

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	1/15

ELECTRÓNICA

FICHA TÉCNICA DO TRABALHO PRÁTICO Nº 1

O OSCILOSCÓPIO

1. INTRODUÇÃO

O osciloscópio é um dos aparelho de medida mais utilizados nos diversos domínios da Ciência e da Técnica, não se restringindo o seu uso à Engenharia Electrónica. Este facto justifica-se, principalmente, por o osciloscópio ser dos poucos instrumentos que permite a visualizar a evolução ao longo do tempo de sinais eléctricos.

2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O elemento essencial em qualquer osciloscópio é o seu tubo de raios catódicos (fig. 1). Aplicando uma diferença de potencial elevada (da ordem dos kVolts) entre os eléctrodos 1 (cátodo) e 3 (ânodo) situados num dos extremos do tubo produz-se um feixe orientado de electrões. Este ao embater na superfície do extremo oposto recoberta de um material foto-emissor (fósforo) origina um ponto luminoso que se mantém durante algum tempo após o impacto dos electrões devido à propriedade de remanescência característica dos materiais deste tipo. Mais precisamente, os electrões libertados do cátodo por emissão termiónica são acelerados pelo gradiente de potencial adquirindo elevada energia cinética. Parte destes electrões atravessa um orifício existente no ânodo e acabam por embater no ecrã produzindo a luminescência no ponto do impacto.

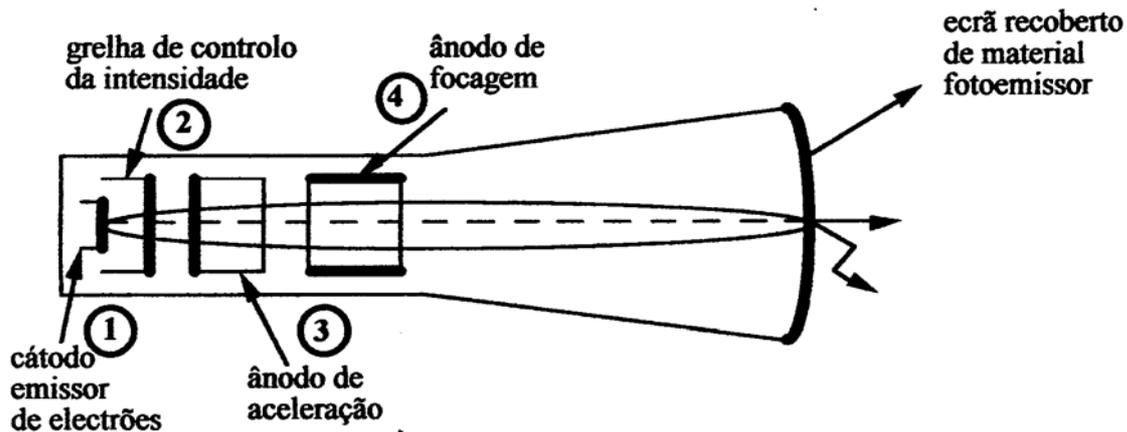


Figura 1

Existem ainda outros dois eléctrodos (2 e 4) cuja função é:

- O eléctrodo 2 (grelha de "Menhelt") está a um potencial negativo (ajustável) em relação ao cátodo, reconduzindo alguns electrões ao cátodo. Assim variando a tensão aplicada à grelha (fig. 2) varia-se a intensidade do feixe de electrões que atravessa o ânodo e, conseqüentemente, a intensidade de emissão luminosa, visto esta depender da velocidade e do número de electrões que compõem o feixe.

	ELECTRÓNICA		Engenharia Biomédica		
	Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	2/15

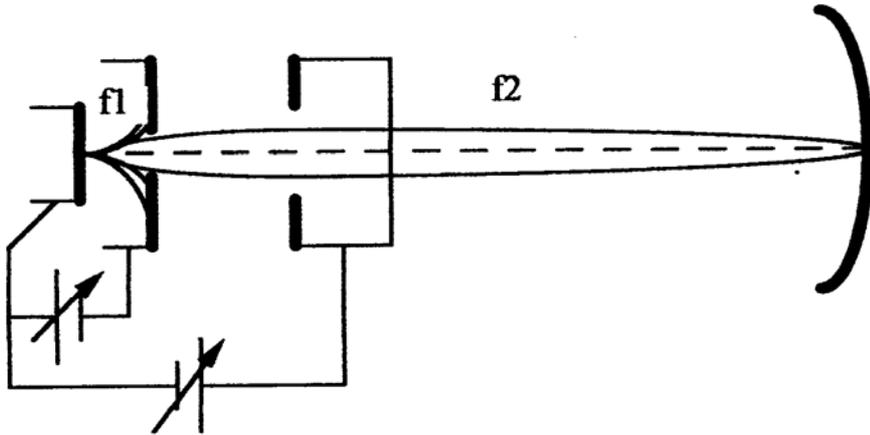


Figura 2

- O eléctrodo 4 é o ânodo de focagem e destina-se a orientar as linhas de força de campo eléctrico por forma a concentrar os electrões emitidos num ponto (fig. 3).



