

Lista de Exercícios - TM247 – Sistemas de Medição – 29/08/2016

1) Um manômetro foi construído com estes módulos:

a) **Transdutor extensométrico**

Faixa de medição: 0 a 20 bar

Sensibilidade: 2 mV/bar

Incerteza Expandida ( $U_{TE}$ ):  $\pm 0,02$  mV

b) **Amplificador**

Faixa de medição:  $\pm 100$  mV (sinal de entrada)

Fator de amplificação: 100

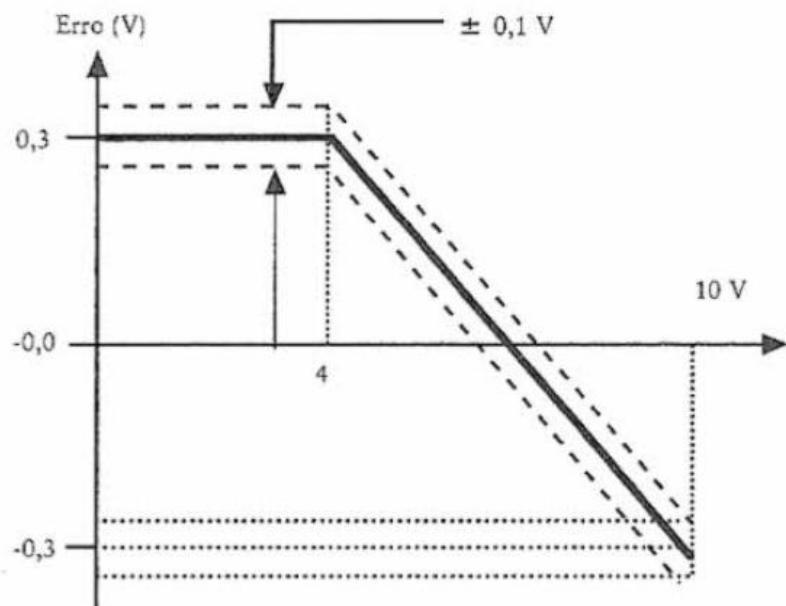
Nível de ruído ( $U_A$ ):  $\pm 0,1\%$  do VFE

c) **Indicador Digital**

Faixa de indicação:  $\pm 9,98$  V

Resolução: 0,02 V

Curva de erros: figura



Determine:

- i) Qual o valor esperado para a indicação direta ao ser aplicada uma pressão estável de 10 bar?
- ii) Se a indicação direta for de 2,00V, qual o valor da pressão?

Resposta: i)  $(2,3 \pm 0,1)V$  ii)  $(8,5 \pm 0,5)bar$

- 2) Montou-se um tacômetro (medidor de rotação) com os elementos a seguir descritos.

Pergunta: qual a rotação quando a indicação direta é 1260 mV?

a) **Gerador (gera tensão elétrica proporcional à rotação)**

Sensibilidade: 0,02mV/RPM

Td: 0,12mV

Re:  $\pm 0,02\text{mV}$

b) **Amplificador**

Amplificação: 10,00X

Tensão de saída: 0 a 5 V

Td: 0,00V

Re:  $\pm 0,1\%$  do Valor medido

c) **Indicador digital**

Faixa de indicação: 0 a 1999mV

E<sub>máximo</sub>:  $\pm 4\text{mV}$

Resposta:  $(6294 \pm 21)\text{rpm}$

- 3) Considere o seguinte sistema de medição:

