

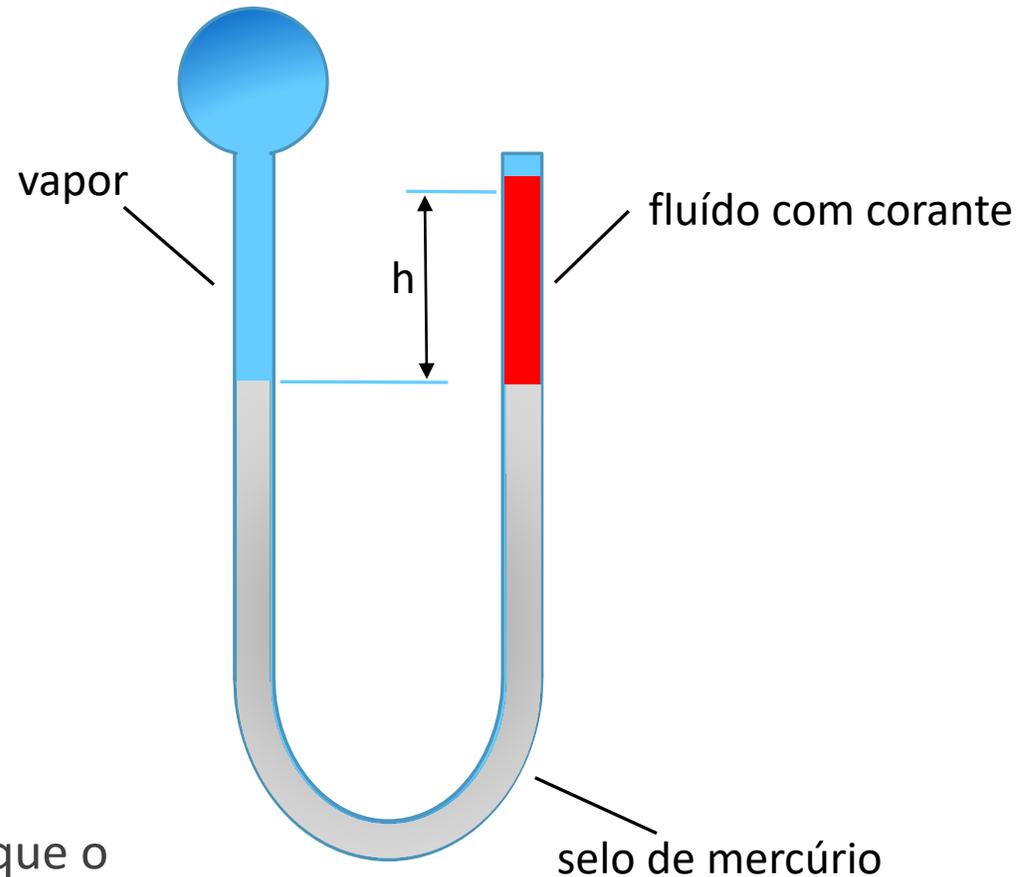
PTC3421 – Instrumentação Industrial

Pressão – Parte II

V2020A

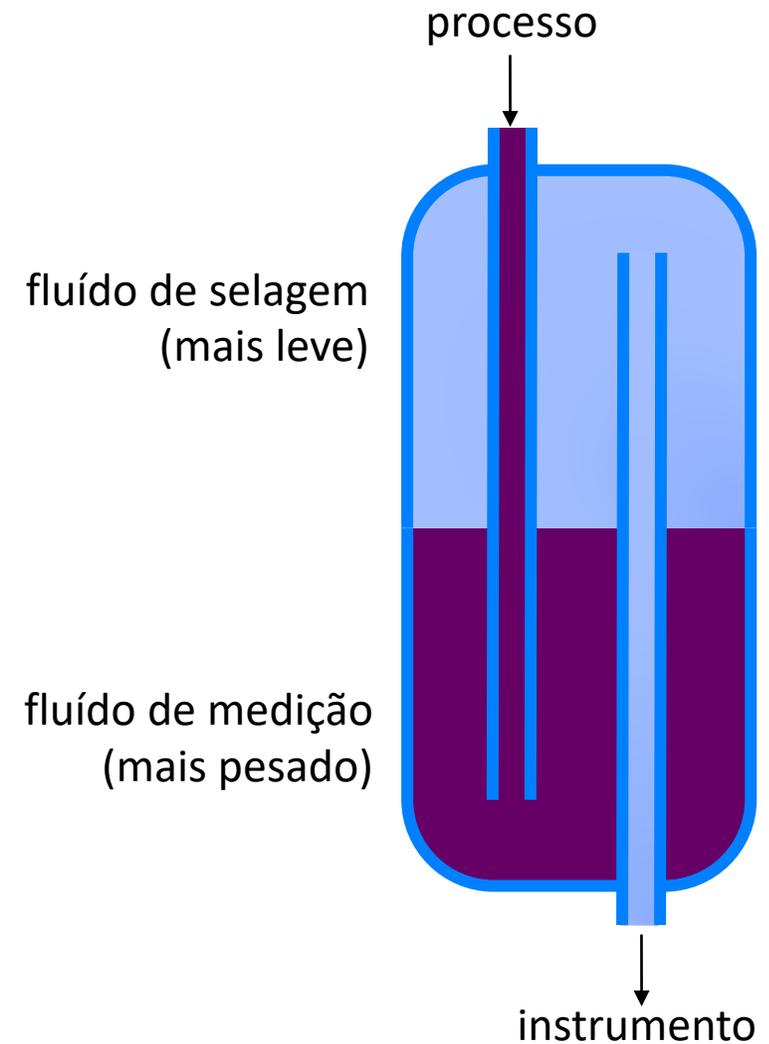
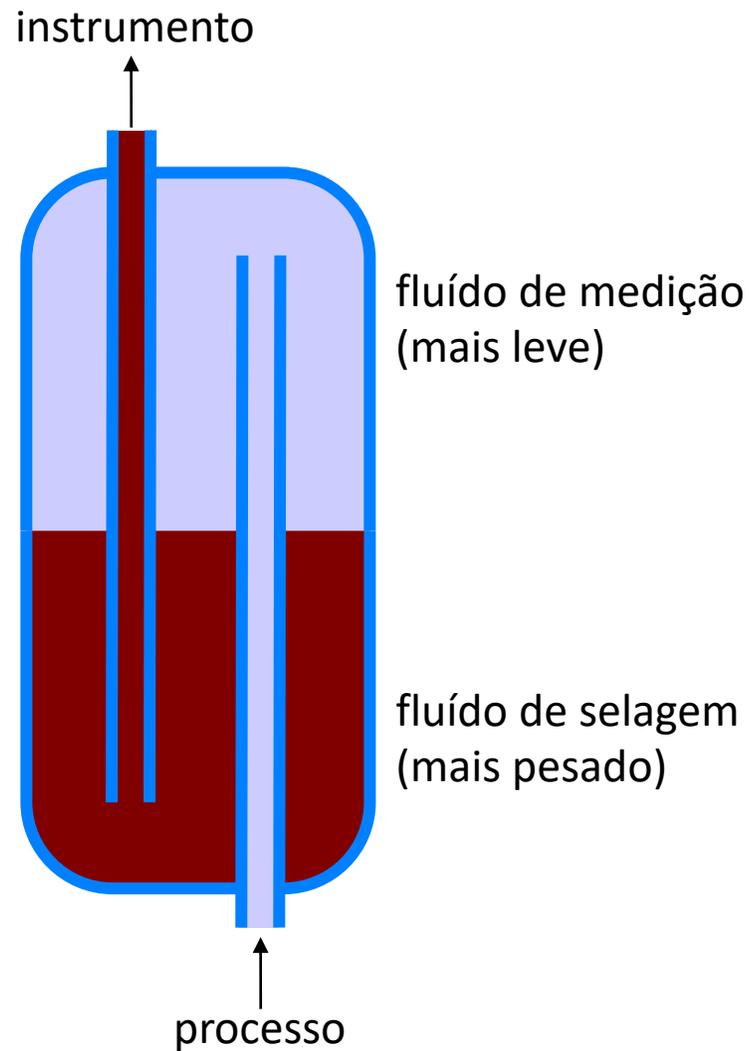
PROF. R. P. MARQUES

