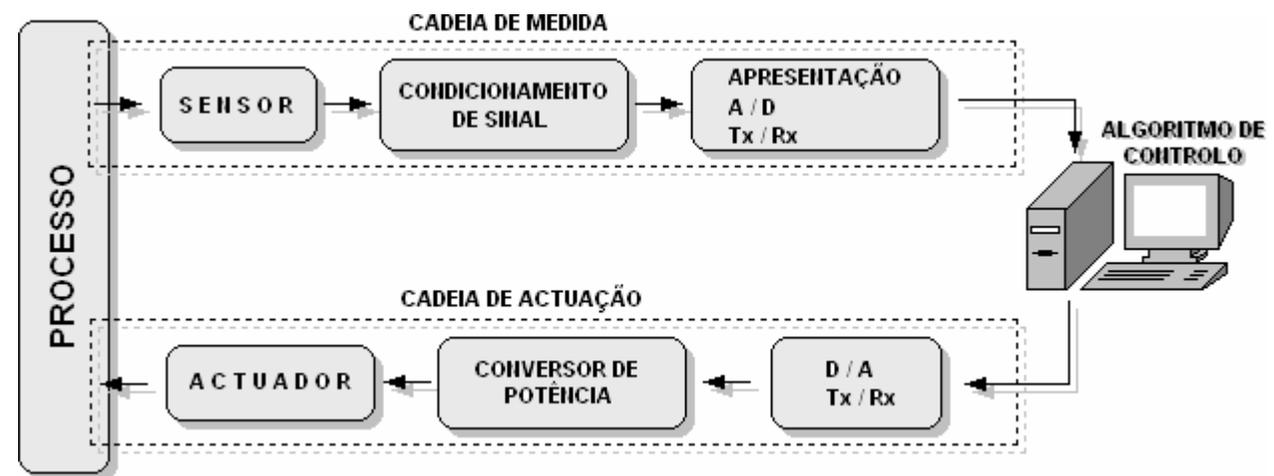


TÉCNICAS DE CONDICIONAMENTO DE SINAL

Objectivos do Condicionamento de Sinal:

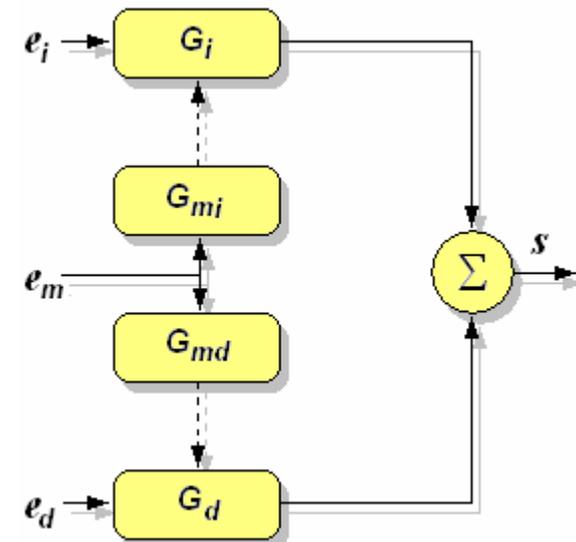
- Amplificação
- Compensação
- Linearização
- Casamento de Impedância
- Aumento da Sensibilidade
- Filtragem



Compensação de grandezas de influência.

- Se o sensor é sensível a outras grandezas além da grandeza que se pretende medir, é importante poder eliminar do sinal de medida a sua contribuição.

- Esta estratégia é normalmente conseguida utilizando um condicionador de sinal que comporta dois sensores idênticos sujeitos às mesmas grandezas de influência mas onde apenas um é sujeito à entidade a medir.

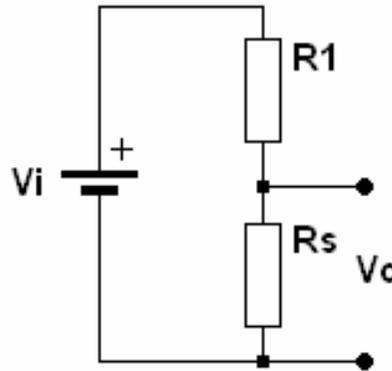


Conversão Impedância/Tensão

- As variações de impedância de um sensor passivo só pode ser traduzida sobre a forma de um sinal eléctrico associando ao sensor uma fonte de tensão e outras impedâncias.
 - A informação contida no sinal eléctrico obtido do condicionamento pode estar contida quer na sua amplitude quer na sua frequência.
 - Revisão de algumas técnicas de condicionamento de sinal aplicadas a sensores passivos em que a informação proveniente do processo a medir está embebida na amplitude da tensão de saída.
 - Montagem Potenciométrica
 - Pontes
-

Montagens Potenciométricas: medida de resistências

- A forma mais óbvia de converter resistência em tensão é a partir de um simples divisor de tensão.

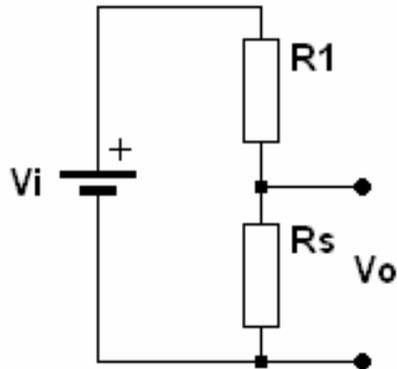


- Três casos distintos para R_1

1º Caso: Montagem potenciométrica com resistência de polarização fixa.