a) **Transdutor (termopar FeKo com gelo eletrônico)**

Faixa de medição:  $\pm 200^\circ\text{C}$

Sensibilidade:  $53\mu\text{V/K}$

Em toda a faixa de medição

U<sub>T</sub>:  $\pm 80\mu\text{V}$

b) **Amplificador de sinal**

Faixa de medição:  $\pm 50\text{mV}$  na entrada

Amplificação: 2000X

Td: 0,0mV

Ruído:  $\pm 0,2\%$

Estabilidade da sensibilidade:  $-0,1\%/\text{K}$

c) **Indicador digital**

Faixa de medição:  $\pm 20\text{ V}$  na entrada

Erro máximo:  $\pm 150\text{ mV}$

Estabilidade do zero:  $-20\text{mV/K}$

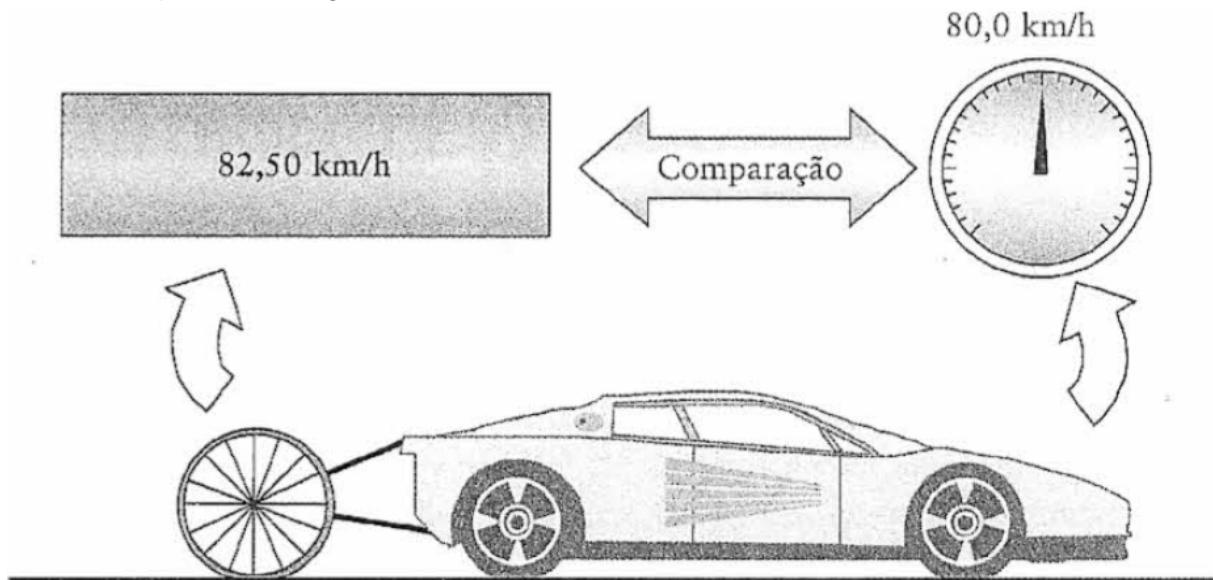
Resolução:  $0,002\text{V}$

Qual a temperatura medida quando a indicação direta é de 9,896V sabendo que o local onde se encontra o sistema de medição está sujeito a variações não controladas de temperatura dentro da faixa  $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ?

Resposta:  $(93,36 \pm 3,40)\text{K}$

- 4) Em função de dezenas de reclamações de motoristas, que estariam sendo injustamente multados por excesso de velocidade ao passar por uma mesma lombada eletrônica, cuja velocidade máxima é de 60km/h, o Detran contratou uma empresa para fazer uma verificação. Para tal, foi usado um automóvel equipado com

um sistema para medição de velocidade do tipo “quinta roda”, ilustrado na figura, composto dos seguintes elementos:



**a) Gerador elétrico acoplado à quinta roda com:**

Sinal proporcional à velocidade de:  $10\text{mV}/(\text{km/h})$   
Faixa de medição: 0 a 120 km/h  
Erro máximo de: 0,5%

**b) Amplificador com ganho de 10 vezes**

Correção: -0,10V na saída  
Ruído:  $\pm 0,05\text{V}$  na saída

**c) Dispositivo mostrador digital:**

Erro máximo:  $\pm 0,02\text{V}$

Sabendo que o Detran aplica multas somente quando a velocidade supera o limite nominal em 10% e que, a indicação direta do sistema tipo “quinta roda” era de 6,60 V quando a lombada eletrônica indicava 66km/h, responda:

- O que é possível afirmar sobre o funcionamento da lombada? Os motoristas que reclamaram tinham razão?
  - Para reduzir pela metade a incerteza do sistema tipo quinta roda, o que deveria ser feito? Que módulo(s) deveria(m) ser melhorado(s)? E de quanto?
- 5) Uma barra de cobre retangular, de massa  $M = (135 \pm 1)\text{g}$ , possui comprimento  $a = (80 \pm 1)\text{ mm}$ , largura  $b = (10 \pm 1)\text{ mm}$  e altura  $h = (20 \pm 1)\text{ mm}$ ; seu momento de inércia  $I$  em torno de um eixo central e perpendicular à face  $ab$  é:  $I = \frac{M(a^2 + b^2)}{12}$ . Considerando os dados com distribuições normais. Determine:
  - o valor do momento de inércia

- b) a densidade da barra.