Selagem



O selo de mercúrio impede que o vapor tenha contato com o fluido colorido ou escape para o meio ambiente.

Selagem



Selagem



Conversores

Os elementos primários vistos, especialmente os diafragmas, geram deslocamentos mecânicos como medida de pressão.

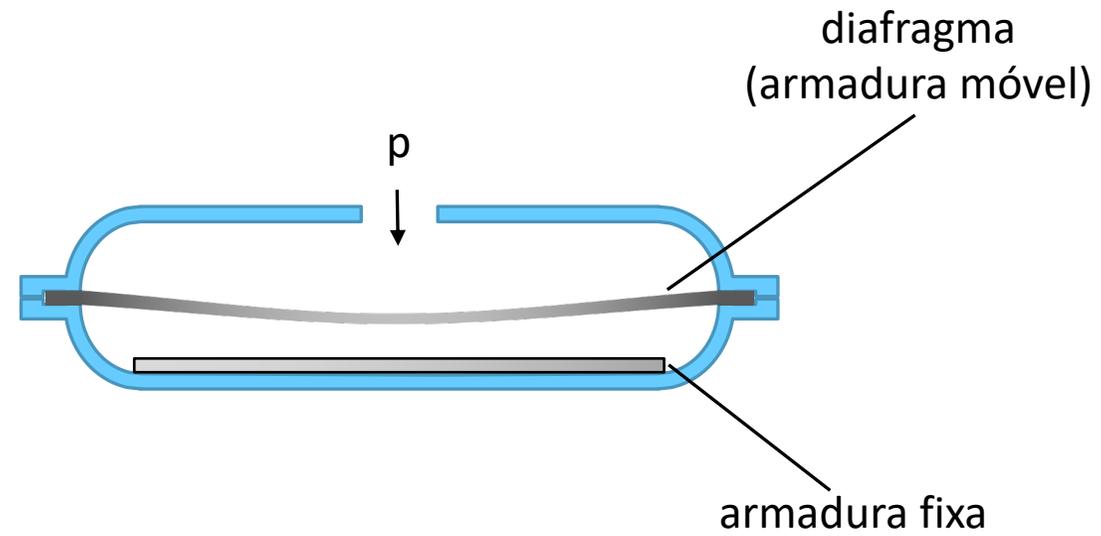
Os seguintes conversores, muito utilizados na Indústria, são utilizados para converter esses deslocamentos em sinais elétricos:

- **Células capacitivas;**
- **LVDTs (Linear Variable Differential Transformers);**
- **Extensômetros (strain gauges).**

Esses dispositivos, adequados em geral para pequenos deslocamentos, obviamente também servem para medir deslocamentos, independente de sua associação com medidas de pressão.

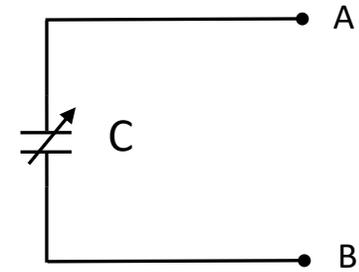
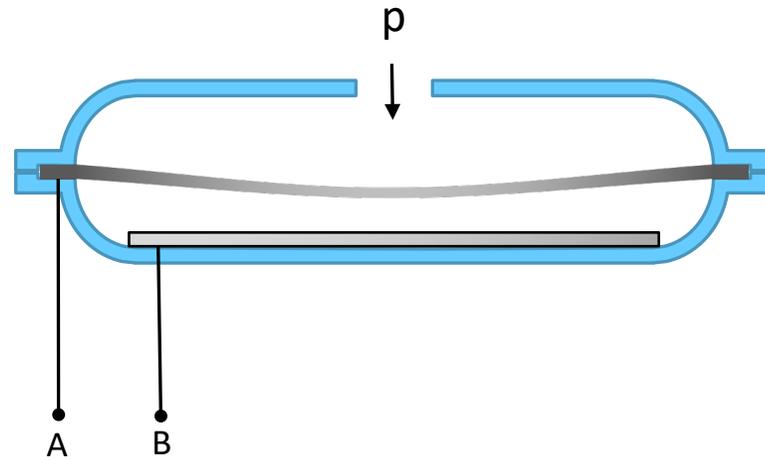
Conversores