Fig. 3

Este ânodo encontra-se a um potencial inferior à do ânodo de aceleração de tal forma que o campo resultante tende a concentrar os electrões que de outro modo se dispersariam. A tensão de polarização do ânodo de focagem é também ajustável o que permite compensar a alteração de parâmetros dos restantes eléctrodos com o tempo e a temperatura, permitindo ajustar a dimensão mínima da mancha luminosa criada pelo feixe.

3. DEFLEÇÃO DO FEIXE ELECTRÓNICO

Sendo a trajectória do feixe electrónico rectilínea a imagem obtida seria sempre um ponto fixo no ecrã. Para se ter a possibilidade de registar fenómenos variáveis no tempo o feixe terá de se deslocar de modo a criar uma imagem do fenómeno a observar. Isso consegue-se obrigando o feixe a atravessar uma região do espaço onde exista um campo eléctrico ou magnético. Nos osciloscópios utiliza-se normalmente um campo eléctrico, produzido por meio de 2 placas deflectoras colocadas em relação ao feixe como indica a fig. 4.

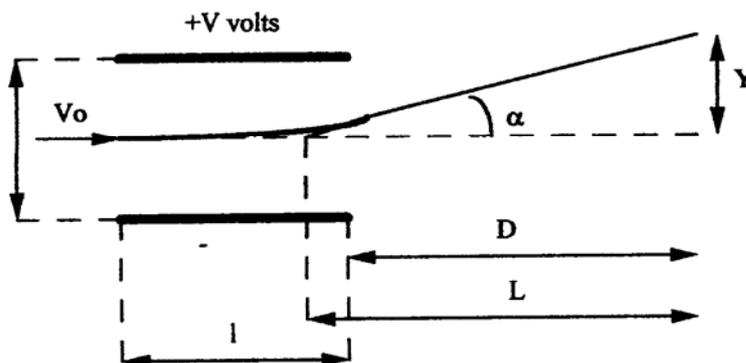


Figura 4

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	3/15

Às placas é aplicada uma diferença de potencial de V volts criadora de um campo V/h . É possível demonstrar que a deflexão Y produzida pela aplicação da tensão V é dada por:

$$Y = \frac{e}{m} \frac{L}{h} \left(\frac{1}{V_0} \right)^2 D V = K V$$

sendo e a carga do electrão, m a sua massa e V_0 a velocidade inicial. Consta-se assim que a deslocamento vertical Y no ecrã é proporcional à diferença de potencial aplicada às placas.

Aplicando agora às placas deflectoras uma tensão variável no tempo que seja uma imagem do fenómeno a observar, o deslocamento do ponto luminoso sofrerá o mesmo tipo de variação. A imagem obtida resume-se, no entanto, a um segmento de recta cujo comprimento com a amplitude do sinal.

Por forma a obter-se uma imagem a 2 dimensões é necessário imprimir uma deflexão ao feixe electrónico proporcional ao tempo, na direcção horizontal. Isto consegue-se juntando ao sistema descrito um par de placas deflectoras colocadas perpendicularmente às anteriores (fig. 5) e aplicando-lhes uma tensão proporcional ao tempo (fig. 6).

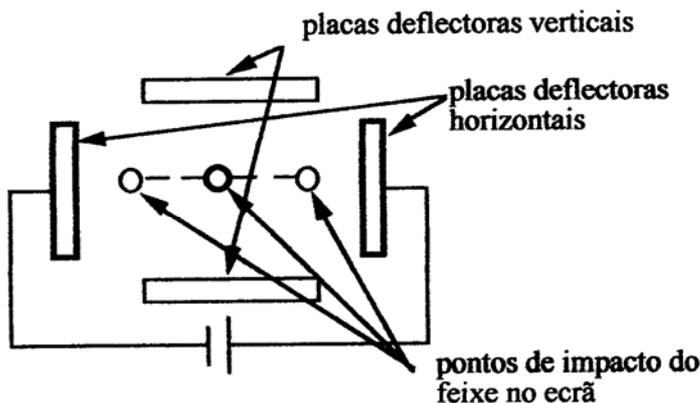


Figura 5

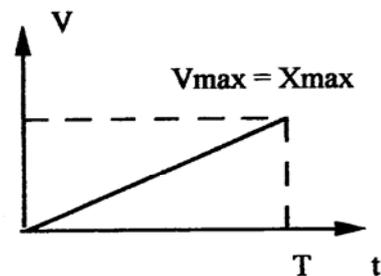


Figura 6

Aplicando simultaneamente às placas horizontais um sinal da forma referida $V = K t$ em que para $t = T$ (período da sinusóide), V atinge o valor correspondente à deflexão máxima (fig. 7a) obtêm-se a imagem seguinte (fig. 7b):

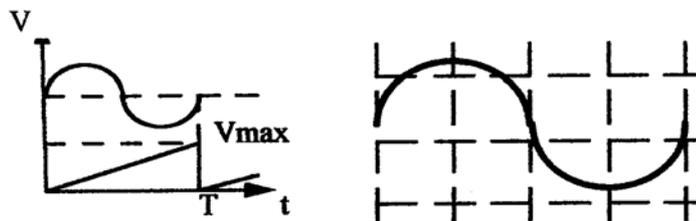


Figura 7

Este sinal cujo aspecto faz lembrar um "dente-de-serra" costuma designar-se "base de tempo" correspondendo a cada ciclo um varrimento do ecrã.