**Resposta:** a)  $I = (73125 \pm 1893) gmm^2$  b)  $D = (8,4 \pm 3,7) mg / mm^3$

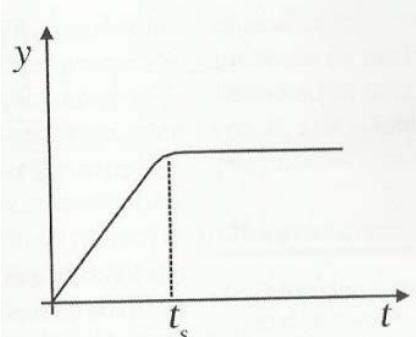
- 6)** Determine F e a respectiva incerteza combinada, sendo  $A = (25 \pm 1)$ ,  $B = (10 \pm 1)$  e  $C = (25 \pm 5) \text{ unid}$ . Resolva considerando 2 casos: A, B e C com distribuições normais e A, B e C possuindo distribuições retangulares e compare os resultados.

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad & F = AB^{1/2} \\ \text{b)} \quad & F = 3A^{3/2} - \frac{1}{B} \\ \text{c)} \quad & F = \ln(A) + (BC)^2 \end{aligned}$$

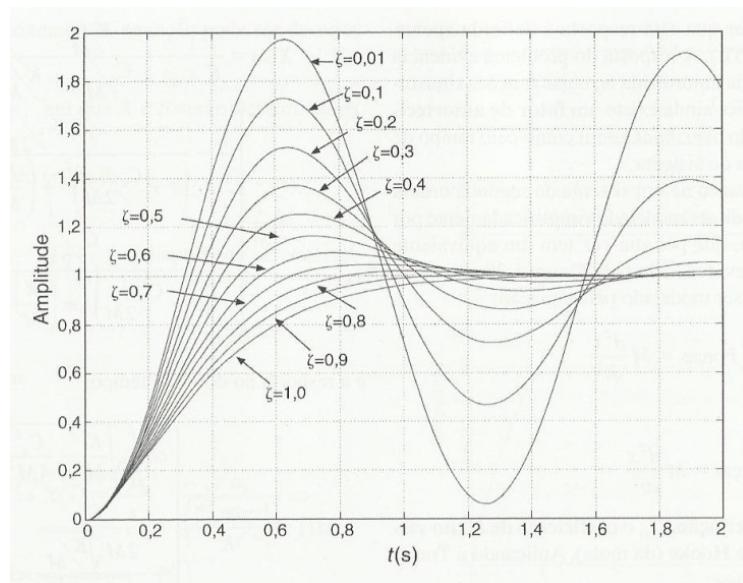
- 7)** Ao desenvolver um novo Sistema de Medição de força, através de variação de capacidade, o pesquisador se deparou com os seguintes resultados:

Medida	A (N)	C (F)
<b>1</b>	12,211	4,042
<b>2</b>	12,583	4,117
<b>3</b>	11,556	3,911
<b>4</b>	12,792	4,158
<b>5</b>	12,654	4,131
<b>6</b>	11,863	3,973
<b>7</b>	12,082	4,016
<b>8</b>	11,819	3,964
<b>9</b>	12,070	4,014
<b>10</b>	11,543	3,909

- a) Através do método de mínimos quadrados escreva a equação para a Curva Característica de Resposta.
- b) Se o valor mostrado for de 4 Farad qual será a força aplicada ?
- 8)** Observando o gráfico da Figura abaixo, diga qual a ordem de um sistema deste tipo? De um exemplo de sistema desta ordem.