Células Capacitivas

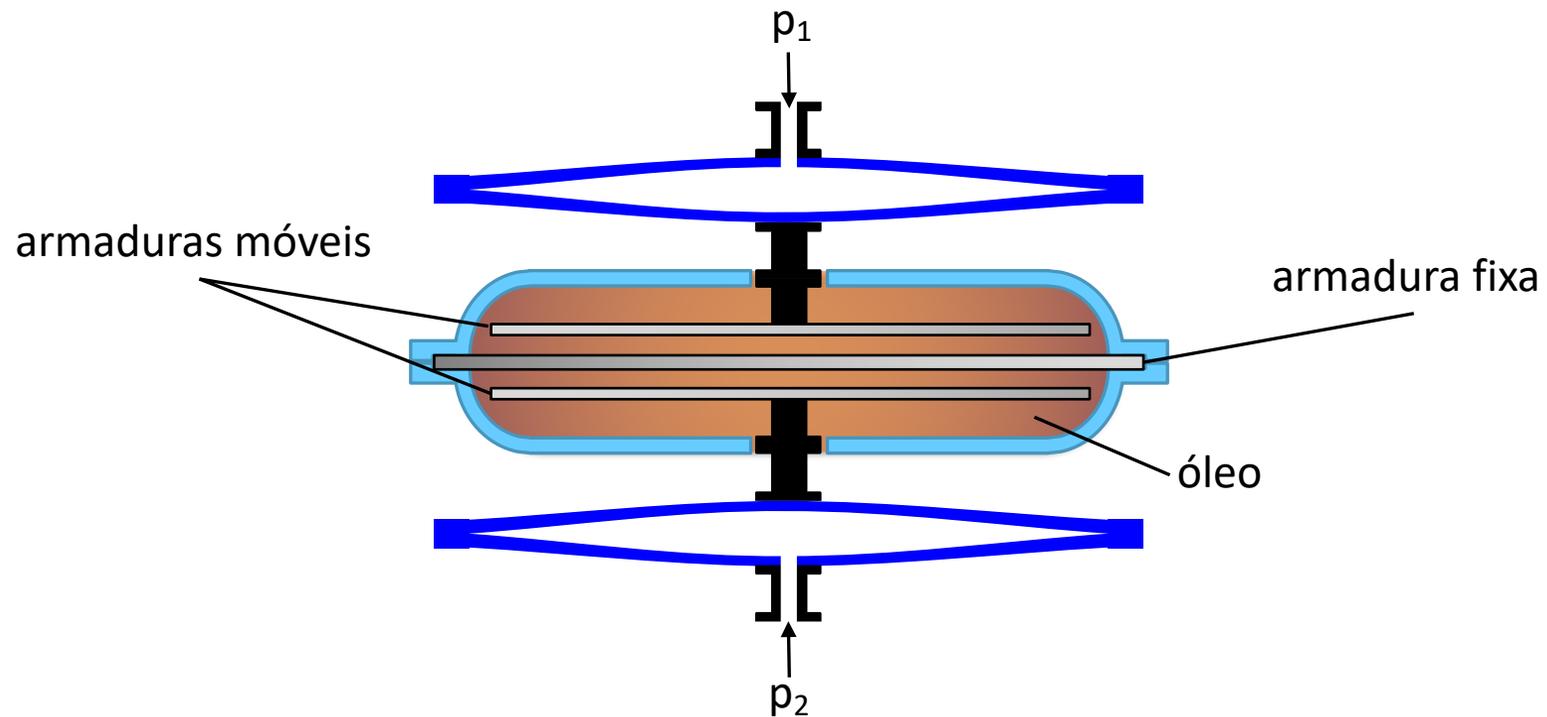


Conversores

Células Capacitivas

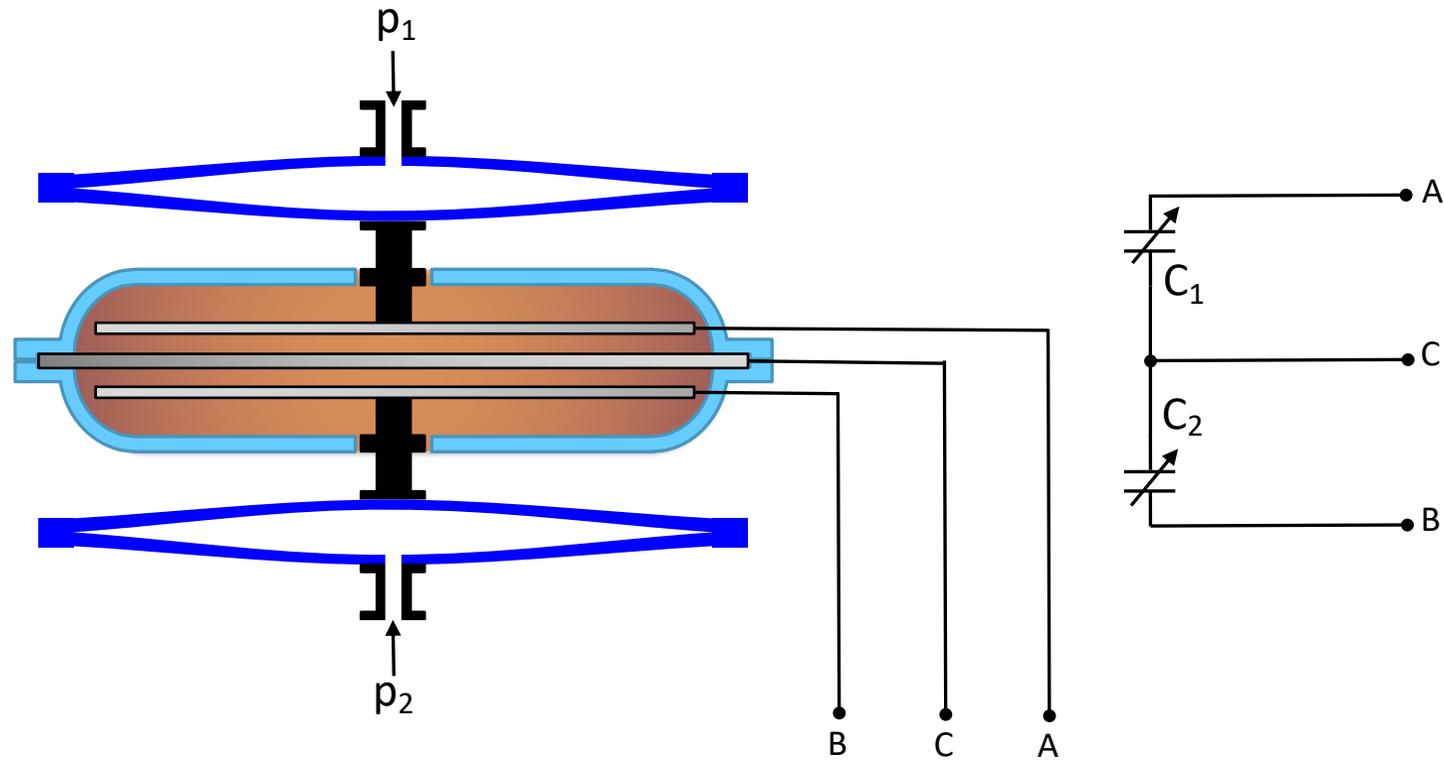


Conversores Células Capacitivas



Conversores

Células Capacitivas



Conversores

Células Capacitivas

O deslocamento mecânico do diafragma causa uma variação na capacitância, de forma que pode-se inferir a pressão medindo-se a capacitância.

É necessário um circuito eletrônico para isso, além do que não linearidades afetam diretamente a medida.

Portanto essa é uma técnica adequada a instrumentos digitais.

