



kroton
paixão por educar

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
2º semestre- 2016

Instrumentação Eletroeletrônica
Eng^{as} Elétrica e Produção–
8ºsemestres

Prof. Ms.Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com
cmalheiro@aedu.com

<http://cristianotm.wix.com/aulas>

1



Aula 4

Critérios de Avaliação

1. Avaliações:
 - B1 – peso 4- 1º bimestre:
 - 3 pontos (laboratório, participação e listas) – ATPS
 - 7 pontos (avaliação prevista para **27/09/2016**).
 - B2 – peso 6 – 2º bimestre:
 - 3 pontos (laboratórios, projeto e listas) – ATPS
 - 7 pontos (avaliação confirmada para **29/11/2016**).
 - SUB – toda a matéria- substitui a menor nota - peso 6:
 - 10 pontos (avaliação prevista para **13/12/2016**).

*****Datas de acordo com calendário acadêmico!!!**



Aula 4

Bibliografia Básica Padrão



1. BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner J. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas. 2ª edição.** Rio de Janeiro: LTC- Livros Tecnicos e Científicos, 2010, v. 1.

Na nossa biblioteca virtual:

<http://187.86.214.60/pergamum/biblioteca/index.php?id=ANHAN>

Refinar sua busca

Unidade de Informação
Anópolis/GO - ANHANÉ(1)
Belo Horizonte - Fabez-Antônio Carlos - ANHANÉ_PART(2)
Campinas/SP - Unidade 3 - ANHANÉ(1)
Campinas/SP - Unidade 4 - ANHANÉ(1)
Campo Grande/MS - Uniao II - ANHANÉ(1)
+ mais

Tipo de obra
e-book(2)

Resultados: 147 Costa

1. Instrumentação e fundamentos de medidas, v.1 - 2 / 2010 - (E-book)
BALBINOT, Alexandre. Instrumentação e fundamentos de medidas, v.1. 2. Rio de Janeiro LTC 2010 1 recurso online ISBN 978-85-216-1921-5.
| Marc | Acervo: 592710
2. Instrumentação e fundamentos de medidas, v.2 - 2 / 2011 - (E-book)
BALBINOT, Alexandre. Instrumentação e fundamentos de medidas, v.2. 2. Rio de Janeiro LTC 2011 1 recurso online ISBN 978-85-216-2130-0.
| Marc | Acervo: 592711

3

kroton
paixão por educar



Aula 4

Circuitos Retificadores- Retificador de Meia Onda

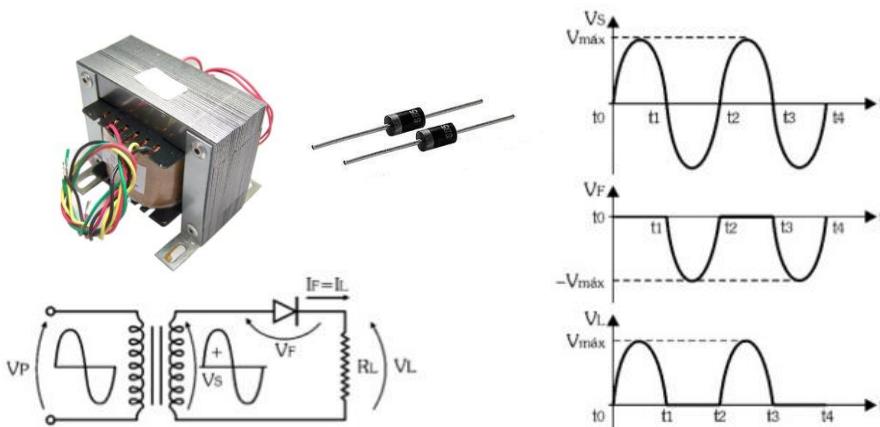


Figura 2.18 - Retificador de meia onda.



Aula 4

Circuitos Retificadores- Retificador de Onda Completa (em ponte)

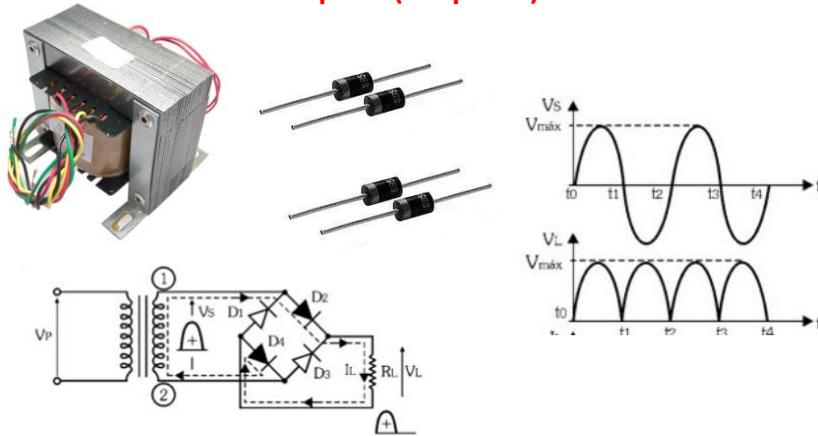


Figura 2.30 - Semiciclo positivo.