- 9) Observando os gráficos da Figura abaixo, é possível verificar vários fatores de amortecimento, tais como: subamortecido, criticamente amortecido, superamortecido e sem amortecimento.  
 a) Identifique cada fator de amortecimento de acordo com o valor de  $\xi$ .



- 10) Para os dados da tabela trace os resultados usando uma escala retangular. Determine a sensibilidade do sistema em (a)  $X=5$ , (b)  $X=10$  e (c)  $X=20$ . Para quais valores de entrada o sistema é mais sensível? Explique o que isso pode significar em termos de uma medição e em termos de erros de medição.

X (mm)	Y (V)
0,5	0,4
1	1
2	2,3
5	6,9
10	15,8
20	36,4
50	110,1
100	253,2

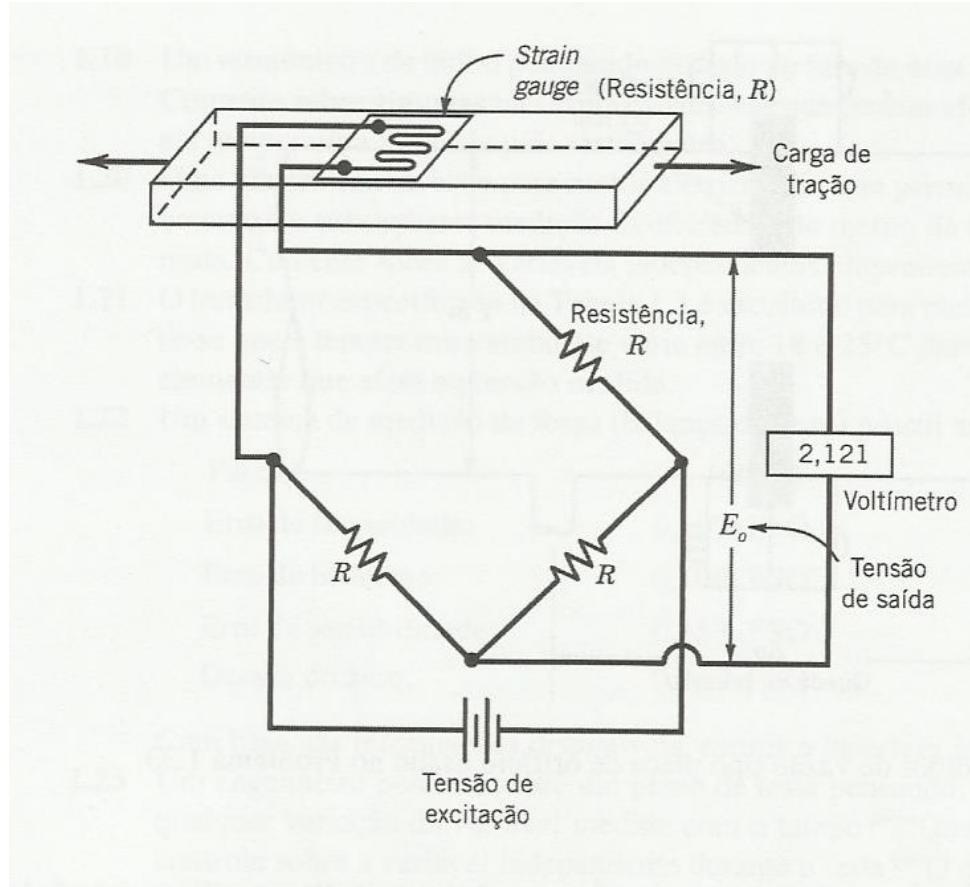
- 11) Considere os dados para calibração de um voltímetro. Trace um gráfico de ida e um de volta com os dados. Especifique a porcentagem máxima de histerese com base no gráfico. Calcule o erro de linearidade para os dados de ida.