- A resistência R_s refere-se à resistência exibida pelo sensor
- A resistência R_1 é fixa.

Desta forma, a função de transferência do circuito é simplesmente:

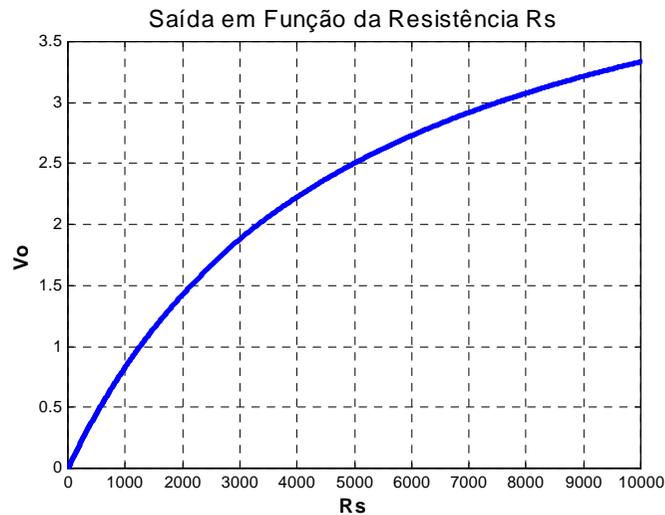


$$V_o = \frac{R_s}{R_s + R_1} V_i$$

$$R_1 \gg R_s$$

$$V_o = \frac{R_s}{R_1} V_i$$

Relação Não-Linear!!!!

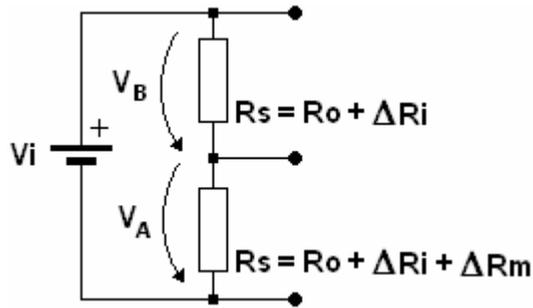


Deverá então a resistência R1 possuir um valor o mais elevado possível?

- Este tipo de montagem apesar de simples por si só não possui a capacidade de compensar os erros de medida por variáveis de influência.

2º Caso: Montagem potenciométrica com resistência de polarização sensível às grandezas de influência.

- A resistência fixa do caso anterior é substituída por uma resistência sensível às grandezas de influência parasitas.
 - Na prática o divisor de tensão é feito recorrendo a dois sensores exactamente idênticos colocados sobre as mesmas condições ambientais mas em que apenas um é sujeito a entidade a medir.
-



- A resistência superior é sujeita apenas às grandezas de influência.

$$V_o = V_A - V_B = \frac{\Delta R_m}{2R_o + 2\Delta R_i + \Delta R_m} V_i$$

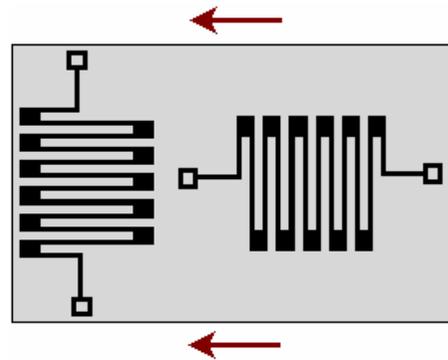
$$R_o \gg |\Delta R_i + \Delta R_m|$$

- A tensão de saída depende apenas da componente de resistência imposta pela entidade que se pretende medir.

$$V_o = \frac{\Delta R_m}{2R_o} V_i$$

Exemplo da aplicação desta estratégia

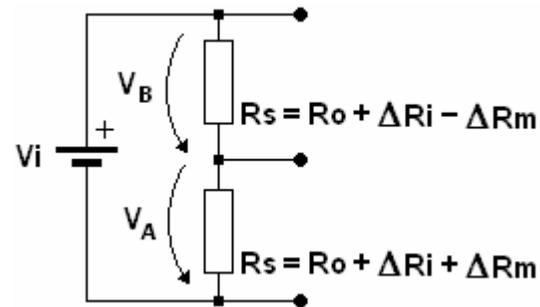
- Uma das grandezas que mais influencia o valor da resistência de um extensómetro é a temperatura.
- De forma a compensar o sinal condicionado desta grandeza de influência um par de extensómetros são montados sobre a mesma base deformável mas com sentidos de deformação perpendiculares.



Ambos estão sujeitos às mesmas grandezas de influência!

3º Caso: A resistência de polarização possui uma variação contrária à do sensor.

- A resistência de polarização do sensor possui uma variação idêntica em módulo e oposta em sinal ao incremento de resistência devido à grandeza a medir.