5

kroton
paixão por educar



Aula 4

Tabela de Expressões

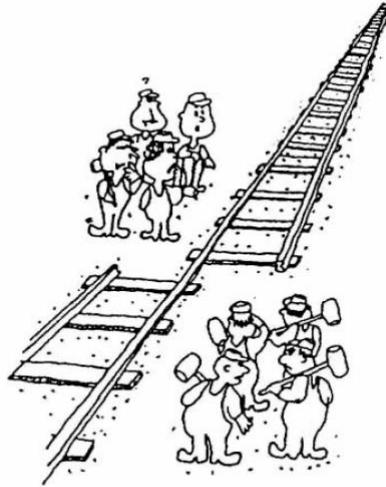
Sinal Senoidal	Sinal Retificado Meia Onda	Sinal Retificado Onda Completa
<p>Figura 2.9</p>	<p>Figura 2.10</p>	<p>Figura 2.11</p>
Tensões Eficazes		
$V_{ef} = \frac{V_{máx}}{\sqrt{2}}$	$V_{ef} = \frac{V_{máx}}{2}$	$V_{ef} = \frac{V_{máx}}{\sqrt{2}}$
Tensões Médias		
$V_{dc} = 0$	$V_{dc} = \frac{V_{máx}}{\pi}$	$V_{dc} = \frac{2 \cdot V_{máx}}{\pi}$

6

kroton
paixão por educar



Aula 4



SERÁ QUE ESQUECEMOS DE
CALIBRAR OS INSTRUMENTOS?

7

kroton
paixão por educar



Aula 4

Definições gerais

Erros de Medições

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO ERRO DE MEDIÇÃO

O erro de medição está presente cada vez que a indicação do sistema de medição não coincide com o valor verdadeiro do mensurando.

ERRO DE MEDIÇÃO: é a diferença entre o valor indicado pelo sistema de medição e o valor verdadeiro do mensurando.

$$E = I - VV$$

(Eq. 1)

Sendo:

E: erro de medição

I: indicação do sistema de medição

VV: valor verdadeiro do mensurando

Matematicamente, o erro de medição pode ser calculado de uma forma muito simples pela equação 1.

8

kroton
paixão por educar



Aula 4

- Note que o erro de medição é positivo quando o sistema de medição indica número maior do que deveria.
- Na prática, o erro de medição não é sempre constante, muda frequentemente sob a ação de vários fatores aleatórios como, por exemplo, a ação do operador, as variações das condições ambientais, a passagem do tempo, etc. O erro de medição só ser determinado pela Equação (1) nos casos em que o valor verdadeiro do mensurando é perfeitamente conhecido.

9

 kroton
 paixão por educar


Aula 4

Erros de Medições

EXEMPLO 1:

A tabela a seguir mostra os resultados de um experimento realizado em uma balança digital. Uma massa conhecida é repetidamente medida pela balança digital. O valor de massa é de $(1,00000 \pm 0,00001)$ kg. Seria esperado que a indicação da balança sempre coincidissem com o valor verdadeiro da massa. Entretanto, a balança indica 1014 g. A balança apresenta um erro de medição positivo, que pode ser calculado pela Equação (4.1):

$$E = I - VV$$

$$E = 1014 - 1000$$

$$E = 14 \text{ g}$$

N°	Indicação
1	1014
2	1014
3	1016
4	1012
5	1013
6	1018
7	1014
8	1012
9	1012
10	1012
11	1016
12	1015

10

 kroton
 paixão por educar



Aula 4

Erros de Medições

Observação:

As imperfeições do sistema de medição, as limitações do operador e as influências das condições ambientais são exemplos de fatores que induzem *erros de medição*. Por melhor que seja a qualidade do sistema de medição, por mais cuidadoso e habilidoso que seja o operador e por mais bem controladas que sejam as condições ambientais, ainda assim, em maior ou menor grau, **O ERRO DE MEDIÇÃO ESTARÁ PRESENTE.**

