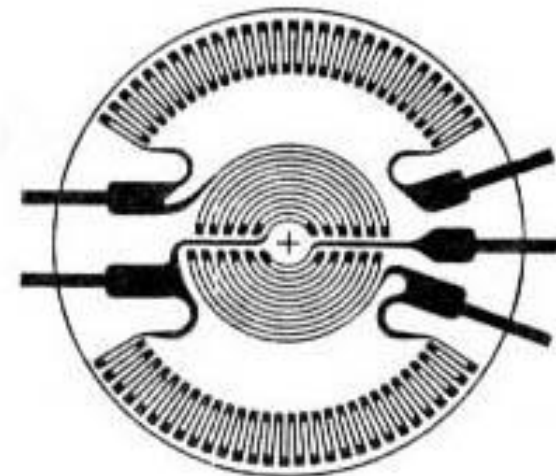
tenké kovové fólie (5 $\mu$ m)

nosné izolační podložky (např. polyamid tl. 20  $\mu$ m)

nejpoužívanější kovové tenzometry  
realizace na membráně (rozeta)

Vr

N



. c)

# Odporové polovodičové tenzometry

## Vlastnosti

velká citlivost

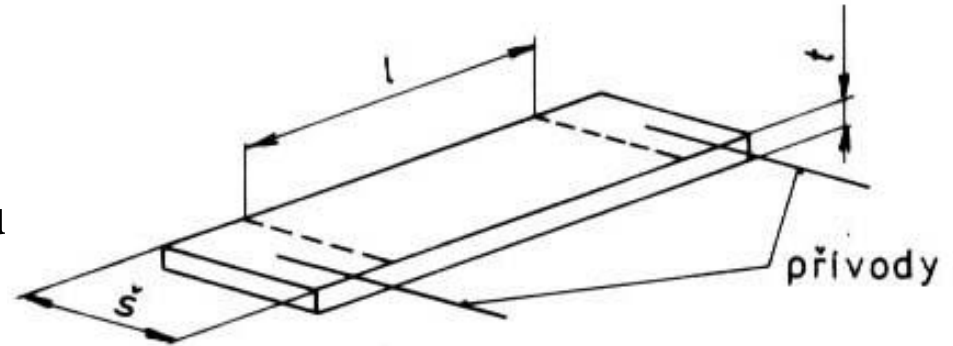
teplotní závislost odporu

snadná integrace do siloměrného členu

## Monokrystalické lepené tenzometry

destička z monokrystalu křemíku

tenzometr se lepí na siloměrný člen



## Snímač tlaku se siloměrným členem

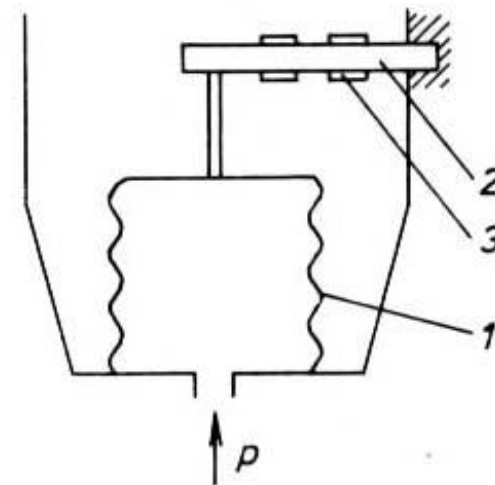
tlakoměrný člen - vlnovec (1)

siloměrný člen - vetknutý nosník (2)

nalepené tenzometry (3)