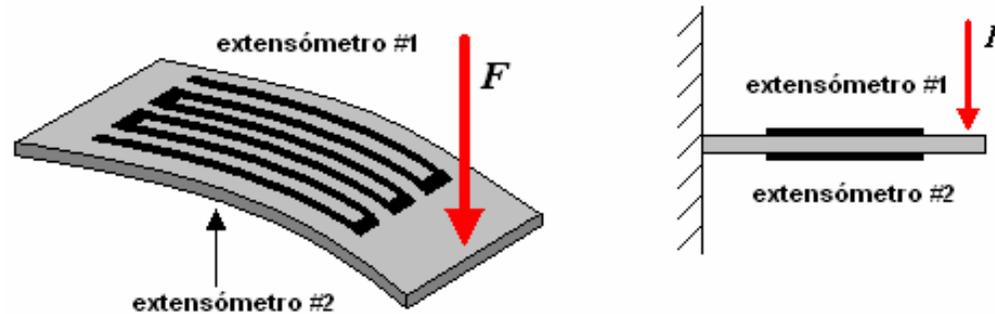
$$V_o = V_A - V_B = \frac{\Delta R_m}{R_o + \Delta R_i} V_i$$

$$R_o \gg |\Delta R_i|$$

$$V_o = \frac{\Delta R_m}{R_o} V_i$$

- Aumento da Sensibilidade
- Linearização

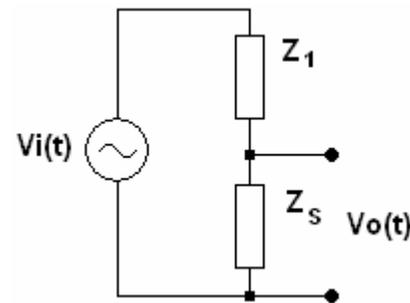
Exemplo de Aplicação



Medida de Impedâncias Complexas

- O conceito de condicionamento de sinal por divisão de tensão pode também ser extrapolado para o caso em que os sensores possuam como saída impedâncias complexas.

Estratégia subjacente ao condicionamento de sinal por montagem potenciométrica.



- O par de impedâncias é alimentado por uma fonte de tensão sinusoidal cuja impedância interna considera-se negligenciável.
- O sinal de medida consistirá numa modulação em amplitude do sinal de entrada devido a variações da impedância do sensor.
- Por forma a remover a informação contida na amplitude do sinal normalmente é levada a cabo uma operação de desmodulação e filtragem.

QUAL DEVERÁ SER A FREQUÊNCIA DO SINAL DE ENTRADA?

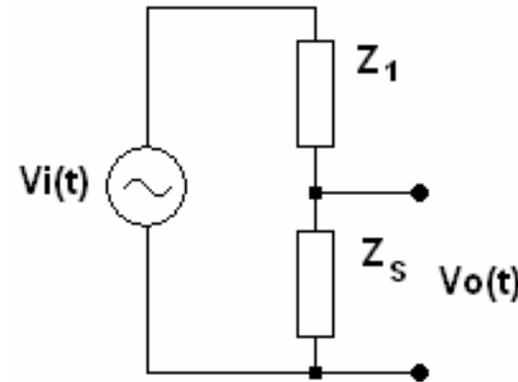
Segundo a natureza da impedância de polarização é possível caracterizar entre outras, duas situações distintas.

- Z1 é puramente ohmica

$$\Delta V_o(t) = \frac{R_1 \cdot \Delta Z_c}{(R_1 + Z_o + \Delta Z_c)(R_1 + Z_o)} V_i(t)$$

$$R_1 \gg |Z_o|$$

$$\Delta V_o(t) = \frac{\Delta Z_c}{R_1} V_i(t)$$



- Z1 é uma impedância idêntica à do sensor

Compensação das grandezas de influência, melhora-se a linearidade, aumento da sensibilidade.

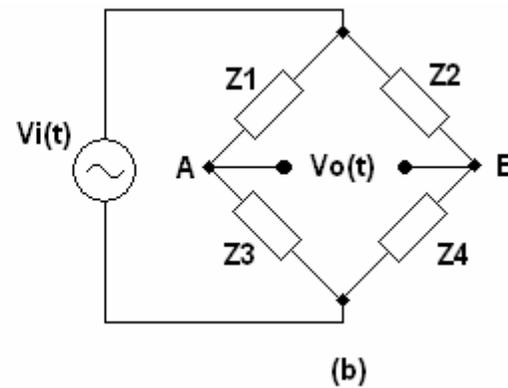
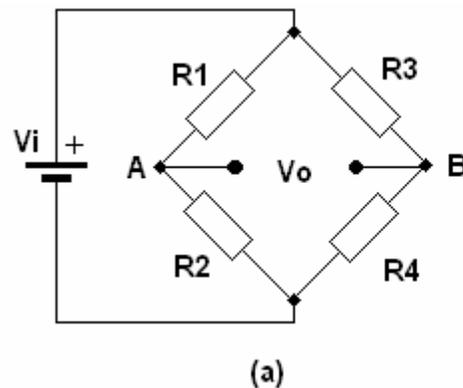
As montagens potenciométricas para o condicionamento de sensores passivos possuem a vantagem de serem simples no entanto este tipo de montagens são altamente sensíveis a tensões parasitas.

DEMO.

Solução: Pontes

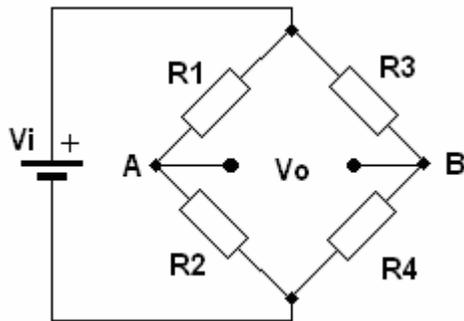
PONTES

- Uma ponte consiste num circuito eléctrico composto por uma montagem potenciométrica dupla.
- Essa montagem pode ser efectuada com apenas elementos resistivos e uma fonte de tensão contínua.
- As impedâncias são complexas e a fonte de tensão é sinusoidal.