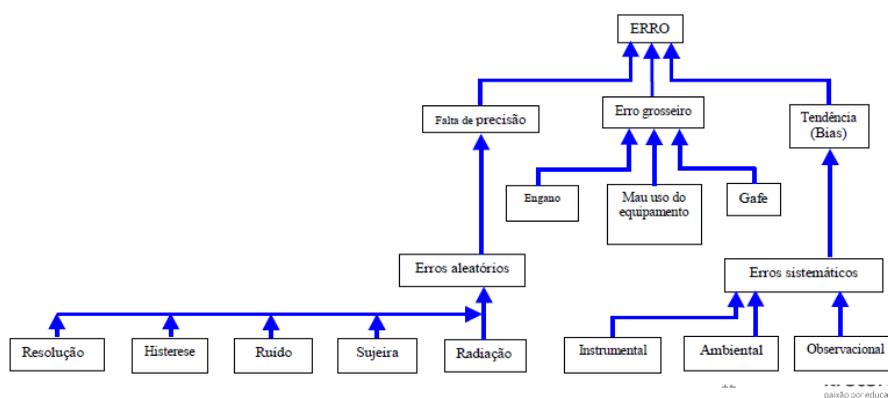
11

kroton
paixão por educar



Aula 4

CLASSIFICAÇÃO DOS ERROS DE MEDIÇÃO



paixão por educar



Aula 4

TIPOS DE ERROS

- **ERRO SISTEMÁTICO:** é a parcela previsível do erro.
- **ERRO ALEATÓRIO:** é a parcela imprevisível do erro. É o agente que faz com que repetições levem a resultados diferentes.
- **ERRO GROSSEIRO:** O erro grosseiro é, geralmente, decorrente de mau uso ou mau funcionamento do SM. Pode, por exemplo, correr em função de leitura errônea, operação indevida ou dano do sistema de medição. Seu valor é totalmente imprevisível, porém geralmente sua existência é facilmente detectável. Sua aparição pode ser resumida a casos muito esporádicos, desde que o trabalho de medição seja feito com consciência. Seu valor será considerado nulo neste texto.

13



Aula 4

ERROS GROSSEIROS

•ENGANO

Leitura de 28,3 V Registro de 23,8 V

•MAU USO DO EQUIPAMENTO

Medir onda valor eficaz de onda quadrada com equipamento construído para medir onda senoidal

•GAFE

Usar equipamento com etiqueta NÃO USAR ESTE INSTRUMENTO

14





Aula 4

ERROS GROSSEIROS

- Não estão sujeitos a tratamento matemático

- Podem ser evitados:

fazendo-se repetições de leituras

utilizando-se um valor médio

15



Aula 4

ERROS ALEATÓRIOS

- Devidos a uma série de pequenas causas que são difíceis de determinar separadamente em alguns casos quase se anulam entre si

- Podem ser tratados matematicamente
são representados por uma incerteza de medição
não podem ser eliminados
são expressos, por exemplo:

Escala: 30V – 60 Hz		
Teste (V)	MM (V)	± IM (%)
12	12,00	0,08
15	15,00	0,07
18	18,01	0,06
20	20,00	0,05
25	25,01	0,04
30	29,97	0,03

Teste (V) - valor padrão

MM(V) - média das medições

± IM - incerteza da medição

16





Aula 4

ERROS SISTEMÁTICOS

OBSERVACIONAL

Paralaxe em instrumentos analógicos
Pode ser corrigido

AMBIENTAL

Varição do medidor com a temperatura
Pode ser corrigido

INSTRUMENTAL

Exemplificado a seguir
Pode ser corrigido

17



Aula 4

DEFINIÇÃO DE ERRO

Erro absoluto: diferença entre o valor obtido (X_i)
e o exato (X)

$$\varepsilon = X_i - X$$

Erro relativo:

$$\varepsilon = \frac{X_i - X}{X_i}$$

Erro percentual:

$$\varepsilon (\%) = \frac{X_i - X}{X_i} \cdot 100$$

Faixa de variação:

$$(X_i - \varepsilon) \leq \Delta \text{variação} \leq (X_i + \varepsilon)$$

18





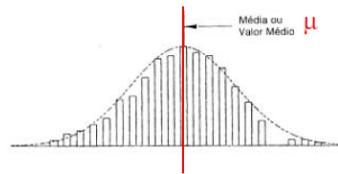
Aula 4

A LEI NORMAL DOS ERROS

Lei de Gauss ou Gaussiana

Hipóteses da Lei de Gauss:

- 1 Todas as observações incluem um grande número de pequenos efeitos perturbadores aleatórios
- 2 Os efeitos aleatórios podem ter sinais positivos ou negativos
- 3 Há probabilidade igual tanto para efeitos perturbadores positivos e negativos



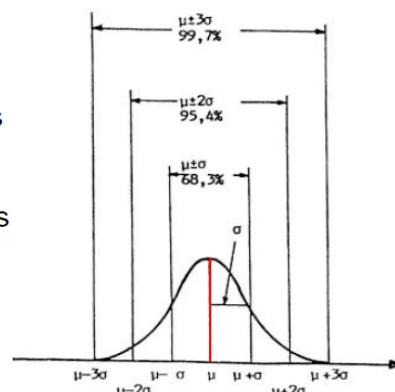
19

kroton
paixão por educar



Aula 4

- 1 Haverá forte tendência de centralização, isto é, os erros pequenos são mais prováveis que os grandes erros
- 2 Erros muito grandes, positivos ou negativos, são muito improváveis
- 3 A curva de probabilidade de um dado erro, marcada em função do valor do erro, será simétrica com respeito ao valor nulo (igual probabilidade dos componentes positivos e negativos dos erros)