**nevýhody** - mechanické prvky, zkreslený  
přenos deformace na tenzometry

náhrada čidly s **difundovanými tenzometry**





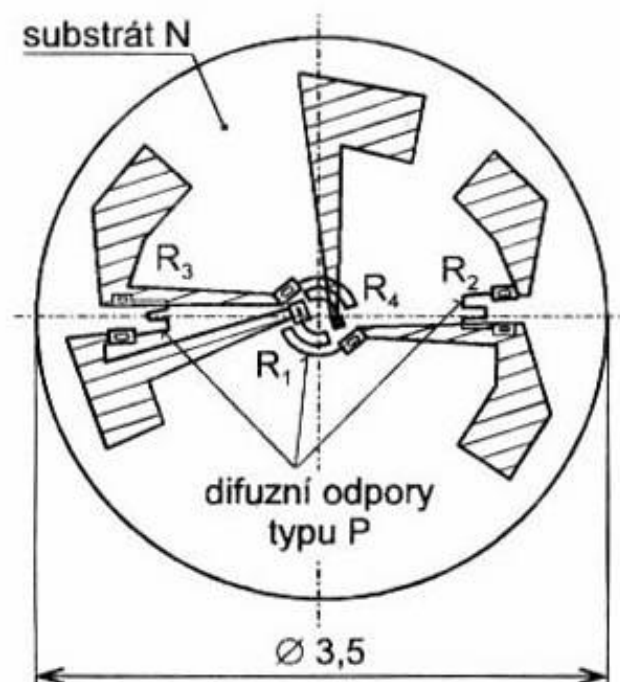
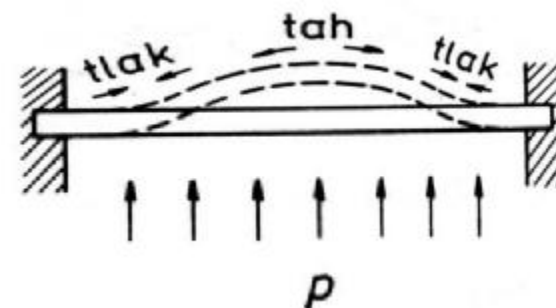
# Polovodičové difundované tenzometry

## Princip

- G tenká Si membrána - tlakoměrný člen + tenzom. převodník
- G do míst namáhaných na tlak a tah jsou difundovány tenzometry
- G struktura difundovaného tenzometru

## Polykrystalické tenzometry

- G naprašování polovodičového tenzometru
- G použití pro nenáročné aplikace (dom. spotřebiče automobilový průmysl)



Monolitický senzor tlaku s křemíkovou membránou s piezorezistory

# Měřicí obvody pro odporové tenzometry

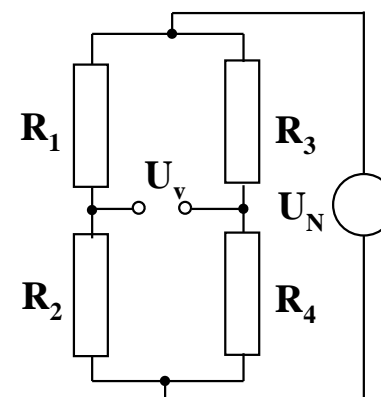
## Stejnoseměrné můstky

nejpoužívanější metody

nevýhody - drift ss zesilovačů, vznik termoelektrického napětí

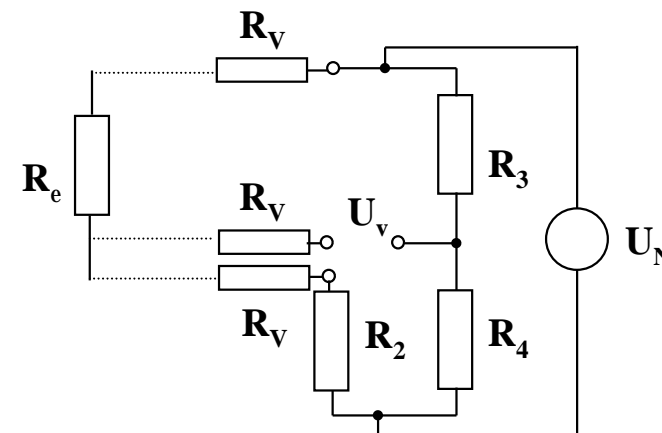
Odvození výstupního napětí můstku

$$U_V = U_N \cdot \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = U_N \cdot \frac{R_1 \cdot R_4 - R_2 \cdot R_3}{(R_3 + R_4) \cdot (R_1 + R_2)}$$