Assim, fazendo coincidir o início do varrimento com a passagem por zero (ou por um valor bem determinado) da onda a visualizar, obtêm-se imagens que se sobrepõem continuamente resultando uma imagem estável e bem definida.

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	4/15

Na prática não se conhece o período da onda a visualizar, sendo mesmo este um dos parâmetros que normalmente se pretende medir. O tempo T - período da base de tempo que se aplica às placas horizontais – só se pode variar em escalões discretos e não continuamente e o tempo de descida da onda em "dente-de-serra" de V_{max} a 0 não é nulo como se apresenta na fig. 7.

Daqui resulta a necessidade de gerar impulsos de sincronização que "disparem" (em inglês "trigger") o varrimento quando o sinal a observar atingir um nível pré-determinado. Nestas condições para um sinal sinusoidal com o período aproximadamente igual a metade do período do "dente-de-serra" obtém-se uma imagem como a da fig. 8.

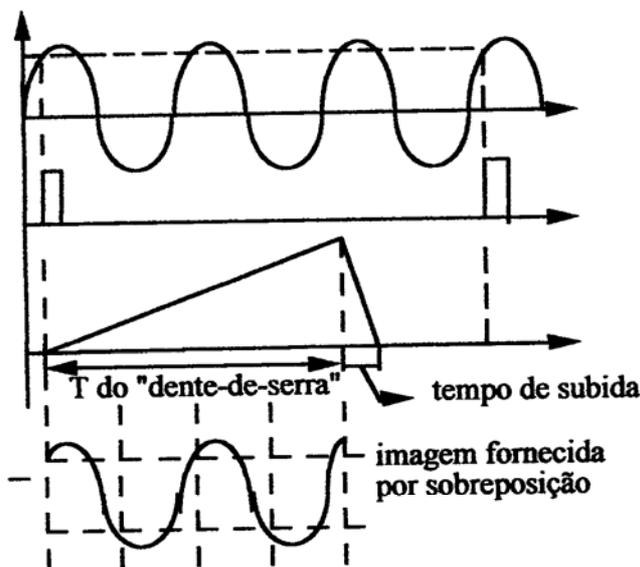


Figura 8

Num osciloscópio existem sempre, além dos circuitos que geram os impulsos de sincronismo e a base de tempo, 2 amplificadores – o amplificador horizontal e o amplificador vertical, que permitem obter, a partir da base de tempo e do sinal de entrada, níveis de tensão compatíveis com os valores exigidos pelas placas deflectoras horizontais e verticais. O ganho destes amplificadores é ajustável permitindo visualizar sinais com amplitudes muito diferentes (desde alguns mV até às dezenas de Volts) e ao longo duma larga gama de frequências (desde alguns Hz até às dezenas de MHz normalmente). É largura de banda do amplificador vertical determina a largura de banda do osciloscópio (uma das suas especificações mais importantes)

4. RESUMO DOS PRINCIPAIS COMANDOS DISPONÍVEIS

Em seguida enumera-se uma série de comandos normalmente disponíveis em qualquer osciloscópio:

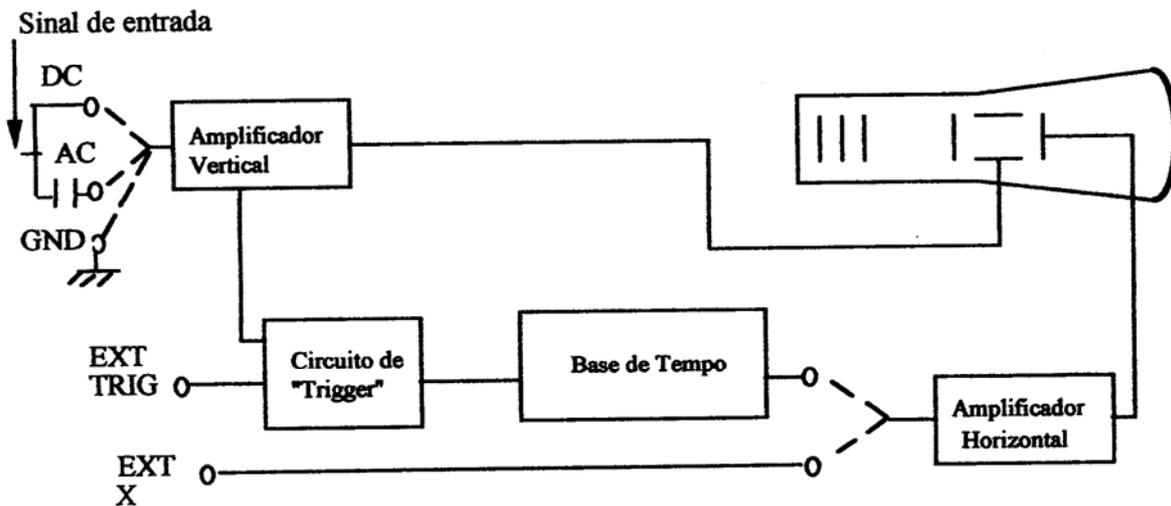
- 1 - Controlo de brilho (INT): Regula o brilho da marca luminosa modificando a intensidade do feixe, ou seja variando a tensão cátodo - grelha.
- 2 - Controlo de focagem (FOCUS): Ajusta e concentra o feixe actuando sobre a tensão ânodo de focagem - ânodo de aceleração.
- 3 - Comutador de Ganho Vertical: Fixa dentro dum certo número de valores o ganho do amplificador vertical de forma a obter-se o enquadramento no ecrã de sinais variando numa extensa gama de amplitudes. Está normalmente calibrado em Volt/divisão.
- 4 - Comutador de base de tempo: Fixa o período da base de tempo de modo a permitir visualizar um número conveniente de ciclos do sinal de entrada Assim calibra o eixo dos X em unidades de tempo (ms ou μ s) por divisão estabelecendo também uma gama de frequências que pode ser visualizada.