Área (%) sob a curva normal

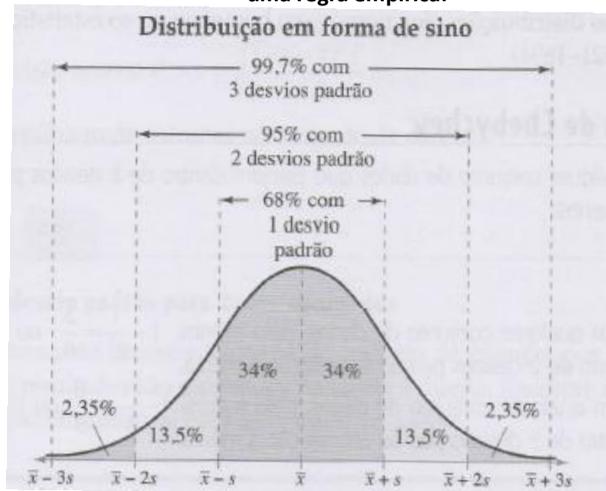
20

kroton
paixão por educar



Aula 4

Muitos conjuntos de dados da vida real têm distribuições que são aproximadamente simétricas e têm curva em forma de sino. **Analise os desvios em relação à média, isto é uma regra empírica:**



kroton
paixão por educar



Aula 4

Valor mais provável
(média aritmética)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Desvio da média

$$\Delta X_i = X_i - \bar{X}$$

Desvio médio

$$\Delta X = \frac{\sum |\Delta X_i|}{n}$$

Variância

(indica uma medida isolada a qual desvia da média do conjunto)

$$s^2 = \frac{\sum |\Delta X_i|^2}{n-1}$$

Desvio padrão

(indica o erro médio quadrático das medidas individuais sobre a média do universo)

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta X_i)^2}{n-1}}$$

kroton
paixão por educar



Aula 4

EXEMPLO 1:

A tabela a seguir mostra os resultados de um experimento realizado em uma balança digital. Uma massa conhecida é repetidamente medida pela balança digital. O valor de massa é de $(1,00000 \pm 0,00001)$ kg. Calcule os seguintes parâmetros:

Solução

Valor mais provável
(média aritmética)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Desvio da média

$$\Delta X_i = X_i - \bar{X}$$

Desvio médio

$$\Delta \bar{X} = \frac{\sum |\Delta X_i|}{n}$$

Variância

(indica uma medida isolada a qual desvia da média do conjunto)

$$s^2 = \frac{\sum |\Delta X_i|^2}{n-1}$$

Desvio padrão

(indica o erro médio quadrático das medidas individuais sobre a média do universo)

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta X_i)^2}{n-1}}$$

N°	Indicação
1	1014
2	1014
3	1016
4	1012
5	1013
6	1018
7	1014
8	1012
9	1012
10	1012
11	1016
12	1015

23

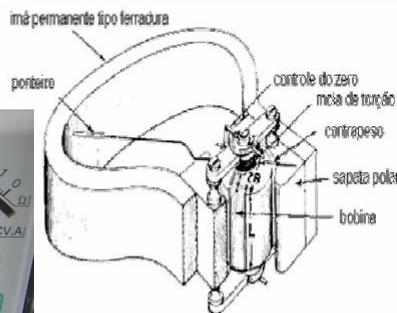
kroton
paixão por educar



Aula 4

INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

ESCALA: Faixa de valores entre o mínimo e o máximo de um instrumento



Instrumento de bobina móvel - ímã permanente

24

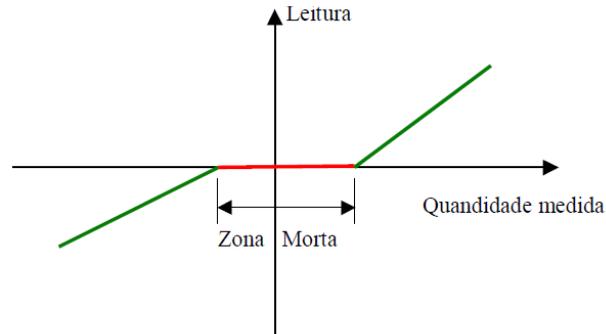
kroton
paixão por educar



Aula 4

ZONA MORTA (DEAD SPACE): Região na qual o instrumento apresenta leitura nula

Zona Morta: Variações da entrada em uma determinada região não acarretam em saída



LIMIAR (THRESHOLD): Valor mínimo da grandeza que pode ser detectado pelo instrumento (por exemplo, a menor leitura de um velocímetro de automóvel é 15 km/h).

25

kroton
paixão por educar



Aula 4

Zona Morta é um percentual que indica a maior variação em uma variável sem provocar mudança na indicação ou no sinal de saída do instrumento.

Por exemplo: O instrumento abaixo, um indicador de temperatura com range 0°C à 120°C, tem zona morta equivalente a +/-0,2%. Isso significa que o ponteiro só vai se mover quando a variação de temperatura for maior ou igual a 0,24°C, para mais ou para menos.