# Měřicí obvody pro odporové tenzometry

## Třívodičové zapojení s jedním snímacím odporem



Pro odpory můstku platí:

$$R_1 = R + \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T \quad \Delta R_\varepsilon \text{ je změna } R \text{ vlivem deformace}$$

$$R_2 = R_3 = R_4 = R + \Delta R_T \quad \Delta R_T \text{ je změna } R \text{ vlivem teploty}$$

po dosazení:

$$U_V = U_N \cdot \frac{(R + \Delta R_T) \cdot (R + \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T) - (R + \Delta R_T)^2}{(2R + 2\Delta R_T) \cdot (2R + \Delta R_\varepsilon + 2\Delta R_T)} = U_N \cdot \frac{\Delta R_\varepsilon \cdot (R + \Delta R_T)}{2 \cdot (R + \Delta R_T) \cdot (2R + \Delta R_\varepsilon + 2\Delta R_T)}$$

$$= U_N \cdot \frac{\Delta R_\varepsilon}{4R + 2\Delta R_\varepsilon + 4\Delta R_T} = U_N \cdot \frac{\frac{\Delta R_\varepsilon}{R}}{4 + 4 \frac{\Delta R_T}{R} + 2 \frac{\Delta R_\varepsilon}{R}}$$

$$U_V \approx U_N \cdot \frac{\Delta R_\varepsilon}{4R} \quad \text{Výstupní napětí můstku je lineární funkcí } \Delta R_\varepsilon \text{ bez závislosti na teplotě}$$

# Měřicí obvody pro odporové tenzometry II

## Třívodičové zapojení se dvěma snímacími odpory

- a) Měřicí tenzometr + kompenzační tenzometr
- b) Dva měřicí tenzometry (inverzní smysly namáhání)

Pro odpory můstku platí:

$$R_1 = R + \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T$$

$$R_2 = R - \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T$$

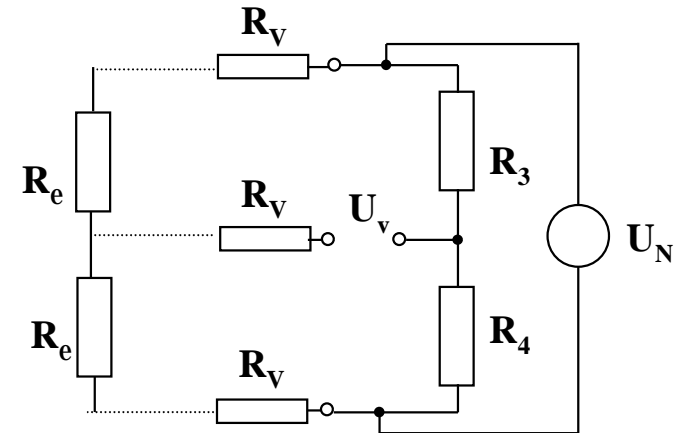
$$R_3 = R_4 = R + \Delta R_T$$

$\Delta R_T$  je změna R vlivem teploty

$\Delta R_\varepsilon$  je změna R vlivem deformace

Lze odvodit:

$$U_V \approx U_N \cdot \frac{\Delta R_\varepsilon}{2R}$$



Výstupní napětí je ve srovnání s můstkem s jedním snímačem dvojnásobné

## Čtyřvodičové zapojení se čtyřmi snímacími odpory

Čtyři měřicí tenzometry zapojené tak, aby se jejich účinky sčítaly

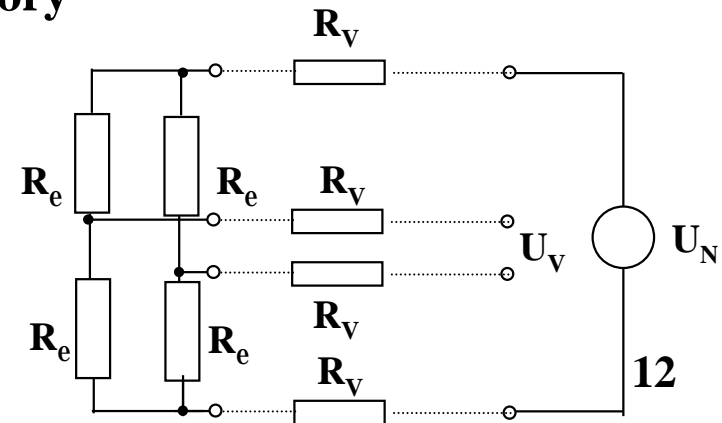
Pro odpory můstku platí:

$$R_1 = R_4 = R + \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T$$

$$R_2 = R_3 = R - \Delta R_\varepsilon + \Delta R_T$$

Lze odvodit:

$$U_V \approx U_N \cdot \frac{\Delta R_\varepsilon}{R}$$



# Měřicí obvody pro odporové tenzometry III

## Výhody zapojení se čtyřmi tenzometry (plný můstek)

- minimalizace nelinearity
- citlivost (čtyřnásobná)
- chyba vlivem teploty je nulová (stejně tenzometry)
- minimální chyby vlivem odporu přívodů
- vliv  $R$  přívodů lze potlačit napájením ze zdroje  $I$

## Střídavé můstky

odstranění nestálost nuly stejnosměrných zesilovačů

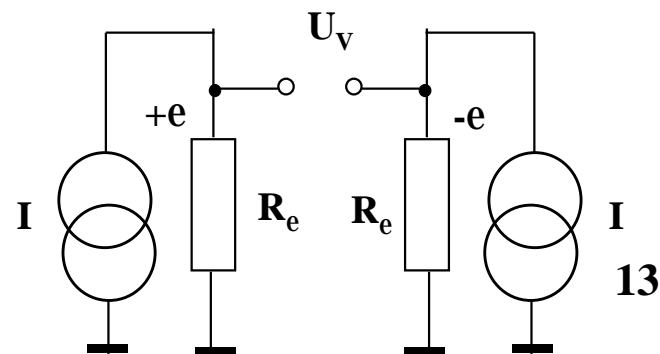
odstranění nežádoucích termoelektrických napětí

nevýhody - vliv parazitních impedancí

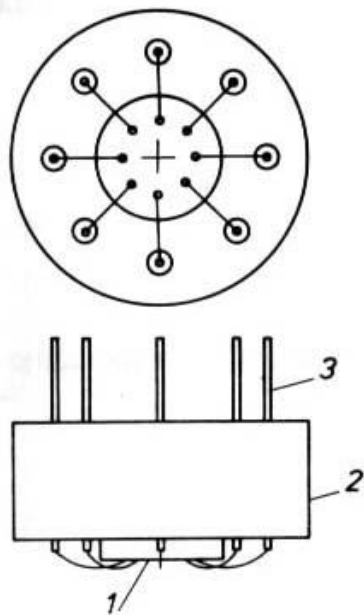
## Měřicí obvody s proudovými zdroji

proud nesmí vytvářet velkou výkonovou ztrátu  
použití monolitického IO např. XTR101, který obsahuje:

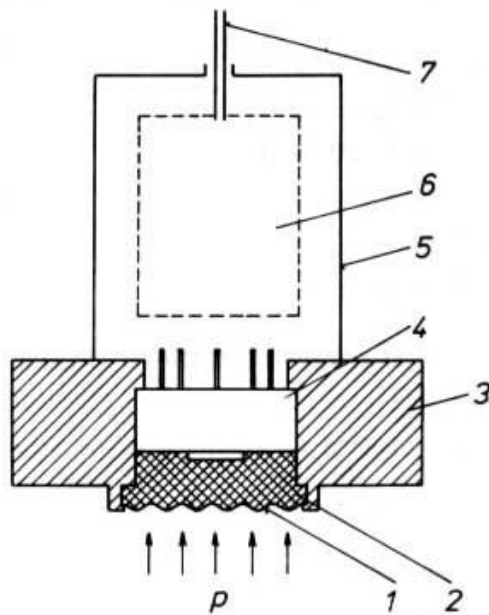
- dva zdroje proudu
- rozdílový zesilovač
- převodník na unifikovaný signál