Existem 2 posições que permitem substituir a base de tempo (responsável pelo varrimento do ecrã) por um sinal exterior (EXT X) ou pelo sinal introduzido no CANAL 2 (CH2).

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	5/15

- 5 - Controlo de posição vertical: Posiciona na vertical a imagem, actuando para isso na tensão de polarização das placas de deflecção vertical.
 - 6 - Controlo de posição horizontal: Posiciona horizontalmente a imagem por actuação na tensão de polarização das placas de deflecção horizontal.
 - 7 - Controlo de sincronismo: Ajusta o nível de tensão do sinal de entrada a partir do qual são gerados os impulsos de sincronismo.
 - 8 - Selector de modo de acoplamento: Intercala (AC) ou não (DC) um condensador entre a ponta de prova e o amplificador vertical. No modo (AC) elimina uma eventual componente continua existente no sinal de entrada. Permite ainda desligar totalmente a entrada (GND), curto-circuitando-a à massa, sendo útil para o ajuste vertical e calibração.
 - 9 - Selector do sinal de "trigger": A maioria dos osciloscópios possui 2 canais permitindo visualizar simultaneamente 2 sinais. Este selector define o canal pelo qual se sincroniza a base de tempo.
- Existe ainda a possibilidade de sincronizar por um 3º sinal, exterior (TRIG/EXT X).

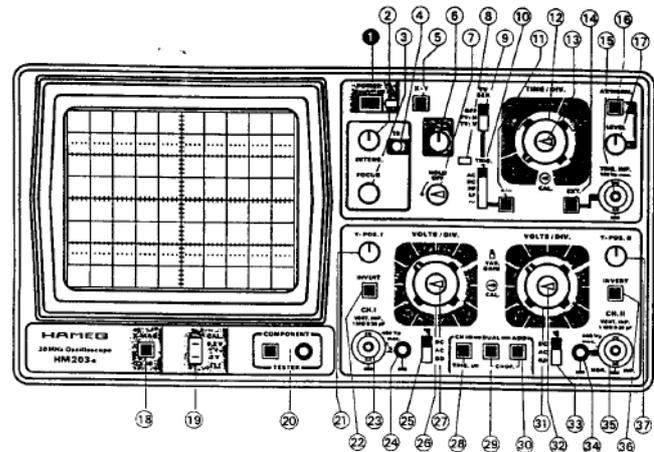
5 DIAGRAMA DE BLOCOS SIMPLIFICADO DO OSCILOSCÓPIO





OSCILOSCÓPIO

(HM 203-6 Hameg
Instruments)



Painel Frontal

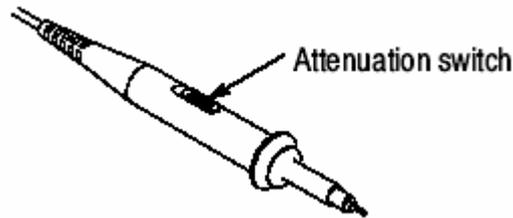
Elementos Constituintes – Breve Descrição:

Element	Function	Element	Function
1 POWER on/off (pushbutton + LED)	Turns scope on and off. LED indicates operating condition.	21 CH. I (BNC connector)	CH. I signal input. Input impedance 1MΩ 30pF.
2 INTENS. (knob)	Intensity control for trace brightness.	22 Ground (4mm socket)	Separate ground jack.
3 FOCUS (knob)	Focus control for trace sharpness.	23 DC-AC-GD (slide switch)	Selects input coupling of the CH. I Vertical Amplifier. DC: All components of the input are passed. AC: Signal is capacitively coupled (DC is blocked). GD: Signal is disconnected, amplifier input is grounded.
4 TR (pot)	Trace rotation. To align trace with horizontal graticule line. Compensates influence of earth's magnetic field.	24 VOLTS/DIV. (rotary switch)	CH. I input attenuator. Selects input sensitivity in mV/cm or V/cm in 1-2-5 sequence.
5 X-Y (pushbutton switch)	Selects X-Y operation, stops sweep. X signal via CH. II. Attention! Phosphor burn-in without X signal.	25 VAR. GAIN (center knob)	Continuously variable gain between the calibrated settings of the VOLTS/DIV switch. Increases sensitivity 2.5:1. Cal. position: cc
6 X-POS. (knob)	Controls horizontal position of trace.	26 CH I/II-TRIG. I/II (pushbutton switch)	Button released: CH. I only and in trig. from CH. I. Button depressed: CH. II only an internal trig. from CH. II. In DUAL and ADD mode: Button selects internal trigger signal.
7 HOLD OFF (knob)	Controls holdoff-time between sweeps. Normal position = full ccw.	27 DUAL (pushbutton switch)	CHOP. Button released: One channel or Button depressed: CH. I and CH in alternate mode. DUAL and ADD buttons depress CH. I and CH. II in chopped mode
8 TRIG. (LED)	LED lights, if sweep is triggered.	28 ADD (pushbutton switch)	
9 TV SEP. (lever switch)	TV-Sync-Separator. OFF = Normal operation. TV: H = Line or horizontal frequency. TV: V = Frame or vertical frequency.	29 VOLTS/DIV. (rotary switch)	CH. II input attenuator. Selects input sensitivity in mV/cm or V/cm in 1-2-5 sequence.
10 TRIG. AC-DC-HF-LF-~ (lever switch)	Trigger selector AC: 10Hz to 20MHz. DC: DC to 20MHz. HF: 1.5kHz to 40MHz. LF: DC to 1kHz. ~: Internal line triggering.	30 VAR. GAIN (center knob)	Continuously variable gain between the calibrated settings of the VOLTS/DIV switch. Increases sensitivity 2.5:1. Cal. position: cc
11 +/- (pushbutton switch)	Selects the slope of the trigger signal. + = rising edge; - = falling edge.	31 DC-AC-GD (slide switch)	Selects input coupling of the CH. II Vertical Amplifier. DC: All components of the input are passed. AC: Signal is capacitively coupled (DC is blocked). GD: Signal is disconnected, amplifier input is grounded.
12 TIME/DIV. (rotary switch)	Selects timebase speeds from 0.5µs/cm to 0.2s/cm.	32 Ground (4mm socket)	Separate ground jack.
13 Variable (center knob)	Timebase variable control. Increases timebase sweep speed 2.5:1. Cal. position = full counterclockwise.	33 CH. II (BNC connector)	CH. II signal input. Input impedance 1MΩ 30pF.
14 EXT. (pushbutton switch)	Button released = internal triggering. Button depressed = external triggering. Trigger signal via TRIG. INP. 6.	34 INVERT (CH II) (pushbutton switch)	Inversion of CH. II display. In combination with ADD button = algebraic addition. In X-Y mode inoperative.
15 TRIG. INP. (BNC connector)	Input for external trigger signal, if button 14 is depressed.	35 Y-POS. II (knob)	Controls vertical position of CH. II display. In X-Y mode inoperative.
16 AT/NORM. (pushbutton switch)	Button released = autom. triggering, trace visible without input signal. Button depressed = normal triggering with LEVEL 17 adjustment, trace invisible without signal.		
17 LEVEL (knob)	To adjust trigger point, if AT/NORM. 16 button is depressed.		
18 X-MAG. x10 (pushbutton switch)	10:1 expansion in the X direction. Resolution (incl. 13) 20ns/cm.		
19 CALIBRATOR 0.2V-2V (4.9mm sockets)	Calibrator output sockets for probes 10:1 = 0.2V _{pp} , 100:1 = 2V _{pp} (FL).		
20 COMPONENT TESTER (pushbutton switch and 4mm jack)	Button depressed: CT in operation. 2-terminal measurement; component connection to CT jack and ground jack.		

Controls located underneath the instrument:
CH. I DC-Balance CH. II Correction of DC balance. Adjustment with screwdriver.

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	7/15

6. PONTAS DE PROVA DO OSCILOSCÓPIO



As pontas de prova do osciloscópio têm num extremo um conector tipo BNC e no outro duas garras (geralmente uma vermelha e outra preta) ou uma garra preta e uma ponta de sinal (ver figura acima). Em qualquer dos casos, a garra preta está ligada à massa do osciloscópio, e esta normalmente ligada à terra. Se esta garra (massa) for ligada a um ponto qualquer do circuito esse ponto fica ligado à terra, podendo dar origem a curto-circuitos quando a sua tensão em relação à terra não é desprezável.

Algumas pontas de prova (pontas não atenuadoras, ou "X1") ligam directamente o ponto sob medição ao osciloscópio. Outras atenuam o sinal (geralmente por um factor de 10, outras vezes por 100) através de um atenuador compensado (**Attenuation switch**). Estas pontas ("X10", ou "X100") são utilizadas para observar sinais de grandes amplitudes (centenas de volt) ou de alta-frequência.