Conversores

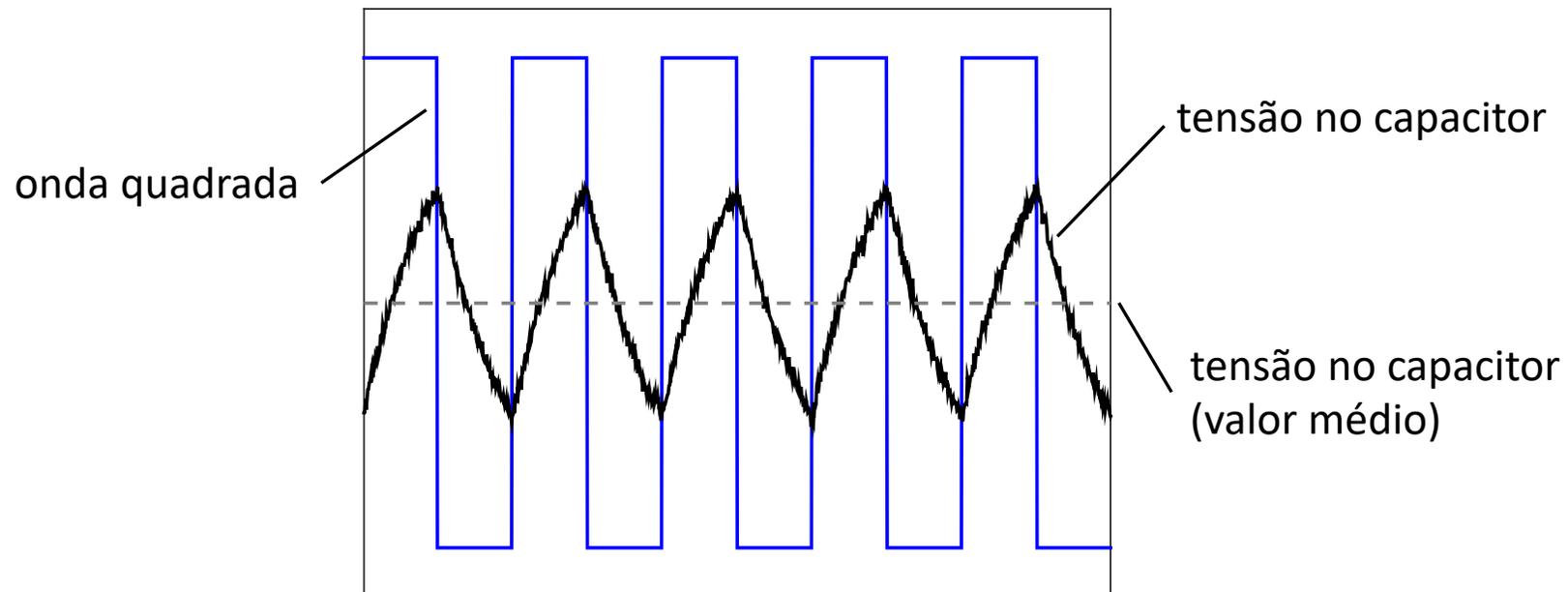
Células Capacitivas – Medida de Capacitância

Como medir capacitância?

Diversas técnicas podem ser utilizadas. Algumas técnicas comuns são as seguintes:

- Onda quadrada / Tensão

Com um resistor em série, alimenta-se o circuito com uma onda quadrada (a constante de tempo depende da capacitância) e mede-se o valor médio da saída;

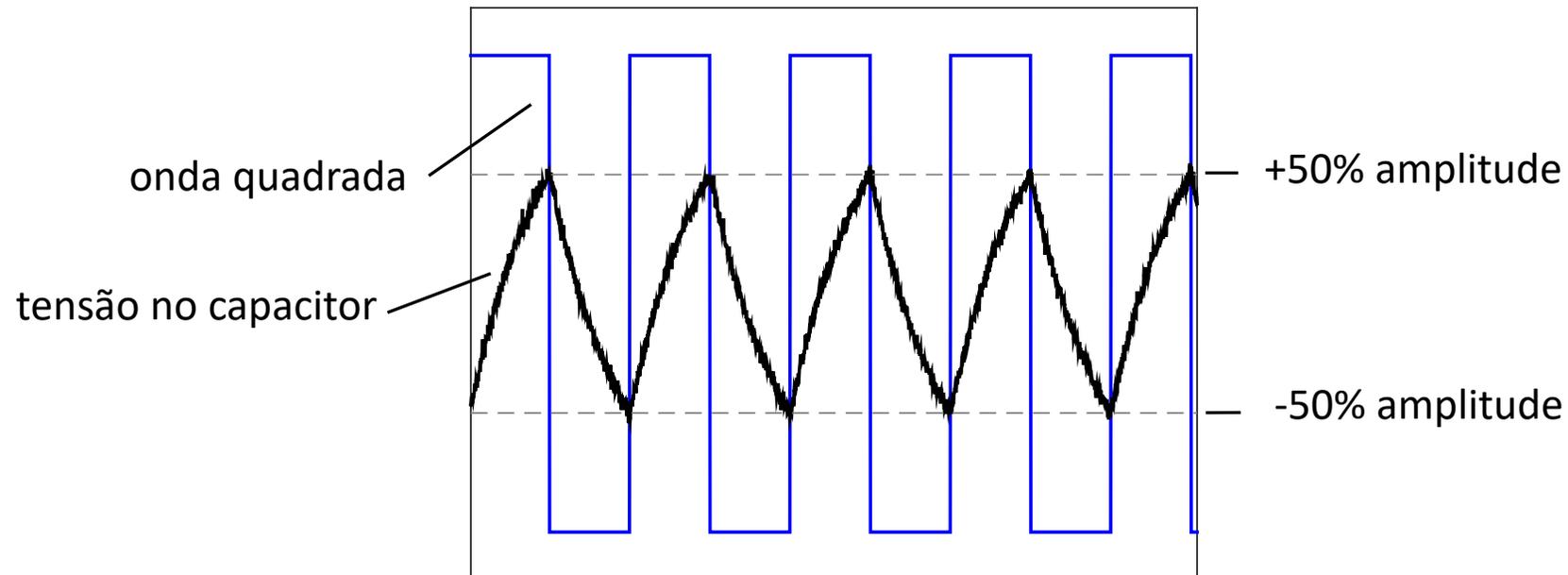


Conversores

Células Capacitivas – Medida de Capacitância

- Onda quadrada / Frequência

Com um resistor em série, alimenta-se o circuito com uma tensão constante positiva. Quando a tensão no capacitor atingir um valor pré-determinado (e.g. metade da tensão de alimentação) chaveia-se a fonte para uma tensão negativa e assim por diante. Mede-se a frequência de chaveamento, que depende da constante de tempo do circuito que por sua vez depende da capacitância.