# Provedení snímače tlaku

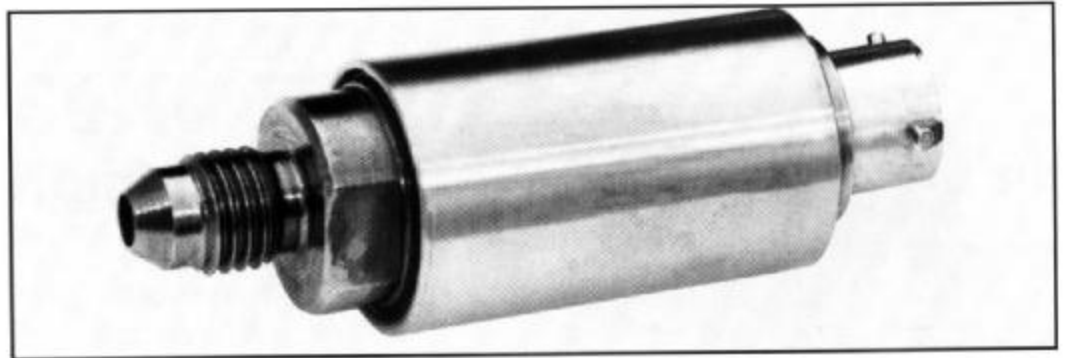
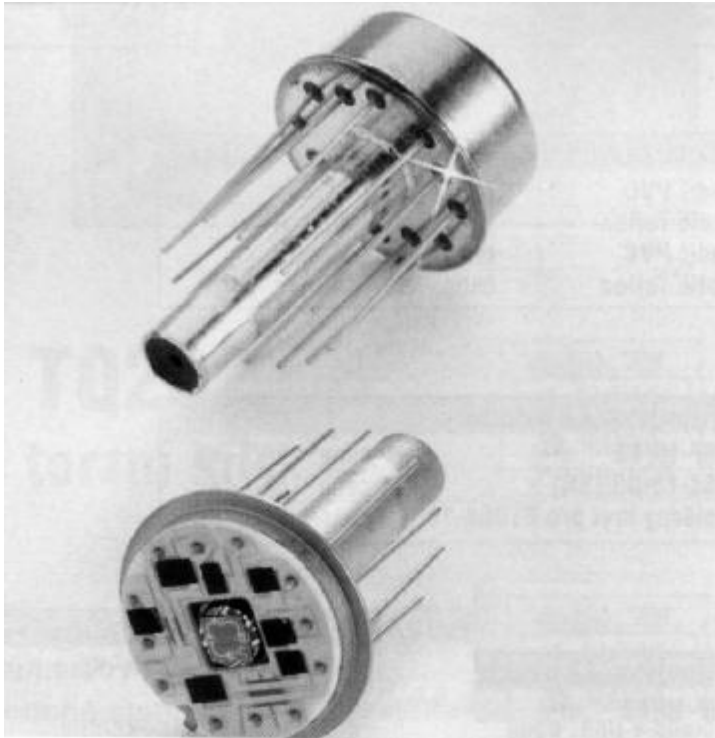


- 1 křemíková membrána
- 2 pouzdro
- 3 vývody



- 1 oddělovací membrána
- 2 kapalinová náplň
- 3 příruba
- 4 čidlo tlaku
- 5 pouzdro
- 6 zdroj proudu
- 7 přívodní kabel

# Foto snímačů tlaku



- ✓ Vysoká spolehlivost
- ✓ Dlouhodobá stabilita
- ✓ Celonerezová konstrukce
- ✓ Modely vhodné i pro měření vakua
- ✓ Měřicí rozsahy od 0 - 100 kPa do 0 - 2 MPa
- ✓ Teplotní kompenzace -29°C až +85°C