7. O Digital Lab

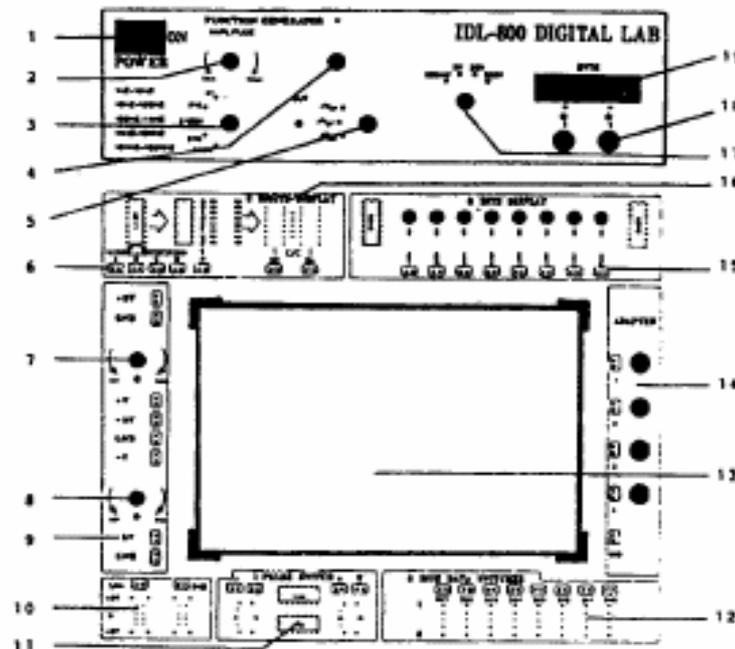
DIGITAL LAB

(IDL - 800 DIGITAL LAB da KANDH)



Nota: No laboratório existe outro modelo do IDL - 800 DIGITAL LAB da KANDH. Existe também o modelo AT - 102 DIGITAL LAB.

Elementos constituintes — Um dos modelos IDL - 800 DIGITAL LAB.



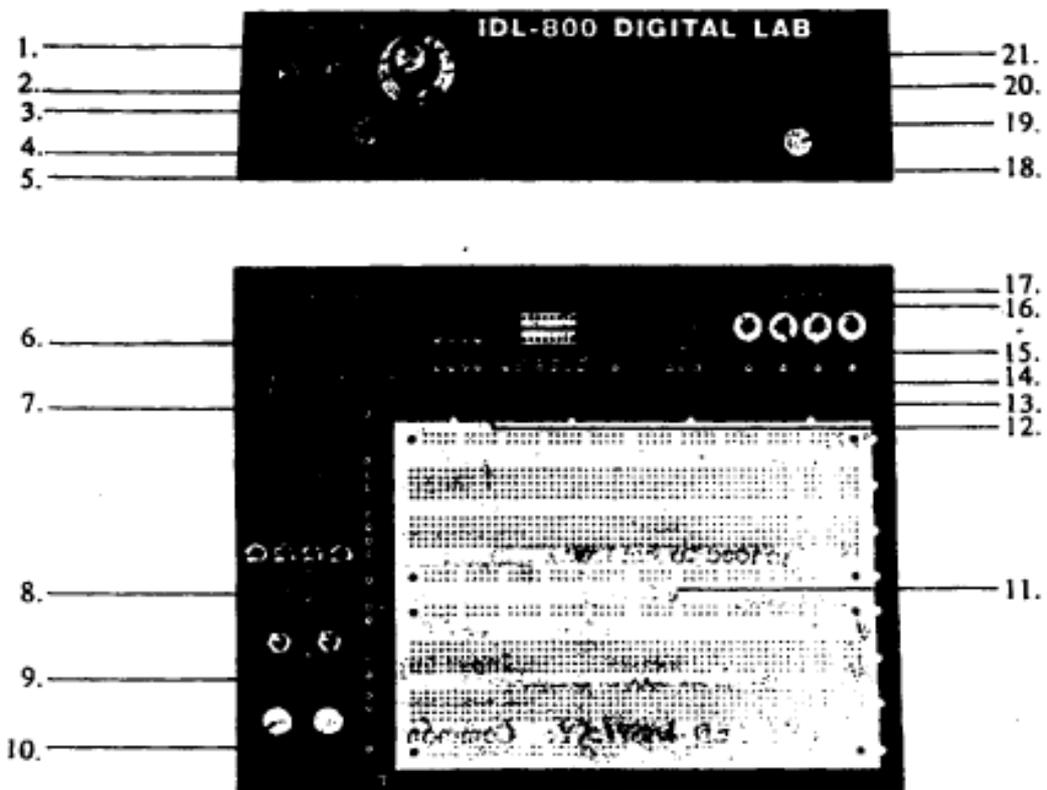
- | | |
|--|--|
| 1. POWER SWITCH WITH INDICATOR. | 11. PULSE SWITCHES. |
| 2. F.G. OUTPUT AMPLITUDE ADJUSTER. | 12. DATA SWITCHES. |
| 3. F.G. OUTPUT FREQUENCY RANGE SELECTOR. | 13. REMOVABLE SOLDERLESS BREADBOARD IN 1580 TIE POINTS. |
| 4. FINE TUNE OF F.G. OUTPUT FREQUENCY. | 14. POINT TIP/BANANA SOCKET/BNC SOCKET EXCHANGE ADAPTERS |
| 5. F.G. OUTPUT WAVE FORM SELECTOR. | 15. BUFFERED SINGLE LAMP LED DISPLAYS. |
| 6. BCD INPUT OF 7 SEGMENT DECODER. | 16. OUTPUT OF 7 SEGMENT DECODER. |
| 7. DC 0 to +15V ADJUSTER. | 17. RANGE SELECTOR OF DIGITAL VOLTMETER. |
| 8. DC 0 to -15V ADJUSTER. | 18. INPUT OF DIGITAL VOLTMETER. |
| 9. FIXED DC +5V | 19. DISPLAY OF DIGITAL VOLTMETER. |
| 10. FUNCTION SWITCHES, -5V/0/+5V. | |

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	9/15

DIGITAL LAB

(IDL - 800 DIGITAL LAB da KANDH)

Elementos constituintes — Um outro modelo IDL - 800 DIGITAL LAB.



- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Power SW (ON/OFF) 2. Power indicator. 3. Frequency variable (1 ~ 10 scale). 4. Frequency range (5 ranges). (S1) 5. Sine wave amplitude variable. 6. Variable positive power (0 ~ +15 VDC). 7. Variable negative power (0 ~ -15 VDC). 8. Logical SW (0/+5V 4 pcs). 9. Function SW (-5V/0/+5V 2 pcs). 10. Pulse SW <ul style="list-style-type: none"> P_0: Low : Normal. 80μs positive pulse : Each pressed. P_1: Hi : Normal. Low : Pressed. | <ol style="list-style-type: none"> 11. 1680 tie points solderless breadboard. 12. Input of 8 bits LED display. 13. BCD input of 7 segment decoder. 14. Flip-flop gate. 15. 4 point tip/banana adapter. 16. Output of 7 segment decoder. 17. 7 segment input for 2 digits display. 18. 8 bits LED display. 19. Digital voltagemeter (DVM) range SW (200mV-200V). (S2) 20. Digital voltagemeter (DVM) display. 21. 2 digits of 7 segment LED display. |
|---|--|

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	10/15

7.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE UM DIGITAL LAB — BREVE DESCRIÇÃO

7.1.1 A Fonte de alimentação

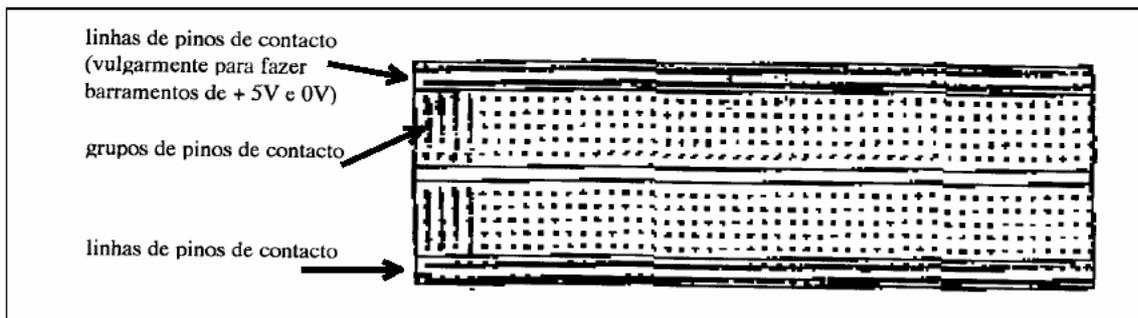
A fonte de alimentação é laboratorial e, como tal, fornece uma tensão regulada, i.e., praticamente independente da tensão da rede e da corrente debitada pela fonte, e ajustável (por meio de um botão rotativo).

7.1.2 O Gerador de sinal

O gerador de sinal (ou **OSCILADOR** ou **FONTE DE SINAL**) fornece tensões alternadas (i.e., de valor ora positivo, ora negativo) sinusoidais, quadradas e triangulares. É possível ajustar, por intermédio de selectores e botões rotativos, a amplitude e frequência de tensões sinusoidais. E, em determinados modelos de DIGITAL LAB, o mesmo há a dizer para tensões quadradas e triangulares.

7.1.3 A "Breadboard"

É uma **PLACA de MONTAGEM** destinada a efectuar montagens envolvendo componentes. Na figura está representado um troço do "Breadboard".



	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	11/15

8. O Multímetro Digital

Os multímetros digitais, assim chamados por apresentarem os resultados num visor numérico, em contraste com os multímetros analógicos, que apresentam os resultados num quadro graduado sob o qual se desloca um ponteiro.

Um multímetro opera em vários modos:

- voltímetro
- amperímetro
- ohmímetro

sendo os vários modos seleccionados por um comutador. Além disso, voltímetro e amperímetro podem funcionar em modo DC ou AC.

O modo DC é indicado para medir grandezas (tensões e correntes) contínuas.

O modo AC é indicado para medir grandezas (tensões e correntes) alternadas sinusoidais e dá a indicação em termos de valor eficaz. (Nota: O valor medido só é válido para grandezas alternadas sinusoidais. Em grandezas alternadas não sinusoidais esse valor pode ser significativamente diferente).

Nota: O DIGITAL LAB oferece, para conveniência do utilizador, um **VOLTÍMETRO DIGITAL**.