Conversores

Células Capacitivas – Medida de Capacitância

- Onda senoidal / Frequência

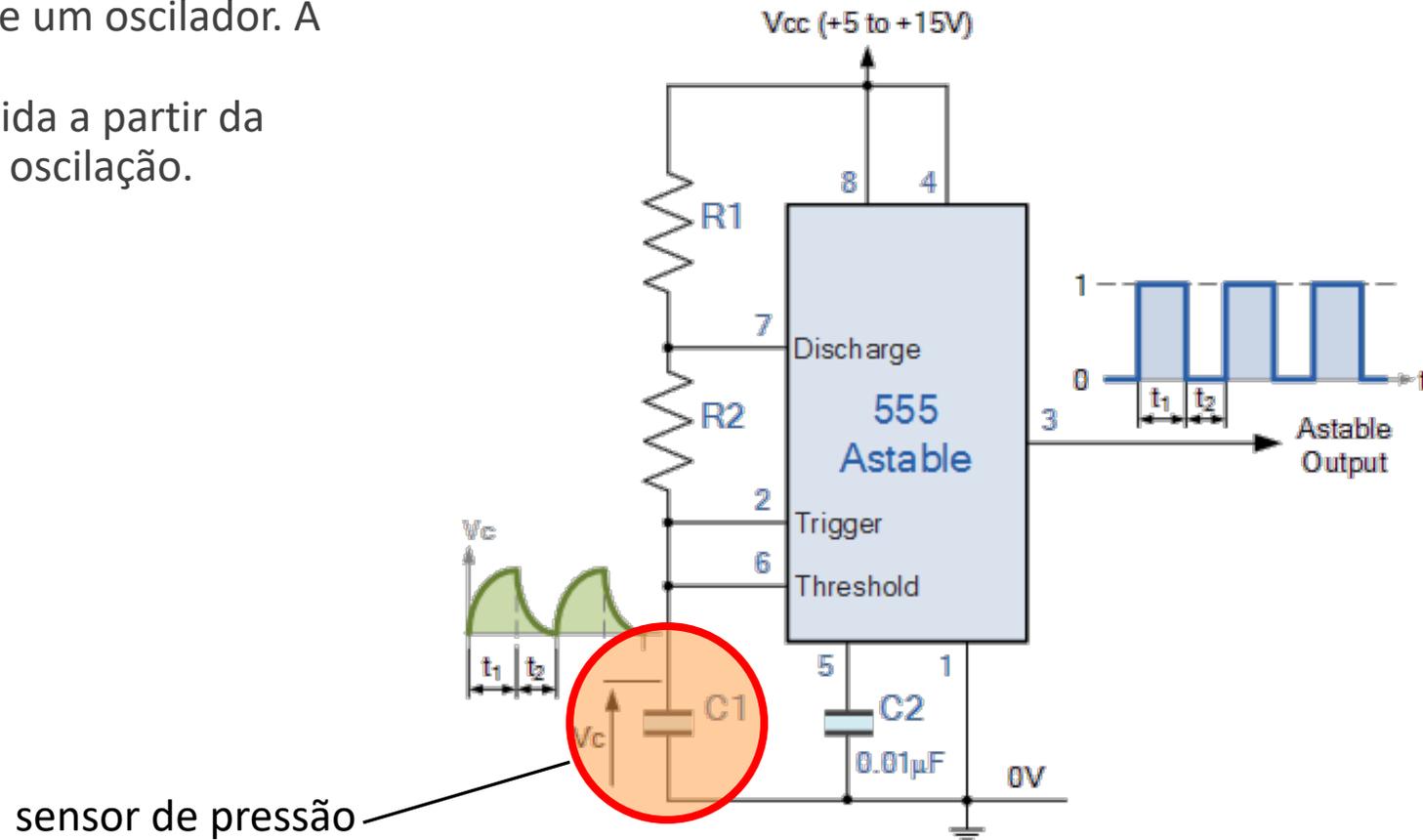
Com um resistor em série, alimenta-se o circuito com uma tensão senoidal com uma dada frequência ω . Como a impedância do capacitor varia com a frequência, basta medir o valor efetivo da tensão no resistor (mais adequado do que medir no capacitor) e deste valor inferir a capacitância.

OBS. Como a impedância do capacitor também depende da resistência e indutância parasitas, o ideal seria utilizar várias frequências para melhorar a qualidade da medida.

Conversores

Células Capacitivas – Medida de Capacitância

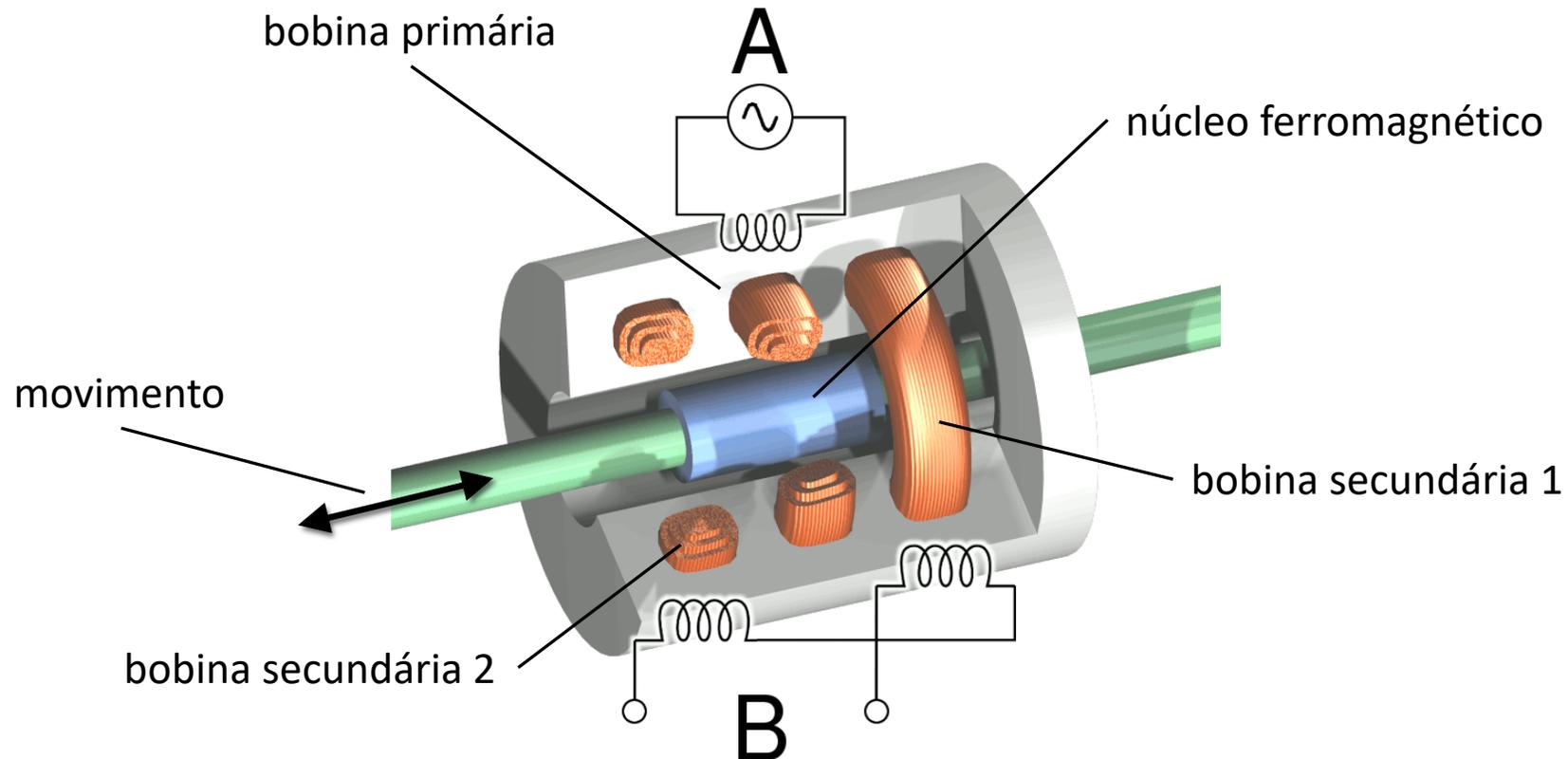
- Oscilador / Frequência
Liga-se o capacitor a um circuito integrado astável (e.g. 555) e implementa-se um oscilador. A capacitância pode ser inferida a partir da frequência de oscilação.



