

# Capítulo 3

## *Acurácia de um sistema de medição em regime permanente*

Aula 4: Técnicas de redução de erros

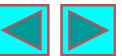
*Prof. Fernando C. Guimarães – ENE – FT – UnB*

*Slides: Prof. Lélío R. Soares Júnior – ENE – FT – UnB*

## *Acurácia de um sistema de medição em regime permanente*

### Técnicas de redução de erros

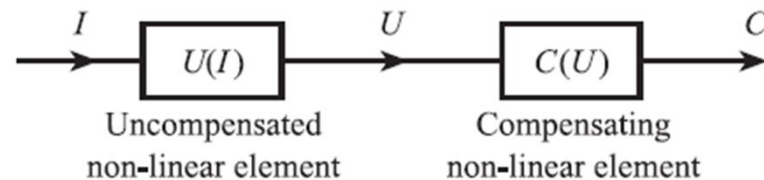
- ✓ Para cada elemento do sistema de medição, características **não lineares e entradas ambientais** influenciam o **erro** do sistema como um todo.
- ✓ Ao se **identificar** determinados **elementos** com fortes características não ideais (não lineares e susceptíveis a efeitos ambientais), pode-se tentar adotar estratégias de **compensação** dos mesmos.



## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

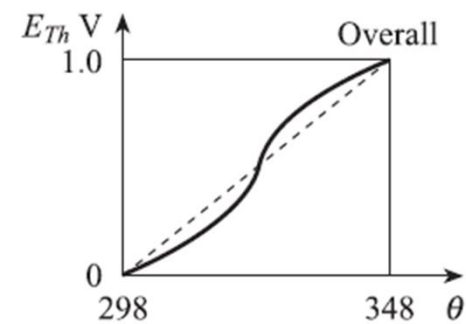
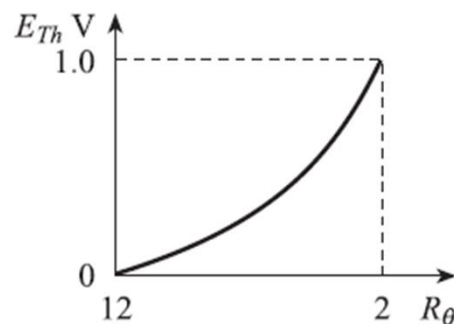
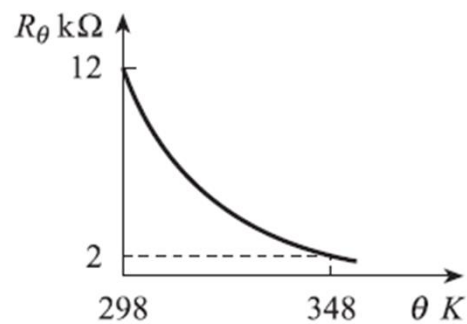
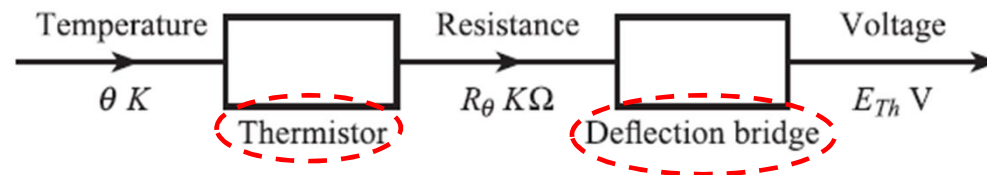
### Técnicas de redução de erros

#### a) Elemento de compensação não linear



$C(U(I))$  o mais próximo possível da linha reta ideal

Ex:



## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

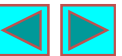
### Técnicas de redução de erros

#### b) Reduzindo efeitos ambientais por **isolação**

- ✓ Isolar o(s) elemento(s) tal que  $I_M = 0$  e  $I_I = 0$ .

