

Q2 → um gás chega ao sensor para que seja medida a pressão do local e o sensor entrega/troca um sinal elétrico correspondente à diferença de pressão entre as 2 extremidades. 07/03/2022

SENSORES INTEGRADOS

→ Última aula teórica

Hoje vamos voltar a ver os sensores!

APLICAÇÕES DOS MICROSENSORES → vamos 3 tipos de sensores

• sensores de pressão

foi um dos 1^{os} a existir (tem dos 1^{os} a ver → sensores de comercializados) e até adaptado a aplicação

está desenhada para ser fabricado a nível dos micros (baixando o custo)

temos aplicados nas áreas ... automóvel
SI $\rightarrow N/m^2$ e usamos que $1 \text{ Pascal} = 1 N/m^2$
pressão → força área para pressões maiores { $1 \text{ Bar} = 100.000 \text{ Pascal}$

→ Tem usamos a pressão atmosférica para definir a pressão!
 $\approx 1,03 \text{ bar}$

3 tipos sensores de pressão

diferenciais → têm sempre 2 entradas! Q2

absoluta

diferencial ← Gauge

medem a pressão
em relação ao vácuo
ex.: sensores de pressão atmosférica

mede a pressão em relação
à pressão atmosférica
ex.: sensor pneu (pressão ar)

Tbm existe pressão negativa porque retiramos em relação ao vácuo (é acima de 0 na mesma).

FABRICO

fina de vácuo → Q

no wafer criamos uma membrana, em que uma das faces está em contacto com a pressão que queremos medir e a outra face está em contacto com o vácuo
cavidade do vácuo

→ O relativo tem a câmara extendida com 2 terminais, para poderemos medir a diferença de pressão.

Q pode ter extensómetros, por exemplo.

→ podem ser feitos no silício

vão medir a deformação

provocada e daí é que se pode
o sinal

Q3 → a diferença com os outros tipos é que só tem um local onde o gás chega.



→ daí é que podemos fazer estes extensômetros usados podem ser feitos no silício (que ao deformar afeta a sua resistência)

⚠ O silício é muito piezoresistivo!

são usados 4 extensômetros para depois ser ligado em ponte EXTENSÔMETROS \Rightarrow é ligado em ponte para não sofrer dependência da temperatura

↓
são colocados em locais estratégicos, não necessariamente sempre no mesmo sítio

KAPTON \rightarrow polímero resistente à humidade e temperatura até 300°C

Na microfabricação, não se pode garantir que os extensômetros sejam = e com a mesma tolerância! aliás é muito normal acontecer!!

↓
com isto, a ponte em repouso já não está estável / desequilíbrio

Para colocá-la estável, adicionou-se um potenciômetro digital (que obviamente é controlado)

SENSOR DE PRESSÃO CAPACITIVOS

\hookrightarrow é + sensível à pressão do que os resistivos (a sensibilidade baixa à temperatura)

- ↓
- têm um baixo consumo de potência (pois ele é constituído por condensadores), eles não consomem potência
 - variando a temperatura, não varia a capacidade entre os eletrodos!

Vantagens

Isão é linear \Rightarrow desvantagem
a membrana deforma-se \pm , e não
paralela (o meio deforma-se + no
meio do que nas pontas)

EXERCÍCIO: (ver powerpoint!)

Ligados em ponte

4 extensômetros utilizados numa membrana

- ⚡
- resistência nominal $\equiv 240\Omega$

sem perturbação (não deformado)

- fator de Gauge $\equiv 2,0$

mede a sensibilidade
do extensômetro (em %)

a) Para 1 atm, qual o ΔR ? esta resistência é de 240 Ω

Gauge factor $GF = 2,0 \Leftrightarrow \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}$ ↗ alterando as unidades de pressão
 dado no enunciado ↘ Passando para SI:
 1 atm = 1013 mbar =
 = 101325 Pa

$E = \frac{\text{tensão}}{\text{deformação}} = \frac{F/A}{\Delta L/L} = 10^7 \text{ N/m}^2$
 tensão de Young
 ou módulo de elasticidade

Do enunciado, sabemos que: $E = 1 \times 10^7 \text{ N/m}$

$1 \times 10^7 = \frac{101325}{\Delta L/L} \Leftrightarrow \Delta L/L \approx 0,01 = 1\%$ ↙ daqui

Logo, substituindo na GF:

$2,0 = \frac{\Delta R/240}{0,01} \Leftrightarrow \Delta R = 4,8 \Omega$
 é muito para o silício!

b) Para 1 atm de pressão, qual a tensão de saída da fonte?