Exemplo de indicador industrial

Link: <http://24volts.com.br/instrumentacao/o-que-e-zona-morta/>

26

kroton
paixão por educar



Aula 4

Para calcularmos o valor da zona morta, basta multiplicarmos o percentual de zona morta pelo alcance do instrumento:

ZM= _____

Se o instrumento tiver o range de 10kPa a 50kPa, com Zona Morta de 0,1%.

ZM= _____

Lembre-se que o alcance é a diferença entre o maior valor medido, ou fundo de escala (50kPa) e o menos valor (-10kPa). Nesse caso:

A= _____

Em uma definição formal

Zona Morta é o intervalo máximo no qual um estímulo pode variar, em ambos os sentidos, sem produzir variação de resposta de um instrumento de medição. A zona morta pode depender da taxa de variação e pode muitas vezes, ser deliberadamente ampliada, de modo a prevenir variações na resposta para pequenas variações no estímulo.

Link: <http://24volts.com.br/instrumencacao/o-que-e-zona-morta/>

27



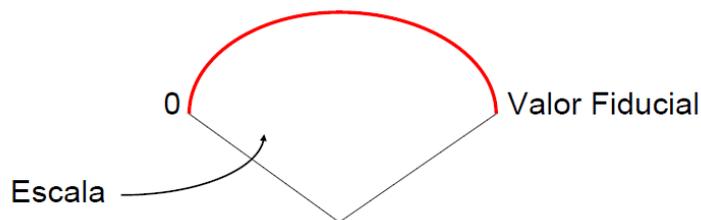
Aula 4

INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

CLASSE DE EXATIDÃO (CE):

É o limite de erro, garantido pelo fabricante, que se pode cometer em qualquer medida efetuada

$$CE(\%) = \frac{\varepsilon_{\max}}{\text{Valor Fiducial}} 100(\%)$$



28





Aula 4

VALOR FIDUCIAL

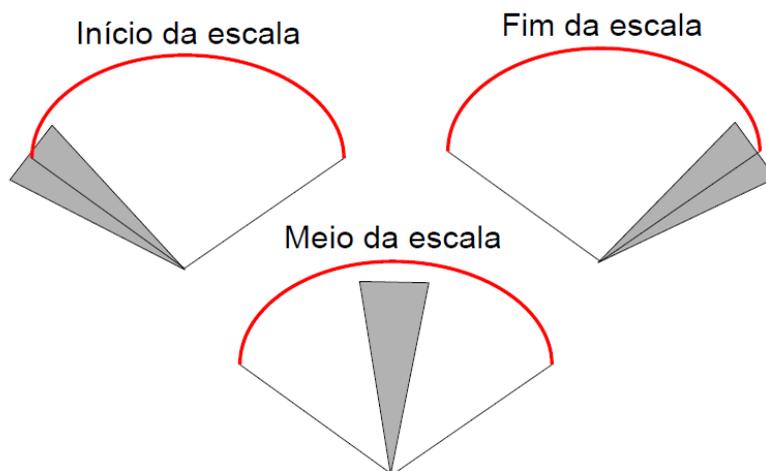
Valor associado ao campo efetivo de medição de medidores analógicos, ao qual se faz referência ao especificar a classe de exatidão de um instrumento.

Tipo de Instrumento	Limite do campo efetivo		Valor Fiducial (V. F.)
Amperímetro	0	100	100 A
Voltímetro	-60	+60	120 V
Milivoltímetro	-15	+35	50 mV
Frequencímetro de lâminas vibráteis	55	65	65 Hz
Fasímetro	0 °	360 °	90 °
Voltímetro com zero suprimido	180	260	260 V
Ohmímetro (escala linear)	300	400	100 Ω