Exemplos:

- Colocar a junção do **termopar** de referência em um recipiente com temperatura controlada
- Isolar **dispositivos mecânicos** das vibrações externas utilizando molas e amortecedores de sustentação



## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

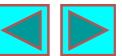
### Técnicas de redução de erros

c) Reduzindo efeitos ambientais por redução da(s) sensibilidade(s)

✓ Projetar (construir) elemento(s) tal que  $K_M = 0$  e  $K_I = 0$ .

Exemplo:

- **Strain gauge** feito de uma liga com coeficiente de dilatação e sensibilidade da resistência em função da temperatura muito baixas.



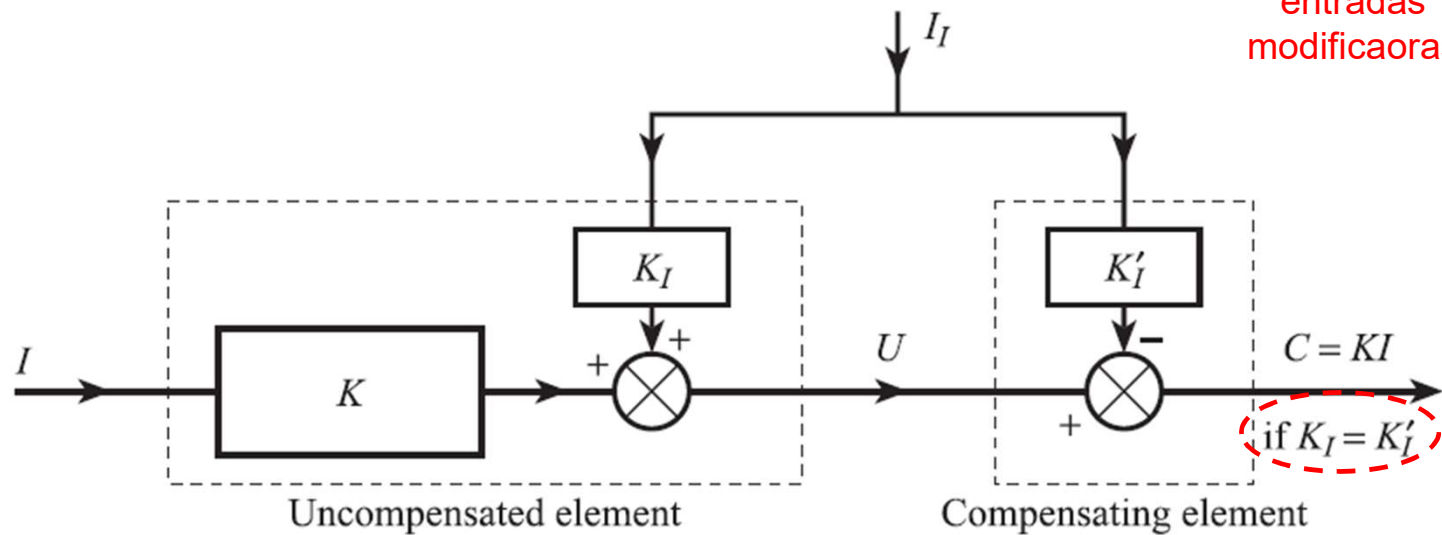
## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

### Técnicas de redução de erros

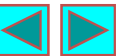
#### d) Criando oposição às entradas ambientais

- ✓ Procurar o cancelamento do efeito

Exemplo (para entrada de interferência):