Ponte de Wheatstone

- Pode ser usada em duas situações distintas.
 - medida do valor de uma resistência desconhecida por comparação com valores padrão das restantes resistências.
 - usada para detectar pequenas variações na resistência por exemplo de um sensor.



$$V_o = V_A - V_B$$

$$V_o = V_i \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

A saída será nula se o numerador for nulo!

Condição de Equilíbrio...

- Quando o valor das resistências varia com referência à ponte equilibrada, verifica-se que a variação da tensão de saída é proporcional à variação das resistências.

Se determinarmos a sensibilidade da ponte à variação das resistências obtém-se

$$\frac{\partial V_o}{\partial R_1} = V_i \frac{-R_2}{(R_1 + R_2)^2} \qquad \frac{\partial V_o}{\partial R_3} = V_i \frac{R_4}{(R_3 + R_4)^2}$$

$$\frac{\partial V_o}{\partial R_2} = V_i \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2} \qquad \frac{\partial V_o}{\partial R_4} = V_i \frac{-R_3}{(R_3 + R_4)^2}$$

Variação global da tensão de saída devido à variação parcial de cada resistência.

$$\Delta V_o = V_i \left[\left(\frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2} \right) \left(\frac{\Delta R_2}{R_2} - \frac{\Delta R_1}{R_1} \right) + \left(\frac{R_3 R_4}{(R_3 + R_4)^2} \right) \left(\frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) \right]$$

a tensão de desequilíbrio, apesar de proporcional, não é uma função linear da variação das resistências

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_o$$

a variação de apenas uma das resistências de um dado ramo conduz a:

$$V_o = \frac{V_i}{4} \left(\frac{\Delta R}{R_o + \frac{1}{2} \Delta R} \right)$$

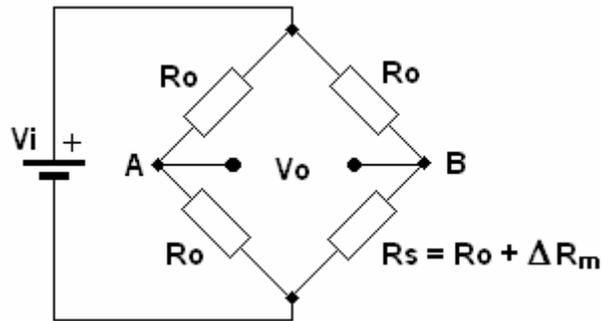
claramente não linear!!!

para variações de resistência muito menores do que a resistência do dispositivo

$$V_o = \frac{V_i}{4} \left(\frac{\Delta R}{R_o} \right)$$

Tal como para a montagem potenciométrica estudada anteriormente a não linearidade da ponte (assim como do sensor) pode ser melhorada recorrendo a configurações que incluem mais do que um sensor.

1º Caso



$$V_o = \frac{V_i}{4} \left(\frac{\Delta R_m}{R_o + 0.5\Delta R_m} \right)$$

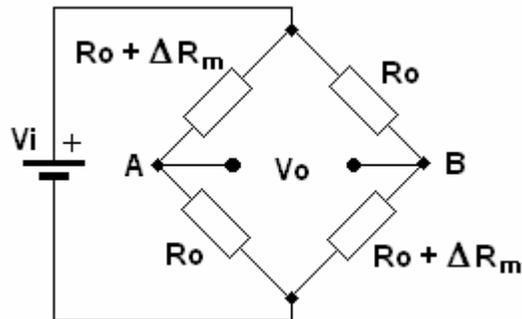
Sem Compensação

Baixa Sensibilidade

Baixa Linearidade

Simplicidade

2º Caso



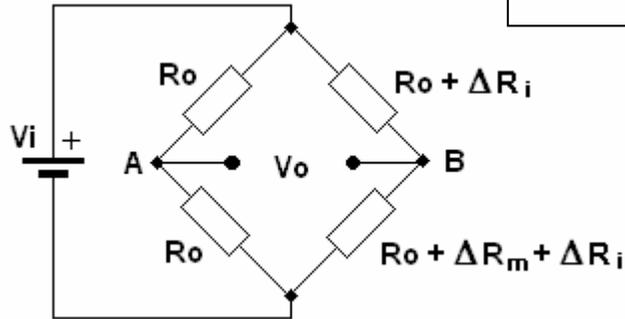
$$V_o = \frac{V_i}{2} \left(\frac{\Delta R_m}{R_o + 0.5\Delta R_m} \right)$$

Sem Compensação

Maior Sensibilidade

Baixa Linearidade

3º Caso



$$V_o = \frac{V_i}{4} \left(\frac{\Delta R_m}{R_o + 0.5(\Delta R_m + \Delta R_i)} \right)$$

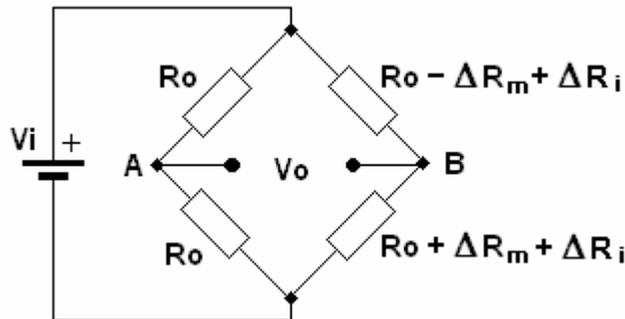
$$V_o = \frac{V_i}{4} \left(\frac{\Delta R_m}{R_o + 0.5\Delta R_m} \right)$$