29



Aula 4



30



Aula 4

ERROS NOS INSTRUMENTOS ANALÓGICOS

Máximo → início da escala

Mínimo → fim da escala

31



Aula 4

EXEMPLO

Voltímetro analógico com escala de tensão de 0 - 100 V

Determinar erro percentual ao ler 2 V e ao ler 100 V

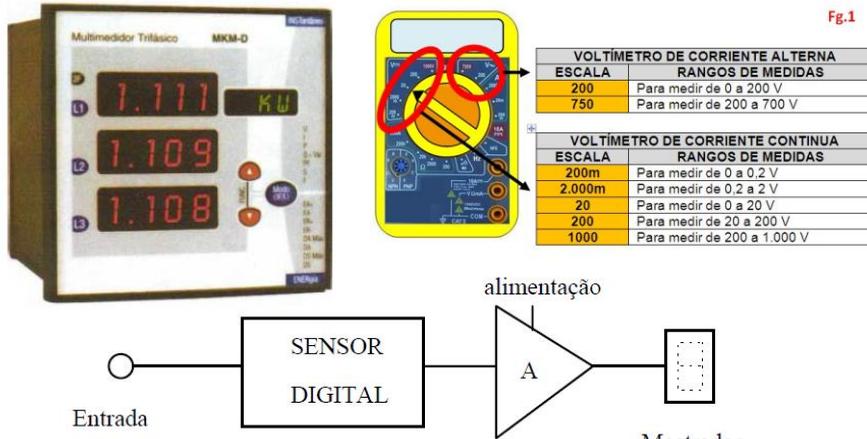
32





Aula 4

INSTRUMENTOS DIGITAIS



33



Aula 4

ERROS EM INSTRUMENTOS DIGITAIS

V_L valor lido

V_{FE} Valor do fundo de escala

“Counts” numero de “dígitos” de erro

Erro absoluto $V_e = a \cdot V_L + b \cdot V_{FE}$

Erro relativo $\frac{V_e}{V_L} = a + \frac{b}{\frac{V_L}{V_{FE}}}$

34



Aula 4

Definições

Precisão: A precisão de uma série de medições é uma medida da concordância entre determinações repetidas. A precisão é usualmente quantificada como o desvio padrão de uma série de medidas.

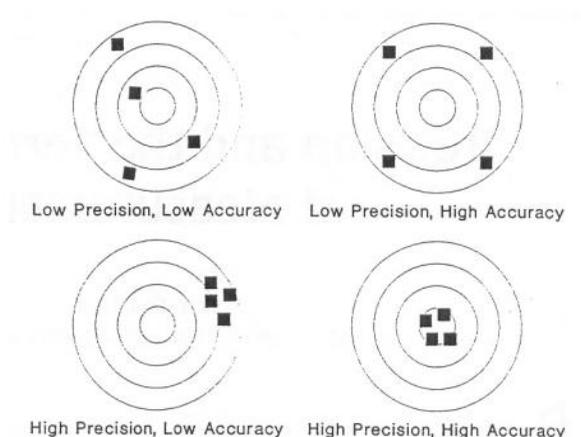
Exatidão: de uma medida (ou da média de um conjunto de medidas) é a distância estimada entre a medida e um valor “verdadeiro”, “nominal”, “tomado como referência”, ou “aceito”. Geralmente é expressa como um desvio ou desvio percentual de um valor conhecido.

35



Aula 4

Definições



36



Aula 4

Definições

Resolução: de um instrumento de medida, algumas vezes chamada de “capacidade de leitura” é uma medida da “fineza do detalhe revelado” pelo instrumento de medida. É basicamente uma medida do menor incremento mensurável. Uma régua graduada em milímetros tem uma resolução de cerca de 0,5 mm ou um pouco menos, já que podemos esperar observar uma diferença correspondente entre dois objetos que tenham 2,50 e 2,55 cm. A resolução de um voltímetro digital com display de 3 dígitos, geralmente é expressa como ± 1 no último dígito

37



Aula 4

Definições

Sensibilidade: outro lado é uma medida da menor quantidade mensurável por um instrumento particular. Posso medir um nanômetro com uma régua? Claramente não! Em química analítica e física experimental a sensibilidade é frequentemente definida como o “limite de detecção” do instrumento. Considere o hodômetro de um automóvel como um instrumento de medição. Vamos considerar que o hodômetro esteja corretamente calibrado de maneira que não tenhamos razão para questionar a exatidão das medidas. Nestas condições seria possível discernir se o carro está a 41 ou 42 km/h? Esta é uma questão que se refere à resolução do hodômetro. Entretanto, se eu começo dirigir e acelero bem lentamente, a que velocidade o hodômetro começa registrar? Esta é uma questão a respeito da sensibilidade do hodômetro.

38





Aula 4

Definições

Note que resolução e sensibilidade são ambos diferentes tanto de precisão quanto de exatidão. Algumas vezes pode existir inter-relação entre estas grandezas. Exemplo: Considere as dez medidas hipotéticas apresentadas a seguir: 9,9 / 10,1 / 9,7 / 10,2 / 10,0 / 9,8 / 9,9 / 10,3 / 10,1 / 10,0. A média é 10,0 e o desvio quadrático médio é 0,18. Entretanto se nosso equipamento de medida não tiver resolução suficiente todas as medidas podem ser "10", o que daria um desvio quadrático médio de zero, indicando (incorretamente) uma excelente precisão.

39



Aula 4

REGRAS BÁSICA (Exemplificadas)

Para um dado instrumento, se não houver troca de uma para outra escala, a medida é tanto mais precisa quanto mais próxima seja a leitura do fim da escala

O número de dígitos determina a resolução, mas não a sensibilidade nem a exatidão

A mudança automática de escala não presume que se medirá na escala onde uma determinada medida seja mais exata e sim na que tenha maior resolução

40





Aula 4

Se forem realizadas medidas em corrente alternada, as especificações de erro variam, segundo a faixa de frequências consideradas, sendo melhor na faixa de 100 Hz a 100 kHz.