# Kapacitní snímače tlaku

## Princip

- G převod tlaku na kapacitu měřicího kondenzátoru
- G elektrody: předpjatá kovová membrána (uzemněno)  
pevná elektroda na izolačním podkladu
- G změna tlaku mění **vzduchovou mezeru kondenzátoru**

## Vlastnosti

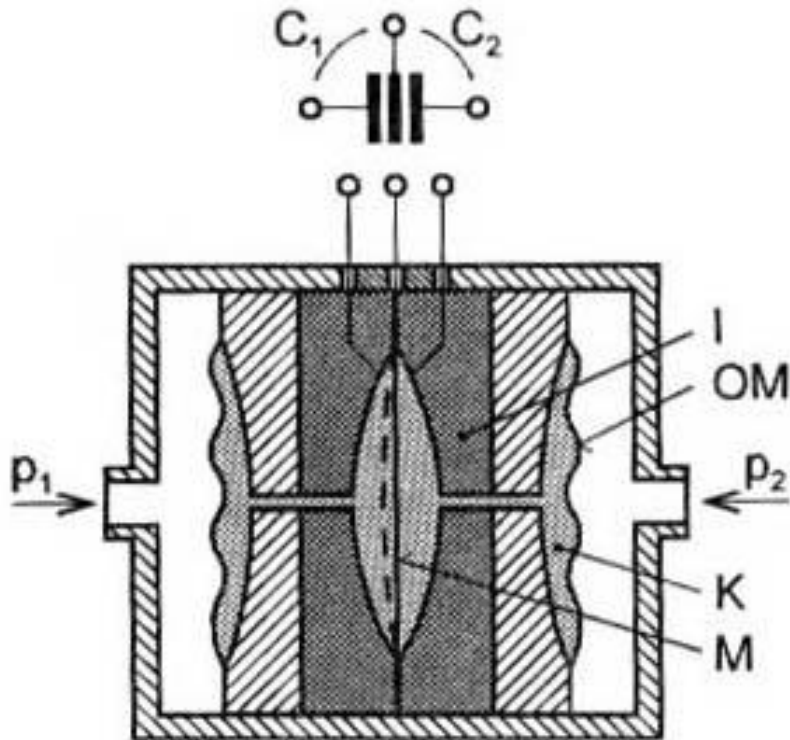
- G nelinearita (změna vzduch. mezery), nehomogenní pole
- G teplotní závislost způsobená dilatací elektrod

## Použití

- G snímače tlakové difference - kompenzace negativních vlivů
- G velká rozlišovací schopnost
- G vysoká přetížitelnost



# Kapacitní snímače tlaku s oddělovací kapalinou



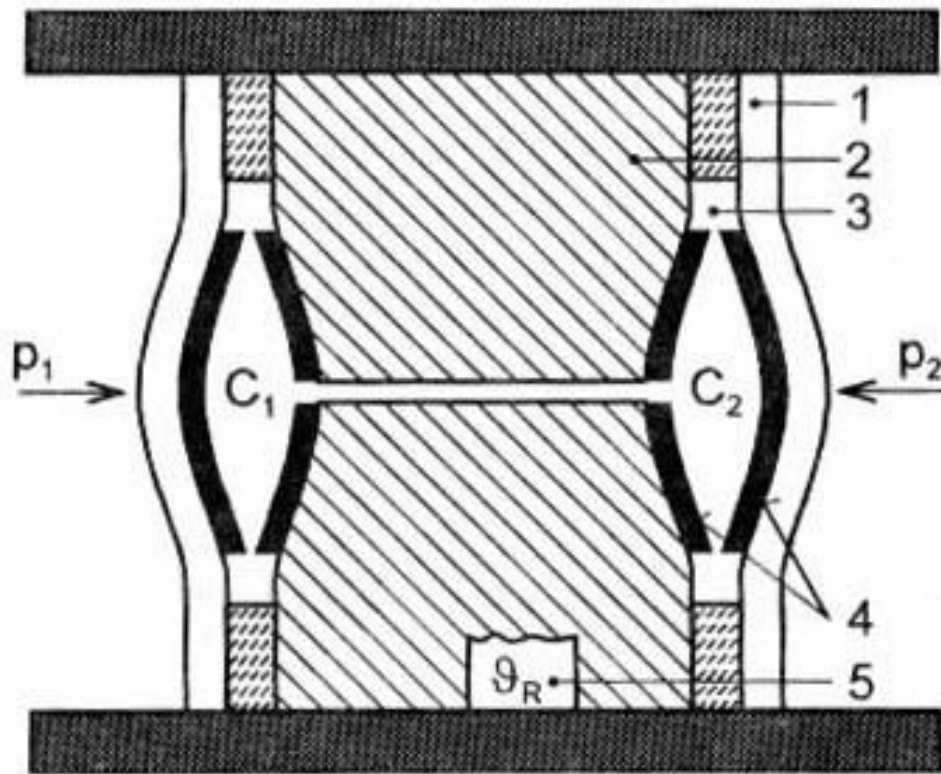
M    membrána - střední elektroda  
I    izolant (sklo)  
OM   oddělovací membrána  
K    kapalinová náplň (silikonový olej)