Baixa Linearidade

Baixa Sensibilidade

Compensação

4º Caso



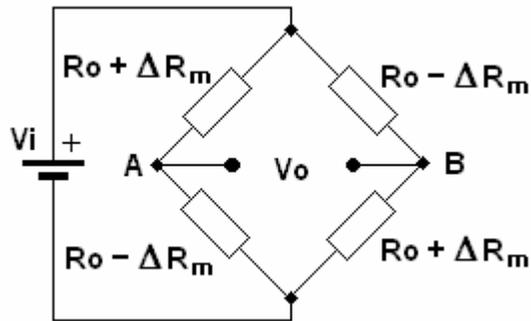
$$V_o = \frac{V_i}{2} \left(\frac{\Delta R_m}{R_o + \Delta R_i} \right)$$

Maior Sensibilidade

Melhor Linearidade

Compensação

5º Caso



$$V_o = V_i \left(\frac{\Delta R_m}{R_o + \Delta R_m} \right)$$

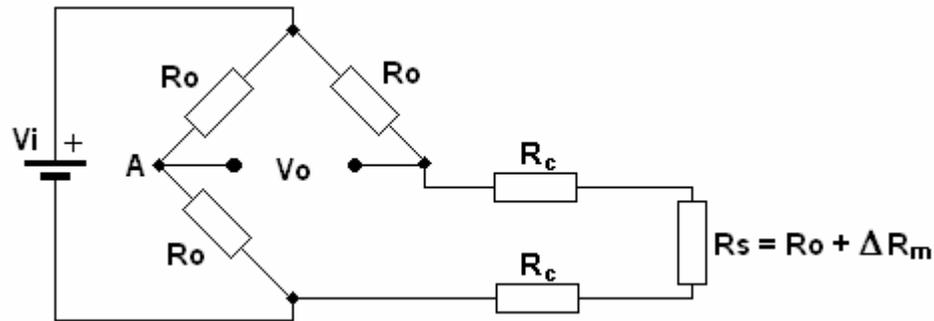
Linearidade

Sensibilidade

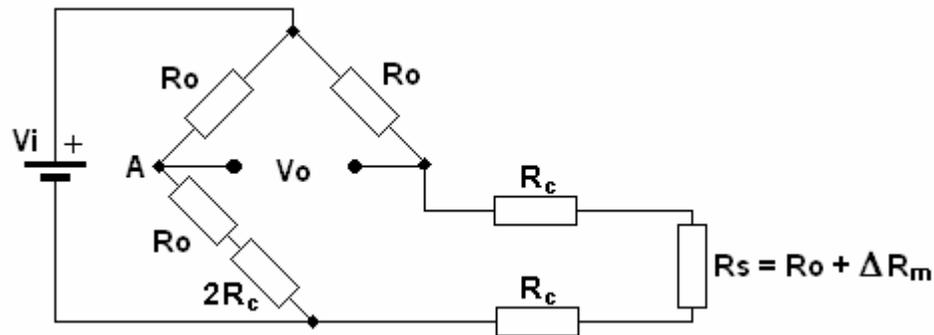
Compensação

Complexidade

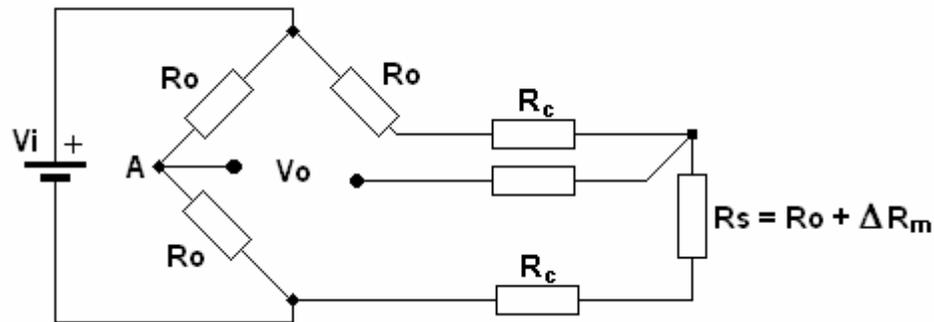
Normalmente o sensor está afastado da ponte. O que acontece nessa situação???



Compensação das resistências dos condutores ???????



Tensão de desequilíbrio independente da variação da resistência dos condutores:
montagem a três fios

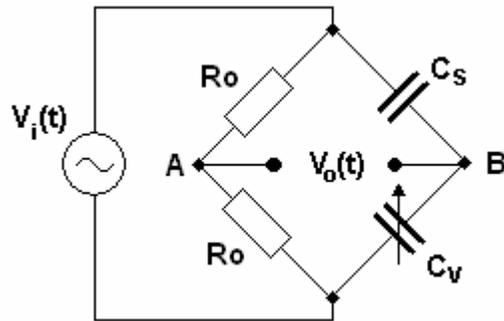


Tal como as montagens potenciométricas as pontes também podem ser usadas para medir variações em impedâncias complexas.