Conversores

LVDTs

Um LVDT (**L**inear **V**ariable **D**ifferential **T**ransformer ou **L**inear **V**ariable **D**isplacement **T**ransducer, etc.) é um dispositivo utilizado para medir deslocamentos lineares.

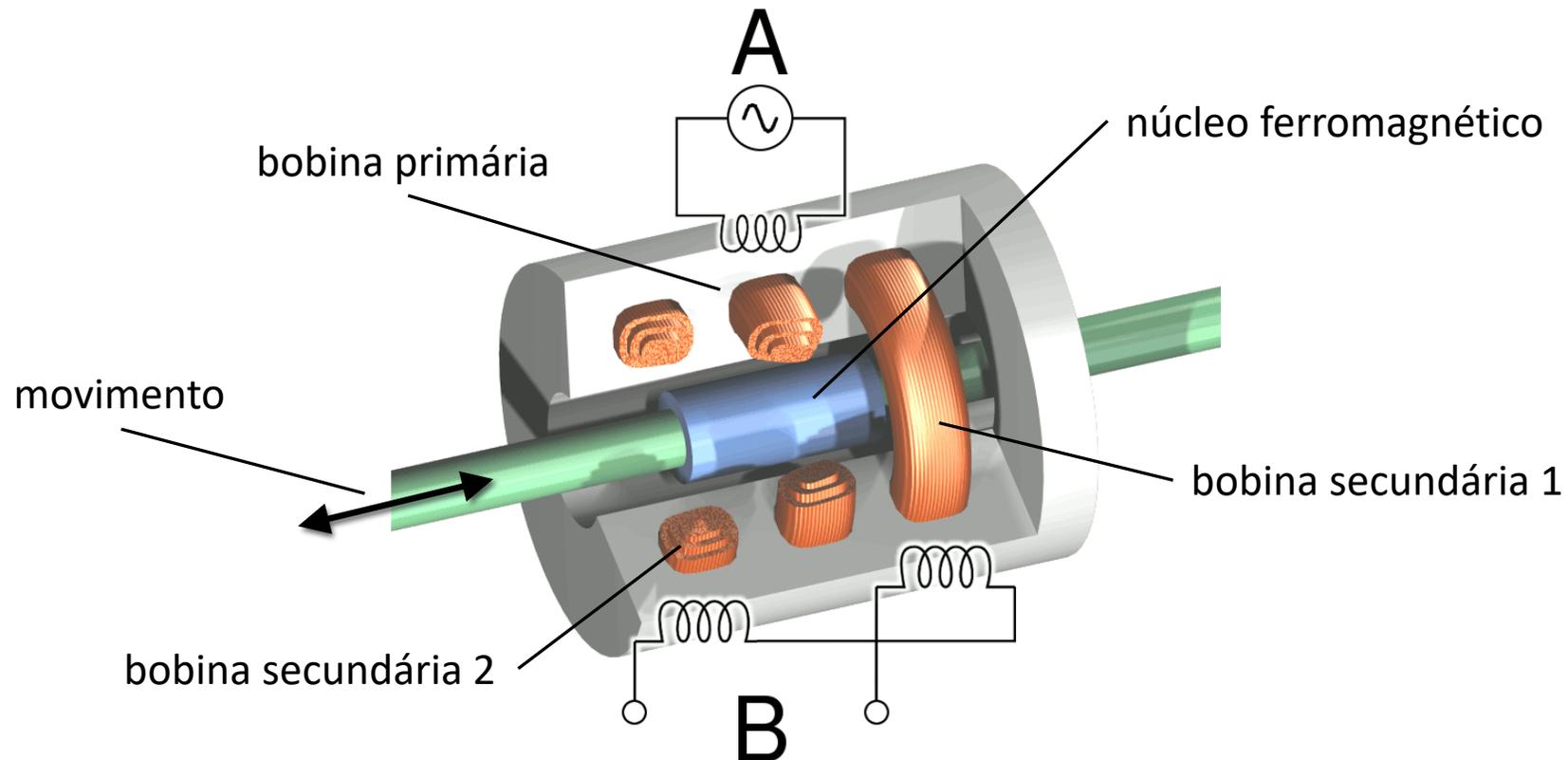


Conversores

LVDTs

Conforme o núcleo se desloca, a tensão efetiva em uma bobina secundária diminui enquanto que na outra aumenta.

Adicionalmente, a diferença de fase entre as tensões permite inferir a direção do movimento.



Conversores

LVDTs - Características

- LVDTs são sensores potencialmente bastante precisos;
- Não há contato físico entre o núcleo, que se move, e as bobinas fixas, portanto não há atrito nem desgaste mecânico envolvido na operação do dispositivo (particularmente útil em ambientes sujeitos a vibração).
- A eletrônica envolvida pode se situar fora do dispositivo, e o circuito magnético é extremamente robusto (podendo ser selado), portanto um LVDT pode ser utilizado em condições extremas de temperatura, tanto muito baixas como muito altas ou mesmo em ambientes explosivos.
- Efeitos como histerese e similares são mínimos (isso garante excelentes sensibilidade e repetibilidade).
- LVDTs podem ser construídos com dimensões bastante reduzidas (alguns milímetros – e.g. para sensores de pressão) ou extremamente grandes (vários metros – e.g. para barras de combustível em usinas nucleares).

Conversores

Extensômetros

A resistência elétrica R de um resistor é, em termos simples, dada pela seguinte fórmula:

$$R = \rho L / S,$$

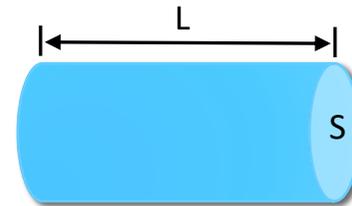
onde

R [Ω] é a resistência;

ρ [Ω/m] é a resistividade do material;

L [m] é o comprimento do resistor;

S [m²] é a seção transversal do resistor.

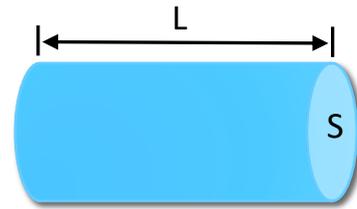


Quanto maior o comprimento maior é a resistência, e quanto maior a seção transversal, menor é a resistência.