Outros fatores a considerar:

- temperatura e umidade
- variação temporal ou ciclo de calibração
- efeitos das variações de tensão da rede
(instrumento não alimentado a baterias)

41



Aula 4

Número de dígitos e contagens:



b. Tensão alternada (TRUE RMS)

ESCALA	RESOLUÇÃO	EXATIDÃO	RESPOSTA EM FREQUÊNCIA	SOBRECARGA MÁXIMA
200mV	10µV	±(0,8%+80d)	50 a 50KHz	250VDC/ACpico
2V	100µV		50 a 20KHz	750VDC/ 750VACpico
20V	1mV		50 a 5KHz	
200V	10mV		50 a 400Hz	
750V	100mV	±(1,0%+50d)		
Impedância de entrada: >2MΩ				

42



Aula 4

Número de dígitos e contagens:



A resolução refere-se a precisão de leitura que este equipamento pode realizar em uma medição. Conhecendo a resolução de seu equipamento, você pode determinar se é possível visualizar uma pequena variação no sinal medido.

Por exemplo, se o multímetro possui resolução de 1mV na escala de 4V, é possível visualizar uma mudança de 1mV (1/1,000 volt) em um sinal de 1Volt.

43

kroton
paixão por educar



Aula 4

Número de dígitos e contagens:



Por analogia vamos comparar a resolução de um multímetro com uma régua dividida em segmentos de 1cm, se a régua não tiver a divisão para medir 1mm não teremos precisão. O que dizer então de um termômetro clínico que realiza medições apenas em graus inteiros, não é de muita utilidade quando nossa temperatura normal é de 36,5°C.

Nesse caso, necessitamos de um termômetro com resolução de 0,1Cº. Os termos dígitos e contagens são utilizados para descrever a resolução e precisão de um equipamento.

44

kroton
paixão por educar



Aula 4

Número de dígitos e contagens:



O multímetro é designado pela quantidade de contagens ou dígitos que exibem.

Um multímetro de 3 1/2 dígitos pode exibir três dígitos inteiros entre 0 e 9, e um "meio" dígito que exibe o número 1 ou é deixado em branco.

Um multímetro de 3 1/2 dígitos exibe até 1.999 contagens de resolução. Um multímetro de 4 1/2 dígitos exibe até 19.999 contagens.

É mais preciso descrever um multímetro por contagens de resolução do que por dígitos. Hoje em dia, os multímetros de 3 1/2 dígitos podem apresentar alta resolução de 3.200 ou 4.000 contagens.

45

kroton
paixão por educar



Aula 4

Número de dígitos e contagens:



Multímetros de 3.200 contagens oferecem melhor resolução para certas medições.

Por exemplo, um multímetro de 1.999 contagens poderá medir um décimo de volt se você estiver medindo 200 volts ou mais.

Entretanto, um multímetro de 3.200 contagens exibirá um décimo de volt até 320 volts.

Essa é a mesma resolução de um multímetro mais caro de 20.000 contagens até você exceder 320 volts.

46

kroton
paixão por educar



Aula 4

Número de dígitos e contagens:

Precisão é o maior erro permissível que pode ocorrer sob condições de operação específicas.

Em outras palavras, é uma indicação da proximidade entre a medição exibida pelo multímetro e o valor real do sinal medido.



A precisão de um multímetro é normalmente expressa como uma porcentagem da leitura.

Uma precisão de 1% da leitura significa que se o valor exibido no multímetro for de 100,0Volts o valor real da tensão pode estar em qualquer lugar entre 99,0Volts e 101,0Volts.

As especificações podem incluir também uma escala de dígitos a ser adicionada às especificações básicas de precisão.

47

kroton
paixão por educar



Aula 4

Número de dígitos e contagens:

Isso indicara em quantas unidades o ultimo dígito da direita pode variar. Desse modo, a precisão do exemplo anterior poderia ser indicada como $\pm (1\%+2)$.

Então, para a exibição de uma leitura de 100,0V, a tensão real estaria entre 98,8V e 101,2V.

As especificações de um multímetro analógico são determinadas pelo erro de leitura, erro da Impedância exercida sobre o local da medida além de outras.

A precisão típica de um multímetro analógico é de $\pm 2\%$ ou $\pm 3\%$ na escala total sem contar com outros erros.



48

kroton
paixão por educar



Aula 4

Número de dígitos e contagens:



Já a precisão típica de um multímetro digital está entre $\pm (0,7\%+1)$ e $\pm (0,1\%+1)$ da leitura e são eliminados os erros de leitura e a impedância de um bom multímetro digital está sempre acima de vários Mega Ohms

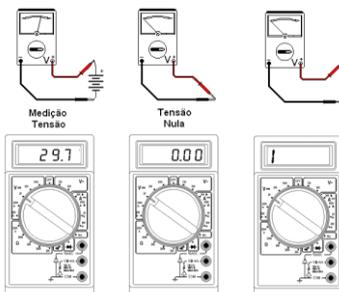
49



Aula 4

Diferença básica entre mostradores analógicos e digitais

Para alta precisão e resolução, o mostrador digital é bem melhor pois exibe três ou mais dígitos para cada medição.



A agulha da escala analógica é menos precisa e possui menor resolução efetiva porque você precisa estimar valores entre as linhas mas tem algumas características interessantes e que não devem ser desprezadas.