Měřicí kondenzátor:

- střední membrána
- pevné elektrody na izolantu - mech. zarážka proti přetížení

Membrána je v prostoru vyplněném silikonovým olejem K

# Kapacitní snímače s keramickými membránami



- 1 keramická membrána - měřicí + oddělovací (sintrovaná keramika  $AL_2O_3$ )
- 2 střední díl - keramika
- 3 nestlačitelná kapalina
- 4 elektrody kondenzátoru
- 5 teplotní senzor - měří teplotu uvnitř pouzdra

## Vyhodnocení tlak. difference

$$C_1 - C_2 \gg p_1 - p_2$$

$$C_1 + C_2 \gg \text{teplotní dilataci}$$

snímače jsou koncipovány jako  
inteligentní - jsou osazeny  
procesorem

# Optoelektronické deformační snímače

## Snímač s optoelektronickým clonicím senzorem

### Princip

zdroj IR ozařuje refer. ( $A_R$ ) i aktivní fotodiodu ( $A_X$ )  
clonka měřicí membrány zastiňuje aktivní fotodiodu

měřený tlak je úměrný  $U_X/U_R$

poměrné měření potlačuje vliv:

- kolísání intenzity zdroje

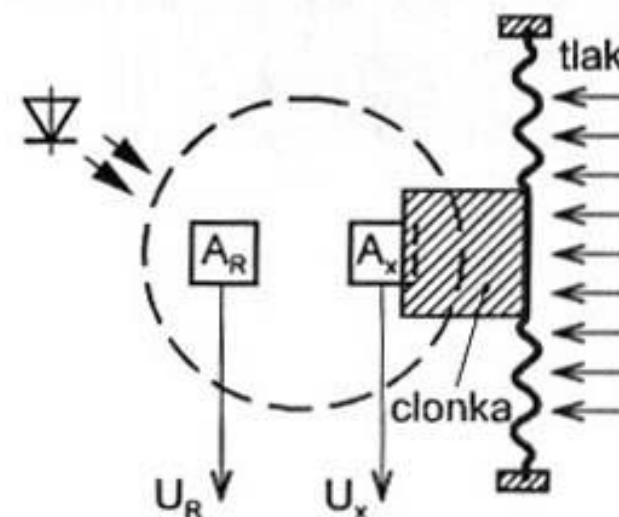
- stárnutí součástek (změna citlivosti diod)

- tepelných efektů

inteligentní snímač obsahuje:

- A/D převodník s dvojitou integrací

- kompensaci nelinearity diod tabulkou (PROM)