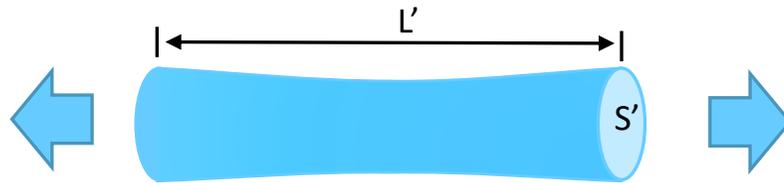
Conversores

Extensômetros

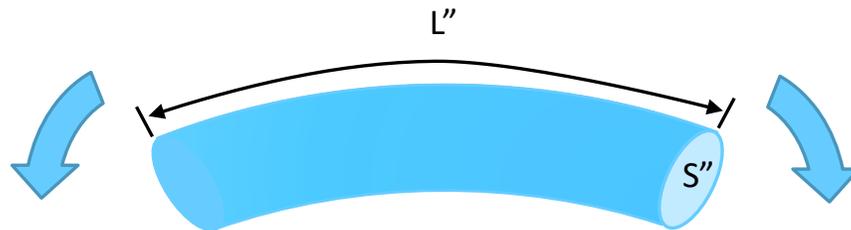
Se um resistor sofrer uma deformação elástica, tanto L como S variam:



$$R = \rho L / S$$



$$S' < S \text{ e } L' > L \text{ daí } R' > R$$



$$S'' < S \text{ e } L'' > L \text{ daí } R'' > R$$

Conversores

Extensômetros

Se o resistor for colado a um diafragma, qualquer deflexão sofrida por este ocasionará uma variação (usualmente bem pequena) na resistência.

Quando um resistor é utilizado para medir deflexões dessa forma, ele é chamado **extensômetro**.

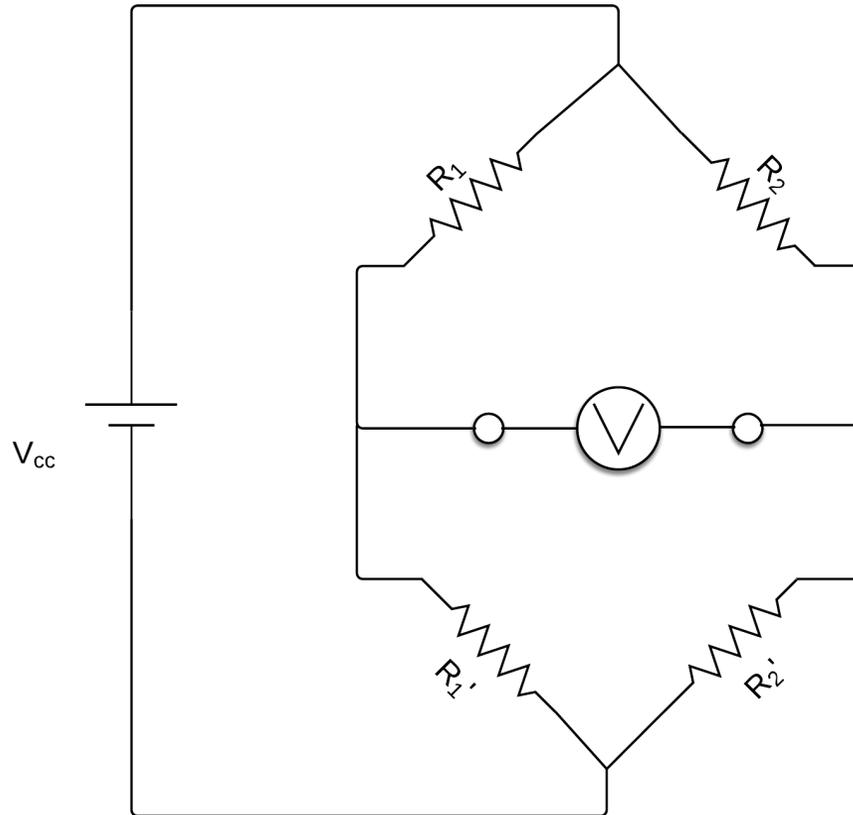
Originalmente (nos idos de 1940) eram utilizados fios. Hoje em dia são utilizados majoritariamente resistores em lâminas, muito mais convenientes para fixação, com maior deformação relativa e uma superfície maior para dissipação de calor.



Conversores

Extensômetros – Medida de Resistência

A forma mais prática para usar extensômetros em diafragmas, é usá-los em ponte.



A tensão V medida no voltímetro é dada por

$$V = (R_1' / (R_1 + R_1') - R_2' / (R_2 + R_2')) V_{CC}$$

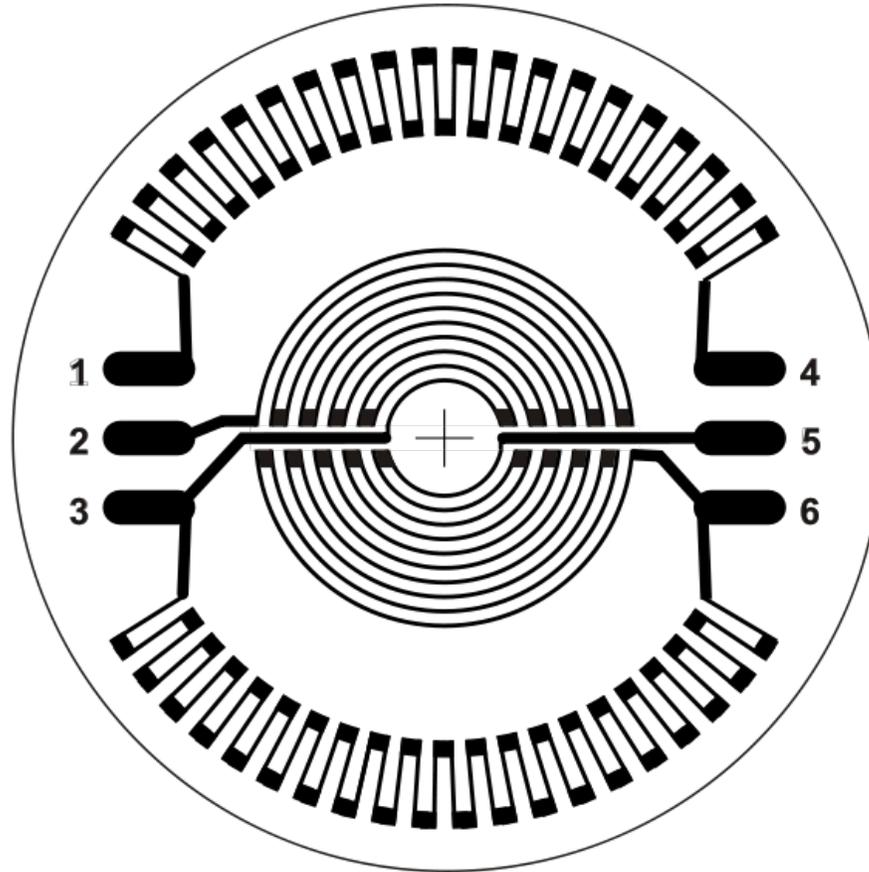
Em particular, se $R_1 / R_1' = R_2 / R_2'$ então

$$V = 0$$

Conversores

Extensômetros – Medida de Resistência

O seguinte arranjo, com quatro resistores é particularmente conveniente.