-Ponte de Sauty

-Ponte de Maxwell

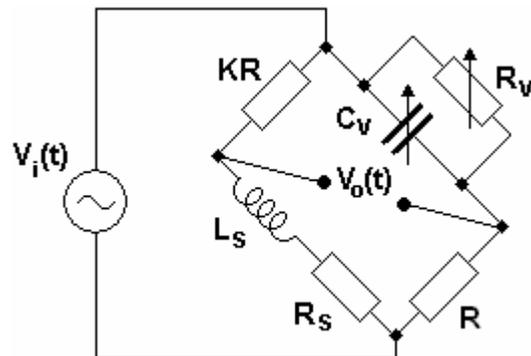
Ponte de Sauty



Condição de equilíbrio: $C_v = C_o$

$$V_o(t) = \frac{V_i(t)}{2} \cdot \frac{C_v - C_s}{C_v + C_s}$$

Ponte de Maxwell



Condição de equilíbrio $Z_s Z_v = KR^2$

$$K = 1 \text{ e } R = |Z_o|$$

$$V_o(t) = \frac{V_i(t)}{2} \cdot \frac{R + \Delta Z_s}{(R + Z_o)^2}$$

Conversão Impedância/Frequência

- Um método alternativo consiste na observação não da amplitude mas da frequência do sinal de saída face a uma variação da impedância de um determinado sensor passivo.
- Como base neste tipo de circuitos de condicionamento encontram-se os osciladores.
- Fornecem um sinal cuja frequência é modulada pela informação proveniente do processo a medir por variação da impedância do sensor.

Codificando a informação na frequência possui a vantagem de:

- Melhor imunidade às interferências electromagnéticas
 - A conversão da informação sobre a forma numérica é facilitada (contagem de períodos)
-

- Contudo, para este tipo de condicionamento de sinal a relação entre a frequência de saída e a variação da impedância do sensor é não-linear

Existem basicamente dois tipos de osciladores:

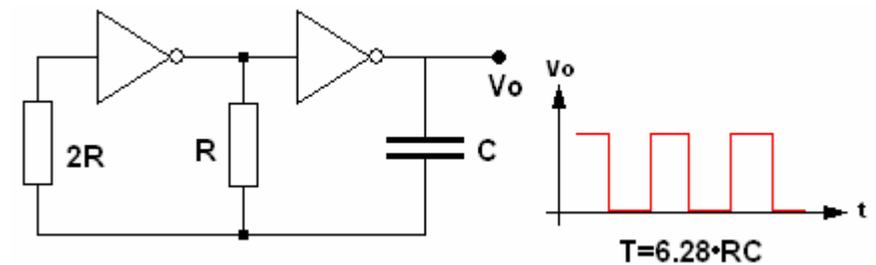
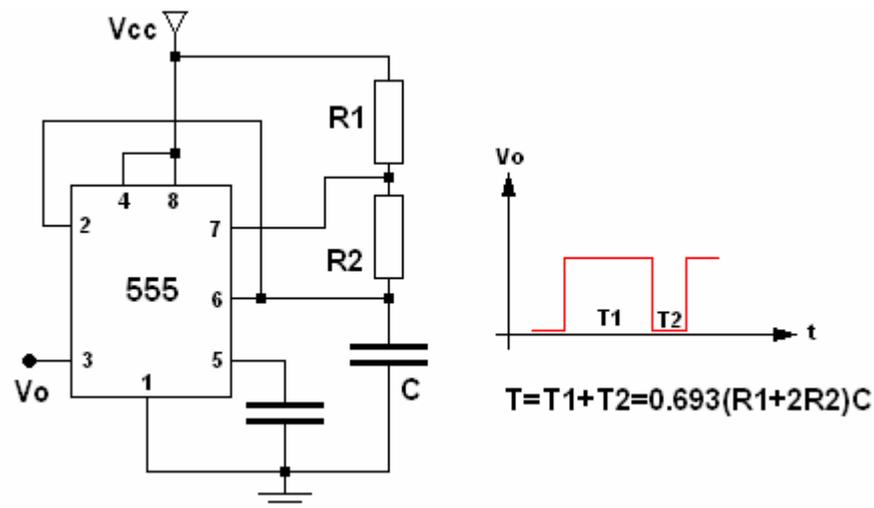
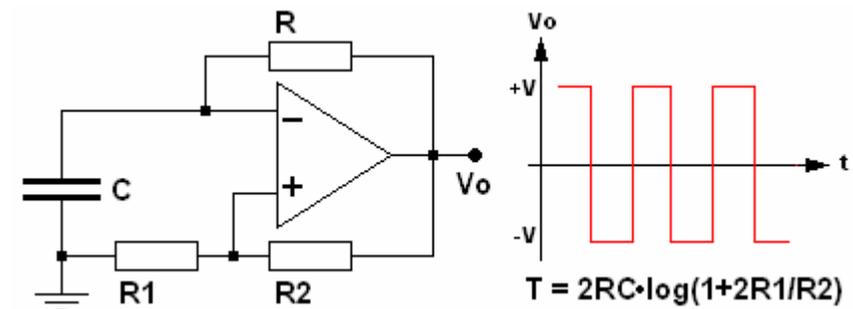
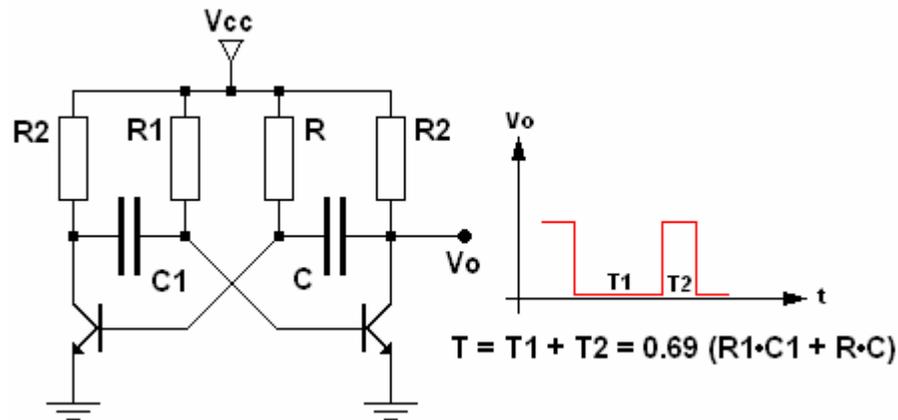
- Os osciladores sinusoidais.
- Os osciladores de relaxação.