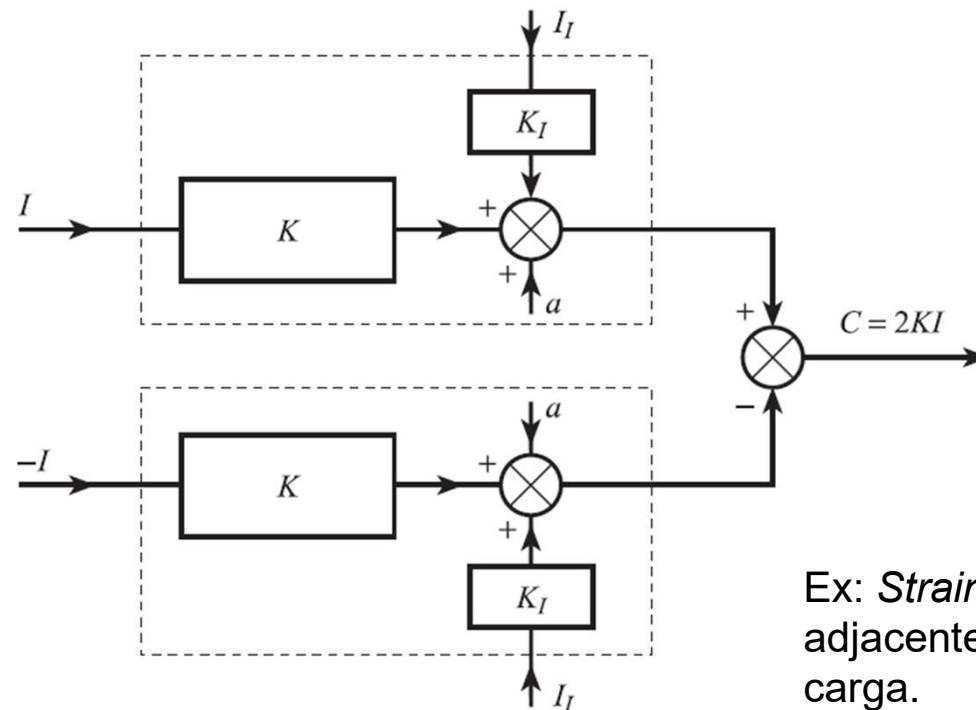
OBS. Pode ser  
estendido à  
entradas  
modificaoras



## Acurácia de um de sistema de medição em regime permanente

### Técnicas de redução de erros

Uso da abordagem diferencial:



Ex: *Strain gauges* em locais adjacentes de uma célula de carga.

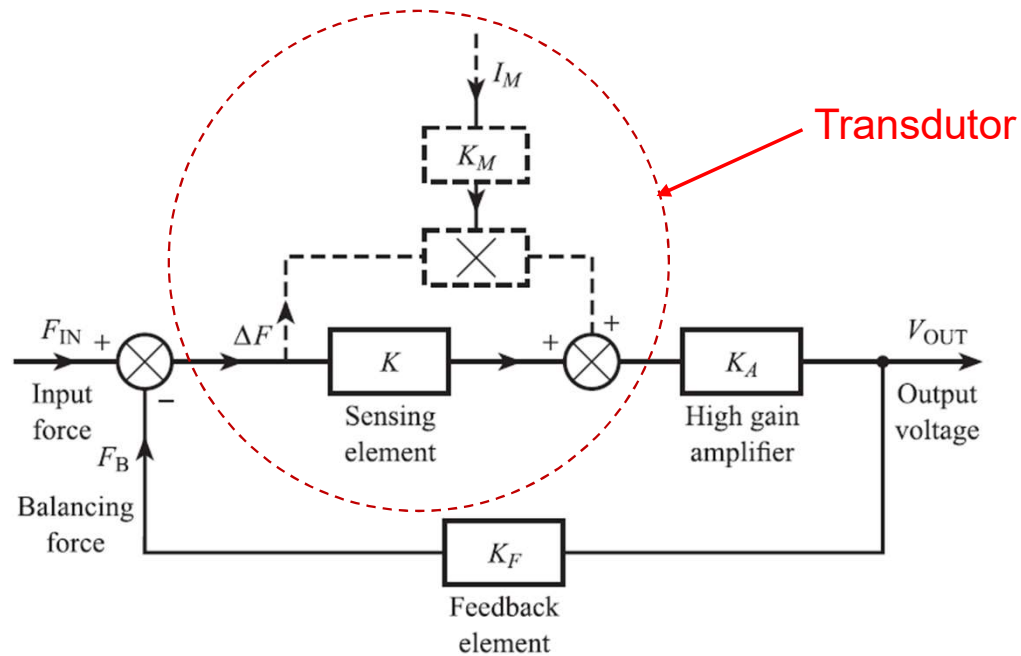
## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