Com a finalidade de cobrir estas características alguns multímetros digitais tem uma barra gráfica para mostrar mudanças e tendências do sinal do mesmo modo que a agulha analógica, porém com melhor visualização e menor tempo de resposta.

50



Aula 4

EXEMPLO 1

Se deseja medir uma tensão contínua de 15 V com um multímetro de 3 1/2 dígitos (1.999) cujo erro para tensões contínuas é de 0,1% da leitura e + 0,05% do valor de fundo de escala, sendo a leitura máxima tanto na escala de 20 V como na de 200 V.

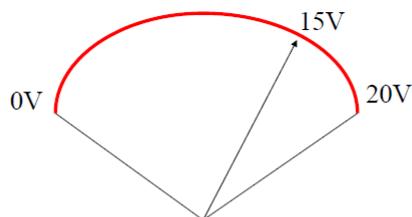
Escala de 20 V

Escala de 200 V

51



Aula 4



QUAL O ERRO RELATIVO PERCENTUAL?

0,1% da leitura (15V) => equivale a 0,015V

0,05% do fundo de escala (20V) => equivale a 0,01V

Logo, o valor lido pode variar em $0,015V + 0,01V = 0,025V$

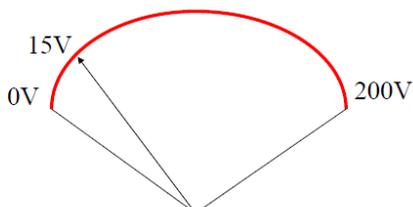
$$\begin{array}{r} 15V \text{ ----- } 100\% \\ 0,025V \text{ ----- } X \\ X = 0,1667\% \end{array}$$

52





Aula 4



QUAL O ERRO RELATIVO PERCENTUAL?

0,1% da leitura (15V) => equivale a 0,015V

0,05% do fundo de escala (200V) => equivale a 0,1V

Logo, o valor lido pode variar em $0,015V + 0,1V = 0,115V$

53

kroton
paixão por educar



Aula 4

MULTÍMETROS DIGITAIS

(PARÂMETROS DOS EQUIPAMENTOS MINIPA)

DISPLAY 3^{5/6} – LOGO 5.999

ERRO PERCENTUAL = ± 0,5% + 2 Dígitos
Na escala de 60V a resolução é de 10mV

ESCALA = 60V
FUNDO DE ESCALA = 59.99V

LEITURA = 50.00V

Determine o erro percentual:

$$0,5\% \text{ de } 50,00V = 0,25V + 0,02V = 0,27V$$

50,00 V ----- 100%
0,27 V ----- X

$$X = 0,54\%$$

DISPLAY 3^{5/6} – LOGO 5.999

ERRO PERCENTUAL = ± 0,5% + 2 Dígitos
Na escala de 60V a resolução é de 10mV

ESCALA = 60V
FUNDO DE ESCALA = 59.99V

LEITURA = 10.00V

Determine o erro percentual:

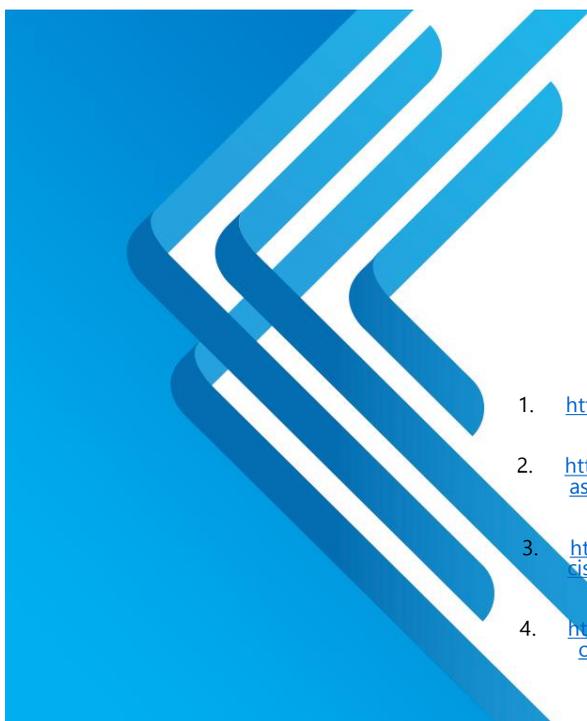
$$0,5\% \text{ de } 10,00V = 0,05V + 0,02V = 0,07V$$

10,00 V ----- 100%
0,07 V ----- X

$$X = 0,07\%$$

54

kroton
paixão por educar



kroton
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

1. <http://24volts.com.br/instrumentacao/o-que-e-zona-morta/>
2. http://pgeletronica.com.br/modules/mastop_publish/?tac=Os_Multímetros_e_seus_Fundamentos
3. http://www.fc.unesp.br/~jhdsilva/Precisao_e_Terminologia_de_Medicoes.pdf
4. <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/vieira/materiais/INSTRUMENTACAO.pdf>

55



56