↳ da última anterior: $\Delta R = 4,8 \Omega$
 $R + \Delta R = 240 + 4,8 = 244,8 \Omega$
 $R - \Delta R = 240 - 4,8 = 235,2 \Omega$

Logo, usando o divisor de tensão (ver imagem):

$V_2 = 10 \times \frac{R - \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} = 10 \times \frac{R - \Delta R}{2R}$
 $V_1 = 10 \times \frac{R + \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} = 10 \times \frac{R + \Delta R}{2R}$

$\Rightarrow E_0 = V_2 - V_1 = 10 \frac{\Delta R}{R} = 10 \times \frac{4,8}{240} = 200 \text{ mV}$

c) Como a sensibilidade para 10V de entrada:

$S = \frac{\Delta V \rightarrow \text{saída}}{\Delta P} = \frac{200 \text{ mV}}{1 \text{ atm}} = 200 \text{ mV/atm}$
↘ entrada

d) Queremos saber a saída, se aumentarmos a temperatura 10°C em todos os extensômetros!

↙ pela teoria, $\epsilon' = (\text{voltagem da fonte})$

③ apesar de cada extensômetro ter uma variação de 3%, como todos variaram de = forma, a tensão de saída manteve-se constante

Provando isso:

$$1 + \underset{0,003}{\alpha} \underset{10^\circ\text{C}}{\Delta T} \rightarrow 1 + 0,003 \times 10 = 1,03 \Rightarrow 3\%$$

o valor de cada

resistência vai variar isto

(com aumento

de T)

Logo,

$$E_o = \frac{\Delta R}{R} \Rightarrow E_o = 10 \times \frac{1,03 \Delta R}{1,03 R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_o = 200 \text{ mV}$$

com isto mostramos que se a temperatura ambiente aumentar, sem nada afeta a tensão de saída (vantagem do uso da fonte)

o uso de extensômetros em fonte justifica a dependência da temperatura destes

pois existe a mesma variação em todos os extensômetros!!

→ por isso, eles são sempre usados em fonte

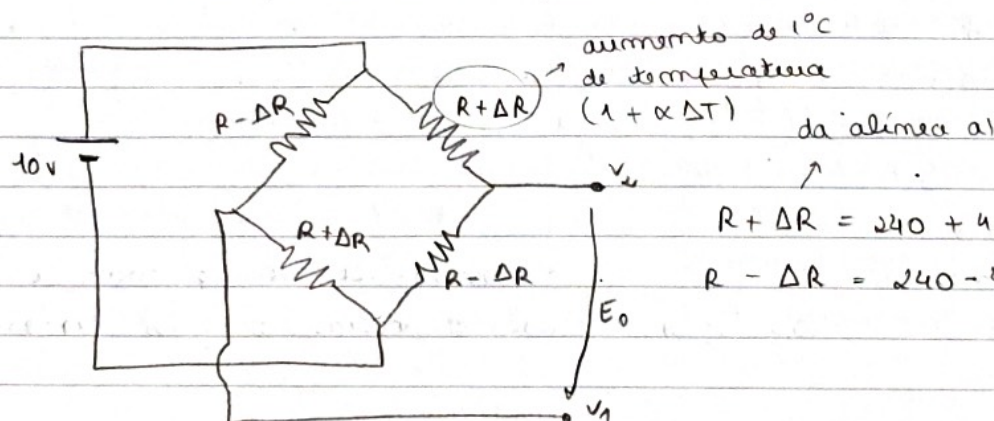
e)

Se apenas 1 extensômetro estiver acima 1°C , já afeta a tensão de saída, obviamente.