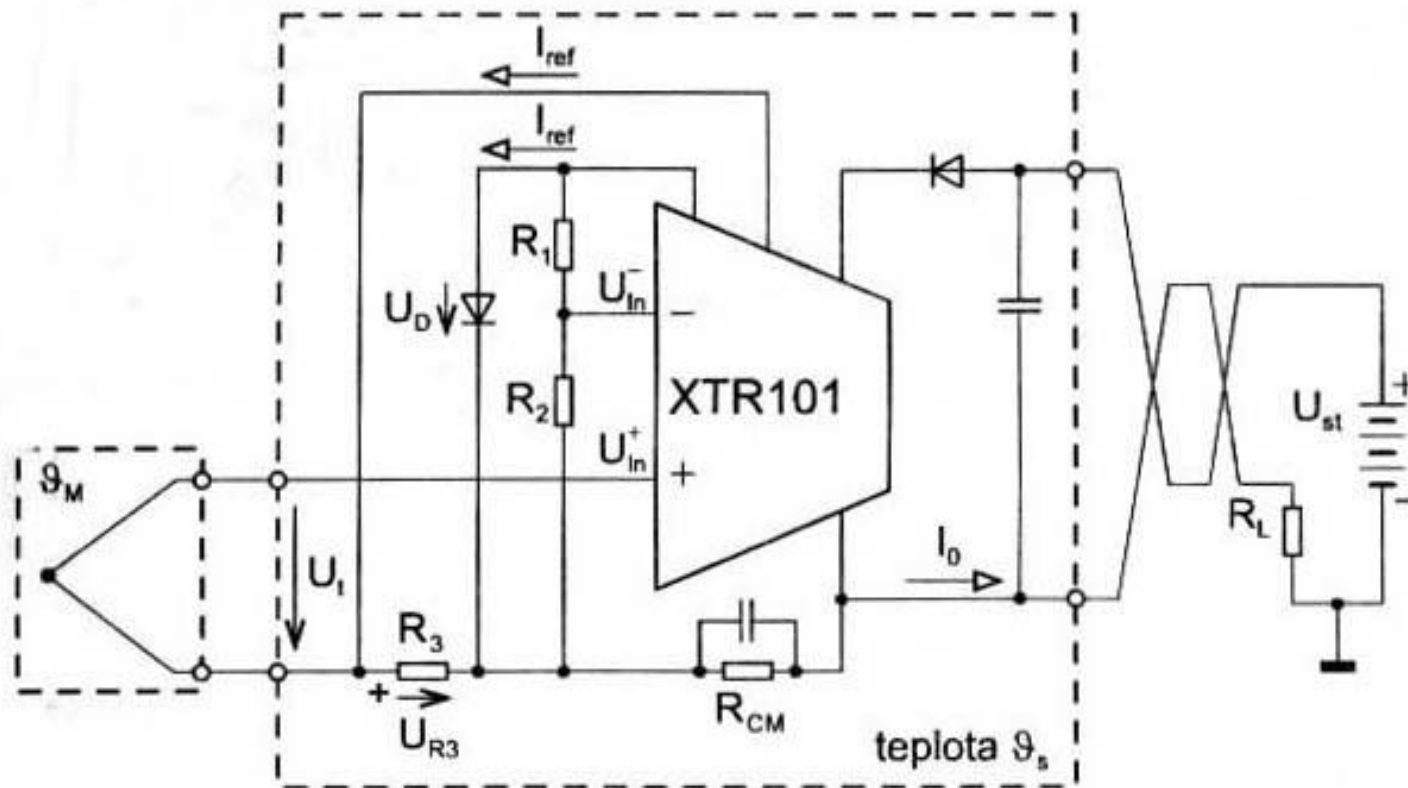
# Snímač tlaku s optickými vlákny

## Princip



- G změna útlumu optického vlákna při mikroohybech vyvolaných tlakem
- G ohyby mění geometrii rozhraní plášť - jádro a zvyšují útlum
- G optimální rozteč zubů hřebínku (při  $\varnothing$  vlákna  $60\mu\text{m}$ ) je 3 mm
- G výchylka  $x$  je řádově v jednotkách  $\mu\text{m}$
- G snímače jsou vhodné do teploty cca  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$

# Blokové schéma obvodu XTR101



zpět