Ida (mV)	
X	Y
0,5	0,1
1,0	1,1
2,0	2,1
3,0	3,0
4,0	4,1
5,0	5,0

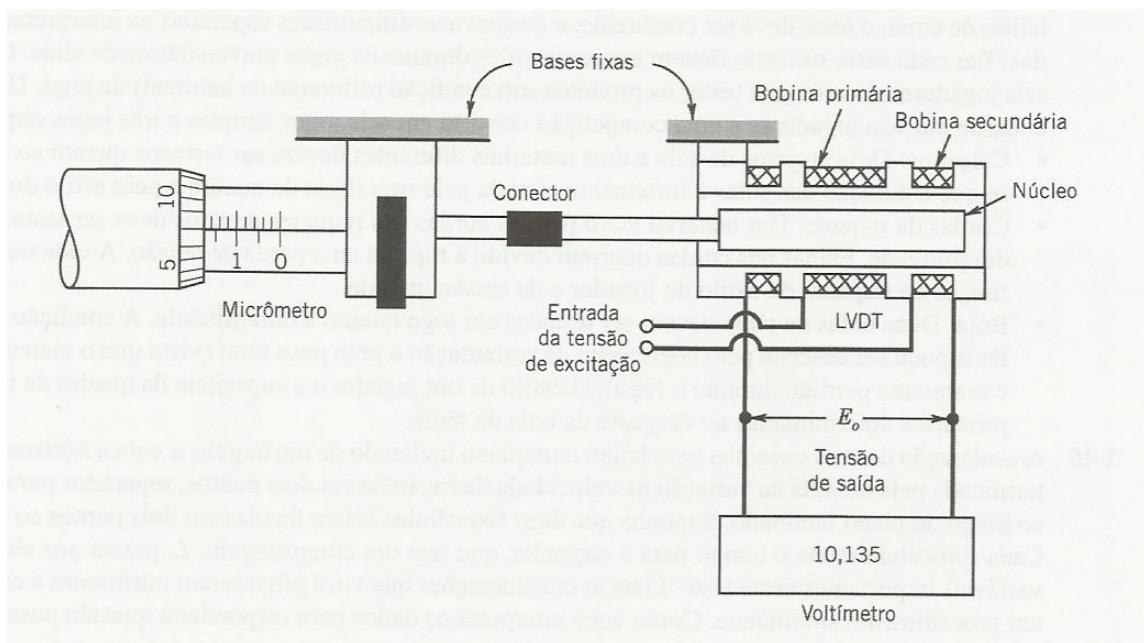
Volta (mV)	
X	Y
5,0	5,0
4,0	4,2
3,0	3,2
2,0	2,2
1,0	1,2
0,0	0,2

- 12) Quando um medidor de força *strain gauge* é tracionado sob uma tensão uniaxial, sua resistência elétrica varia com a força imposta. Um circuito de ponte de Wheatstone é

utilizado para converter a variação de resistência em tensão. Suponha que a carga de tração conhecida fosse aplicada ao sistema mostrado na Figura abaixo e que a saída fosse medida em um voltímetro. Quais as variáveis que pode ser observadas nessa **calibração**? Você pode sugerir alguma variável extrínseca? (ou seja, as variáveis que não são ou não podem ser controladas durante a calibração ou medição).



- 13) Um transdutor de deslocamento variável linear (LVDT, Linear Variable Displacement Transducer) capta o deslocamento e indica uma saída de tensão, que é linear com a entrada. A Figura abaixo mostra uma montagem de um LVDT utilizado para calibração estática. Ele usa um micrômetro para aplicar como entrada o deslocamento conhecido e um voltímetro para medir a saída. Uma tensão bem-definida alimenta o transdutor. Quais as variáveis que pode ser observadas nessa **calibração**? Você pode sugerir alguma variável extrínseca?



- 14)** Um termopar, que responde como um instrumento de primeira ordem, tem uma constante de tempo de 20ms. Determine seu tempo de ascensão a 90%.
- 15)** Durante uma calibração em função degrau, um instrumento de primeira ordem foi exposto a uma variação degrau de 100 unidades. Se o instrumento indica 80 unidades após 1,2s, estime a sua constante de tempo. Estime o erro no valor indicado após 1,5s.  $y(0) = 0$  unidades e  $K = 1$  unidade / unidade.
- 16)** Um sensor de primeira ordem deve ser instalado no vaso de um reator para monitorar a temperatura. Se ocorrer um aumento súbito na temperatura maior que 100°C, o desligamento no reator deverá começar dentro de 5s após atingir 100°C. Determine a constante de tempo máxima admissível para o sensor.