→ tensão de uso da saída!

$$1 + \alpha \Delta T = 1 + 0,003 \times 1 = 1,003 \Rightarrow 0,3\% \text{ } \} \text{ um extensômetro}$$

Com circuito, teríamos que:



$$R + \Delta R = 240 + 4,8 = 244,8 \Omega$$

$$R - \Delta R = 240 - 4,8 = 235,2 \Omega$$

Aplicando o divisor de tensão:

$$\begin{aligned} V_2 &= 10 \times \frac{R - \Delta R}{R - \Delta R + 1,003(R + \Delta R)} = \frac{10 \times 235}{235 + 1,003 \times 244,8} \\ &= 4,8925 \text{ V} \end{aligned}$$

$$V_1 = 10 \times \frac{R + \Delta R}{2R} = 10 \times \frac{244,8}{2 \times 240} = 5,1 \text{ V}$$

① → MICRO VANTAGEM:

- ser mais rápida resposta
- low cost
- ...

② → vai dissipar + rapidamente o calor para o fluido, \bar{m} aquecendo tanto.

$$\text{Logo, } E_0 = V_2 - V_1 = -207 \text{ mV}$$

temos uma variação de 7 mV

devido a temperatura

reparamos que se um extensômetro apenas varia devido a temperatura, já vai afetar a saída.

Sensores de fluxo / caudal ⇒ não muito simples!

→ mede a massa que se desloca num determinado local / fluido. → por intervalo de tempo

⇒ $\text{kg/s ou ton} \quad \text{m}^3/\text{s}$ volume

como é pequeno, demora pouco tempo a responder

③

ex.: medidores de massa de ar a entrar nos carros usam os princípios térmicos e acústicos

voo 3

tempo de voo

⊗

anemômetros

temos um aquecedor

dentro de um tubo

gás ou líquido

(como para o caudal).

A medida que faz

④ caudal, o aquecedor

vai dissipar + calor. ⑤

Medindo a temperatura

do aquecedor, temos

o fluxo / caudal

↓

é 1D, tem

potência limitada e é muito

sensível às propriedades

do fluido.

calorímetro

é idêntico mas

tem 2 elementos

para medir a temperatura

do fluido

de cada lado do

tubo e a medida

que o tempo faz, o fluido

vai passar de um para o

outro, o calor fazendo assim

possível medir a velocidade do fluido.

↓

é bidirecional e é com a

diferença de temperatura que se avalia

o que queremos (já tem 2 sensores de

temperatura) e tem é bastante sensível

às propriedades do fluido.

⑥ Temos apenas um aquecedor e um sensor de temperatura. Se quisermos que seja bidirecional, tínhamos que colocar outro sensor do outro lado do aquecedor.

O tempo que o calor demora a passar entre o aquecedor e o sensor, em conjunto com a distância entre o aquecedor e o sensor permite chegar à velocidade do fluido.



ULTRASONIC FLOW SENSOR

NOTA: Por ultrassons tem vão como para medir fluidos
 > Por ultrassons é possível tem
 obter a velocidade do caudal do fluido, sendo um sensor de tempo de voo,
 já que se basa no tempo que o son demora a ser detectado no receptor
 após a emissão.

isto é usado para o efeito de Doppler
 a # de freqüências aqui é a diferença de
 entre o sinal emitido freqüências é que dá a velocidade do fluido
 e refletido, permite a obtenção da velocidade

• SENSORES ÓTICOS

↳ um microtecnologias e um CMOS

em layout, já
 foi feito!

FOTODÍODO

pode ter várias
estruturas

→ é feito num
processo
standard

em silício!

(...)

△ Podemos programar a profundidade da camada em
função da luz que queremos valor / medir / detectar.

↳ ver partes das máscaras de silício para o fotodiodo!

↳ Os óxidos vão dependentes do comprimento de onda
 da luz que vai incidir.

que vão inerentes do processo CMOS

(...)

As bolhas que aparecem na figura, entraram na
dopagem, e influência a luz que o fotodiodo vai absorver

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ } vai haver dispusão da luz

↓
 para evitar isto, devemos sempre manter o 1º
óxido intacto!

PHOTODETETON

↳ sensores óticos usam muito em fotodiodos ou
fototransistores (NMOS ou PMOS).