### Técnicas de redução de erros

e) Uso de realimentação negativa com alto ganho

✓ Muito utilizado para compensar não linearidades e entradas modificadoras

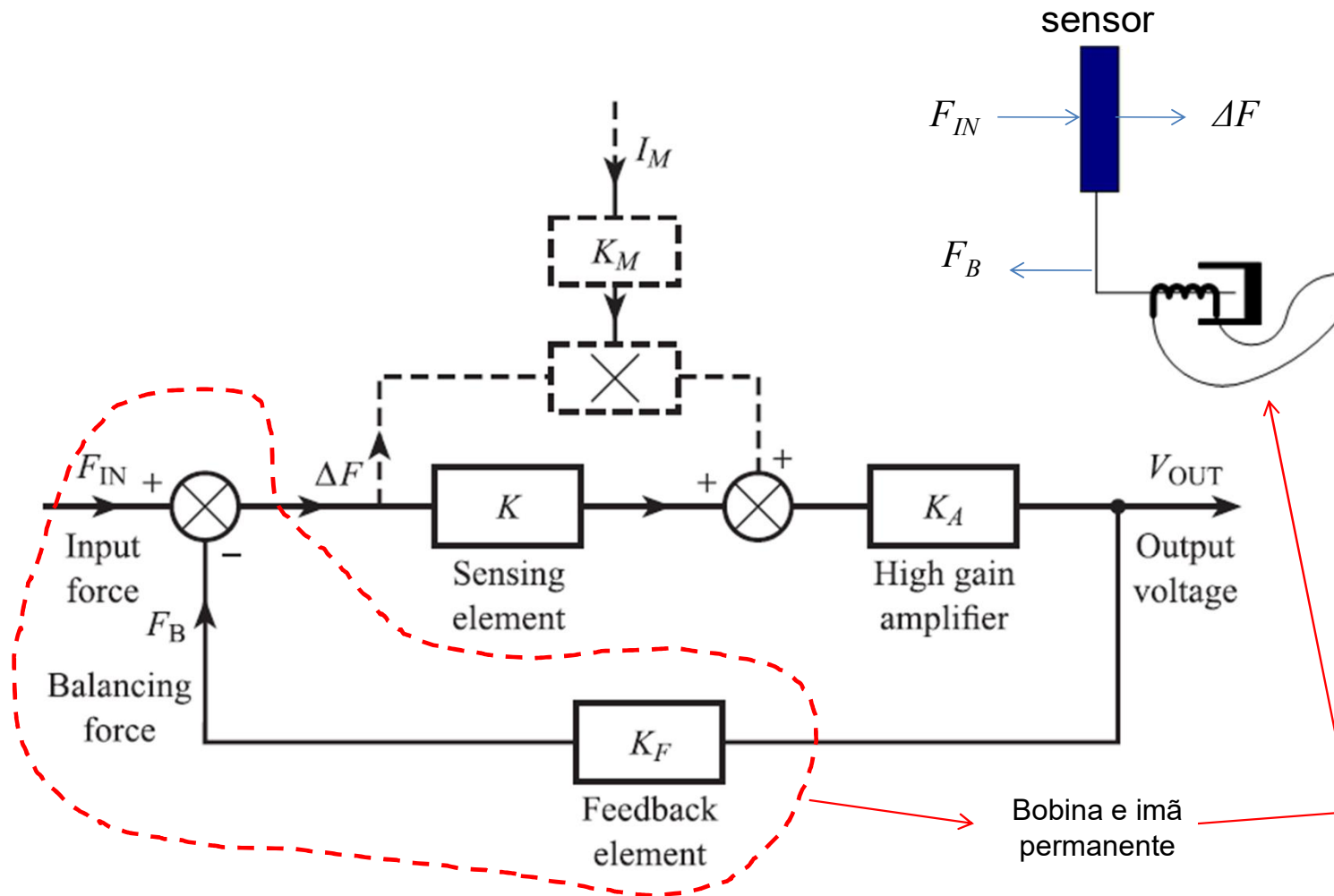
Exemplo (transdutor de força): *força*  $\rightarrow$  *tensão elétrica*





## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

### Técnicas de redução de erros



## Acurácia de um sistema de medição em regime permanente

### Técnicas de redução de erros

Se  $I_M = 0$  (em regime permanente)  $\rightarrow V_{OUT} = \frac{KK_A}{1 + KK_AK_F} F_{IN}$

Se  $K_A$  for alto, o suficiente tal que  $KK_AK_F \gg 1 \rightarrow V_{OUT} \approx \frac{1}{K_F} F_{IN}$

Se  $I_M \neq 0$  (em regime permanente)  $\rightarrow V_{OUT} = \frac{(K + K_M I_M)K_A}{1 + (K + K_M I_M)K_AK_F} F_{IN}$

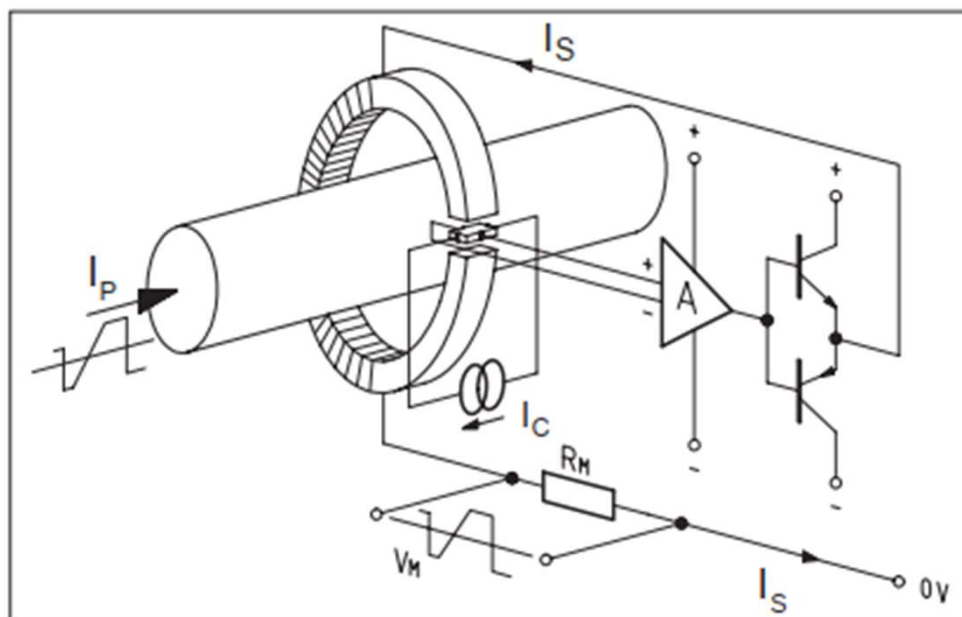
Se  $K_A$  for alto, o suficiente, tal que  $(K + K_M I_M)K_AK_F \gg 1 \rightarrow V_{OUT} \approx \frac{1}{K_F} F_{IN}$

- $V_{out}$  será pouco influenciado por  $K$ ,  $K_A$  e  $K_M$ . Deve-se garantir que  $K_F$  independa (ou seja pouco sensível a) de efeitos ambientais e seja linear.



# NOTAS E COMENTÁRIOS

Transdutor de corrente de malha fechada:



*Fim.*