Os resistores R_{1-4} e R_{3-6} estão dispostos radialmente.

Os resistores R_{2-3} e R_{5-6} estão dispostos tangencialmente.

Ocorrendo flexão do diafragma

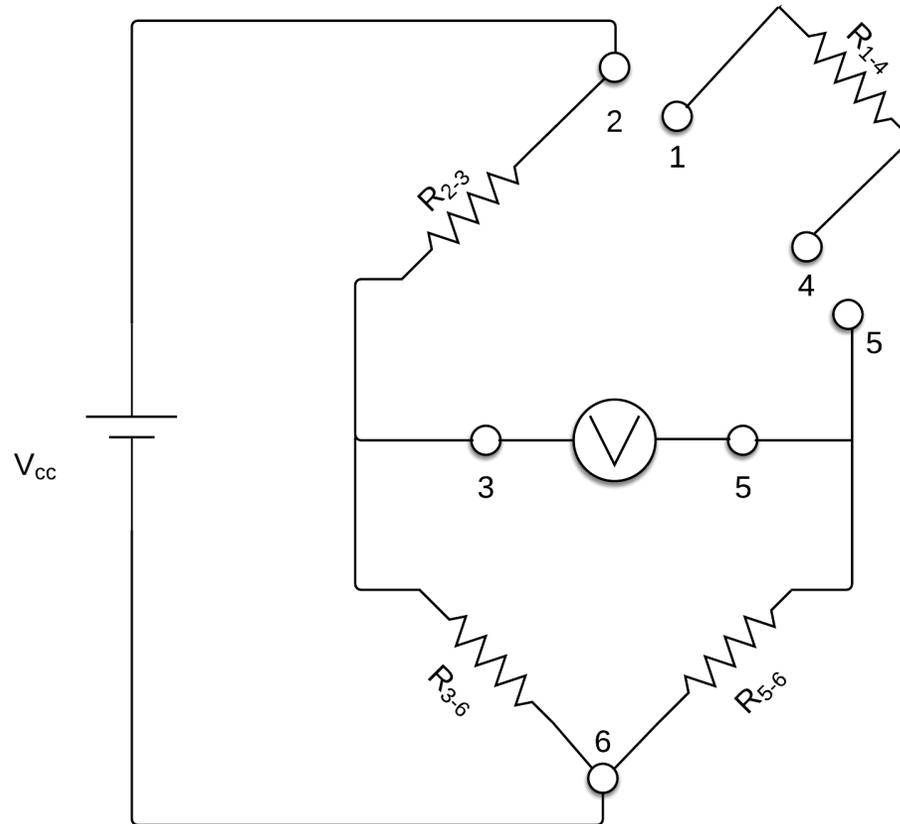
R_{1-4} e R_{3-6} aumentam
(comprimento aumenta e a seção diminui)

R_{2-3} e R_{5-6} diminuem
(comprimento diminui e a seção aumenta)

Conversores

Extensômetros – Medida de Resistência

No circuito tem-se



OBS. Os terminais estão desconectados para calibração e diagnóstico.

Ocorrendo flexão do diafragma:

$R_{5-6} / (R_{1-4} + R_{5-6})$ diminui
(R_{1-4} aumenta e R_{5-6} diminui)

$R_{3-6} / (R_{2-3} + R_{3-6})$ aumenta
(R_{2-3} diminui e R_{3-6} aumenta)

Com isso

- A tensão diferencial no voltímetro é maximizada e a sensibilidade do instrumento aumenta;
- Todos os componentes estão à mesma temperatura;
- O ruído em ambos os terminais é aproximadamente o mesmo.

Observações

Os conversores apresentados servem também como medidores de deslocamento linear e variáveis relacionadas como vibração e força.

Todos se prestam para utilização por sistemas digitais, particularmente porque a compensação de não linearidades é mais convenientemente feita por software.

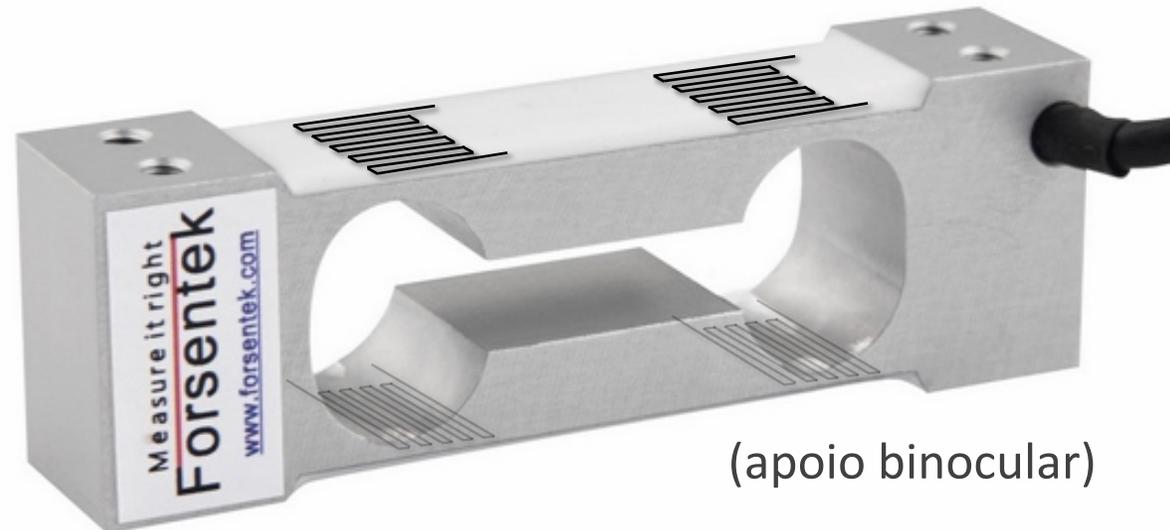
Células capacitivas e extensômetros são mais adequados a pequenos deslocamentos, enquanto LDVTs são frequentemente também utilizados em sistemas de maior porte.

Observações

Extensômetros são também muito utilizados para medir força, baseados na deformação de suportes ou acoplamentos em implementações lineares (especialmente medida de peso) como também para medir torque em implementações rotativas (especialmente em eixos de transmissão).

Nessas aplicações eles são denominados **células de carga**.

SENSOR DE PESO



(apoio binocular)

Observações

SENSOR DE TORQUE ROTATIVO