- Os primeiros tem por base a variação da frequência de uma onda sinusoidal provocada por variações de impedância.

Exemplos: oscilador Colpitts e o oscilador Hartley

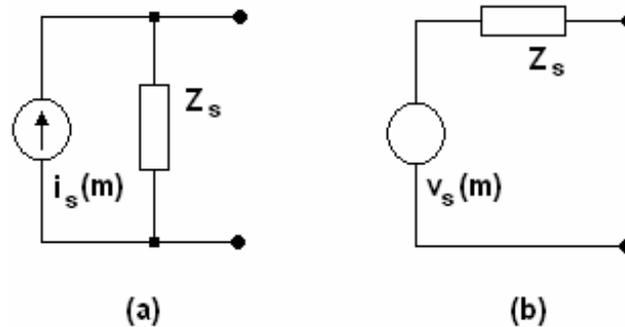
- O oscilador de relaxação têm por base um multivibrador astável que não é mais do que um gerador de sinais rectangulares.
-

Alguns exemplos:



Pré-Amplificadores

Qualquer sensor pode ser visto, a partir dos seus terminais de saída, como sendo equivalente a um circuito composto por uma fonte e uma impedância interna.



- O circuito de condicionamento que se lhe segue deve possuir uma impedância de entrada de acordo com o tipo de comportamento que se pretende que este exiba.

Se for objectivo a medição da corrente de um sensor electricamente equivalente a uma fonte de corrente:

$$i_m(m) = i_s(m) \frac{Z_s}{Z_i + Z_s}$$

Se a informação correspondente à entidade a medir é fornecida sobre a forma de uma f.e.m.

$$V_m(m) = V_s(m) \frac{Z_i}{Z_i + Z_s}$$

Conclui-se que o dispositivo de condicionamento de sinal deve possuir uma impedância apropriada ao modelo de funcionamento do sensor adoptado.

- Devido ao baixo nível de potência fornecido pelos sensores um dos papéis do circuito de condicionamento passa, sem dúvida, pela amplificação.

Necessidade de elevar o nível dos sinais provenientes do sensor?

A base da maior parte dos sistemas de condicionamento de sinal é o amplificador operacional (AMPOP).

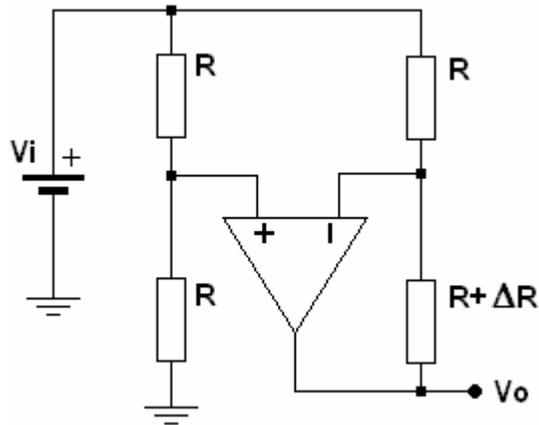
AMPOP's

- Amplificador de corrente contínua do tipo diferencial com elevado ganho.
- Possui duas entradas uma inversora e uma não-inversora.
- O comportamento deste tipo de dispositivos é regulado por uma malha de realimentação.

Características Ideais:

- Ganho de tensão em malha aberta infinito.
 - Impedância de entrada infinita.
 - Impedância de saída nula.
 - Largura de banda infinita.
-

Linearização



$$V_o = -\frac{V_i}{2} \left(\frac{\Delta R}{R} \right)$$

Fontes de Erro

Amplificador Ideal <> Modelo

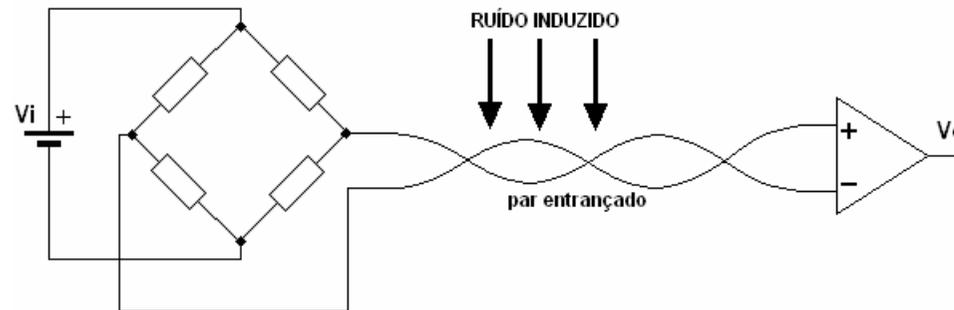
Entre outros, os erros de aproximação ao modelo ideal devem-se a:

- Tensões de Offset

- Correntes de Polarização
- Deriva
- Erros de Ganho

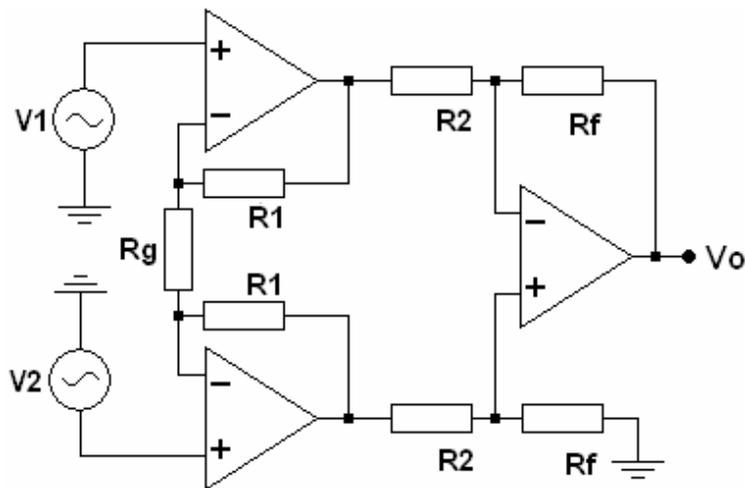
Quando um amplificador operacional é usado na sua configuração diferencial admite-se que este possui ganhos idênticos para ambas as entradas !

(D.)



Amplificador de Instrumentação

Amplificador diferencial otimizado relativamente aos seus parâmetros DC



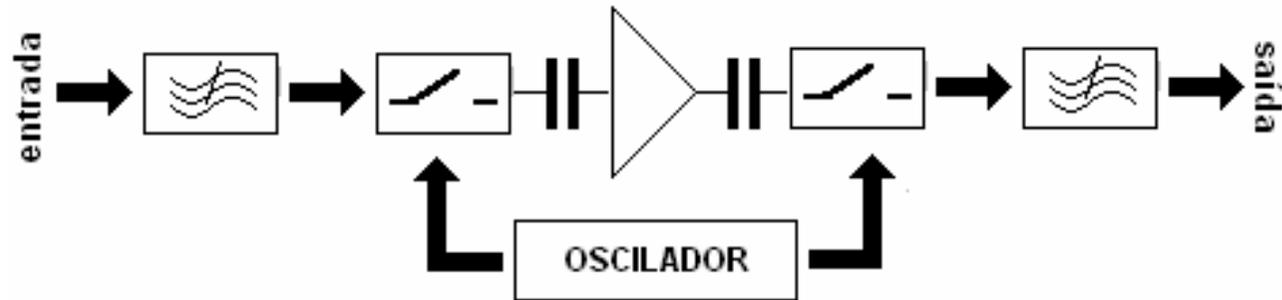
$$V_o(t) = (V_2(t) - V_1(t)) \left(\frac{R_f}{R_2} \right) \left(1 + 2 \frac{R_1}{R_g} \right)$$

Permite o ajuste do ganho diferencial por variação de apenas uma resistência.

- Não Altera CMRR
- Não Altera Zi

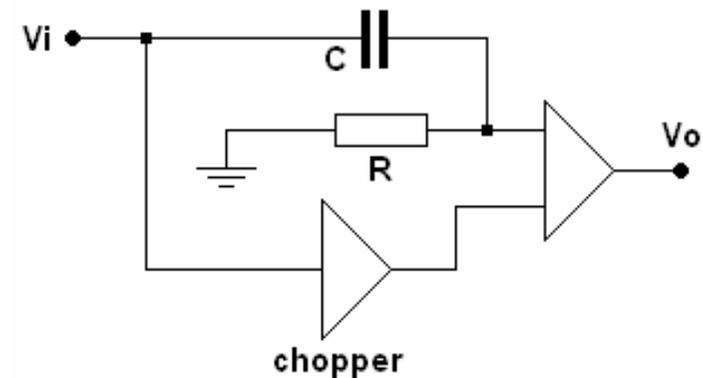
Amplificador Chopper

- Problema de Deriva



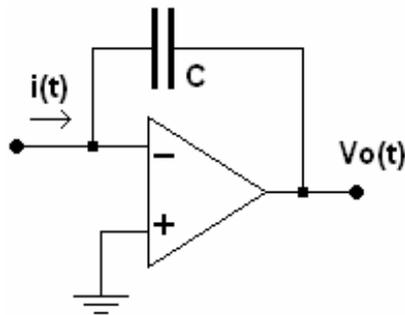
- Amplificador Estabilizado por Chopper

Consiste em separar do sinal de entrada as componentes de alta frequência das componentes de baixa frequências.



Amplificador de Carga

Um amplificador sensível à carga é um amplificador operacional inversor com uma capacidade como impedância de realimentação



$$V_o(t) = \frac{\int i(t) dt}{C} = \frac{q}{C}$$

Este dispositivo de condicionamento de sinal fornece uma tensão proporcional à carga podendo ser usado em duas situações distintas:

- A grandeza a traduzir é proporcional à carga que aparece nos eléctrodos do sensor (ex. sensor piezoeléctrico).
- O sinal que aparece aos terminais do sensor é função da capacidade do sensor.