9. Medição de Tensões e de Correntes

As operações de leitura de tensão e de correntes têm, normalmente, as seguintes etapas:

1. Escolher o aparelho apropriado
2. Fazer as ligações
3. Obter os resultados ('ler' o aparelho)
4. Retirar o aparelho

Note que:

1. A ligação do aparelho modifica o circuito inicial. O circuito com o aparelho errado é exactamente o mesmo que antes da colocação deste
2. A leitura pretende determinar os valores da tensão e/ou corrente no circuito SEM o aparelho. A utilização deste é, normalmente, temporária.
3. Os aparelhos em perfeitas condições de funcionamento indicam os valores das correntes que os atravessam ou das tensões a que estão submetidos, com erros máximos quantificáveis.
4. Para que os valores lidos correspondam ao pretendido será necessário:
 - a) Considerar que o aparelho é parte integrante e normal do circuito

ou

b) Que as diferenças no circuito introduzidas com a colocação do aparelho são desprezáveis (situação mais frequente), ou seja, que a distribuição de correntes e tensões no circuito não é significativamente diferente com e sem o aparelho.

5. A verificação da situação b) é da responsabilidade do operador, e é normalmente confirmada após a obtenção dos dados.
6. Para serem desprezáveis, as resistências internas dos aparelhos devem ser baixas (para os amperímetros) e altas (para os voltímetros).

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	12/15

9.1 CUIDADOS A TER NAS MEDIÇÕES

Para a leitura de Tensões:

- 1) O voltímetro é ligado aos pontos do circuito (nós) entre os quais se pretende medir a tensão (ligação normalmente designada por paralelo).
- 2) Admitindo que a corrente que irá circular no voltímetro será muito pequena (e muito menor que as correntes nos ramos incidentes nesses nós) a ligação do aparelho não provocará grandes alterações em relação ao circuito inicial.
- 3) Os principais cuidados a ter em conta serão o de não provocar curto-circuitos (ligações de baixa resistência entre nós, entre os quais existe uma tensão não nula).
- 4) A resistência interna do voltímetro é normalmente suficientemente elevada para garantir a condição 2.
- 5) Devemos verificar com todo o cuidado se a selecção do multímetro foi feita para medir tensões (como voltímetro) e se a escala escolhida tem amplitude suficiente para a medida. Em caso de dúvida devemos escolher uma escala maior, passando para outras após verificação inicial das tensões (mais uma vez com **TUDO O CUIDADO** para não comutar para amperímetro!)

Para a leitura de Correntes:

- 1) O aparelho (seleccionado como amperímetro) deve ser colocado em série, no ramo do circuito em que se pretende medir a corrente. Só assim se pode garantir que a corrente indicada pelo aparelho é a que se pretende.
- 2) A operação de inserção/retirada do amperímetro é uma manobra que vai provocar diversas alterações importantes no circuito: o circuito é aberto num dado ramo; seguidamente é ligado o amperímetro, restabelecendo a circulação de corrente, mas em condições diferentes; ao retirar o aparelho, fazem-se as operações anteriores, pela ordem inversa.
- 3) Como a situação inicial pode diferir substancialmente daquela em que temos um ramo aberto, opta-se normalmente por desligar a alimentação do circuito em estudo para inserir e retirar o amperímetro.

CONCLUSÕES:

1. A extrapolação dos dados obtidos pela leitura para a situação habitual é sempre uma aproximação. As diferenças podem ou não ser aceitáveis.
2. A inserção do aparelho no circuito é uma manobra que é necessário garantir ser feita sem danos quer para o circuito quer para o aparelho.
3. As características dos voltímetros e dos amperímetros são diferentes. A utilização do multímetro deve ser feita com cuidado, pois a ligação como voltímetro (paralelo) com selecção erradamente em amperímetro, significa que ligaremos uma resistência baixa entre pontos de um circuito que estão sujeitos a uma diferença de potencial apreciável. As correntes resultantes podem ser (e normalmente são) demasiado elevadas. Estaremos em presença de um curto-circuito. Situação a EVITAR, verificando sempre a selecção do comutador do multímetro ANTES de ligar.

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	13/15

9.2 VALOR EFICAZ

Para a medição de grandezas que são constantes (num intervalo de tempo apreciável), um valor único obtido por uma medição é normalmente suficiente.

Quando as grandezas variam no tempo, a descrição é mais complexa, sendo necessários mais valores. No caso de grandezas alternadas sinusoidais, se a frequência for constante e conhecida, necessitaríamos ainda de conhecer a amplitude e em que instante de tempo a grandeza teria o valor máximo (ou outro par de dados equivalente). A descrição destas grandezas recorre por isso à utilização de fasores. Contudo, a caracterização pelo valor da amplitude do sinal não é o que mais se utiliza, mas sim o valor eficaz.

Valor eficaz (RMS): Por definição, o valor eficaz de uma tensão ou corrente periódica é a tensão ou corrente contínua positiva que produz a mesma perda de potência média numa resistência. $P_{med} = U_{ef}^2/R$ e $P_{med} = I_{ef}^2/R$, sendo que, para uma **tensão sinusoidal**, a perda de potência média é $P_{med} = U_p^2/2R$, $P_{med} = U_{ef}^2/R = U_p^2/2R$, $U_{ef} = U_p/\sqrt{2}$.

A relação entre amplitude e valores eficazes depende da forma de onda (a relação $\sqrt{2}$ verifica-se apenas para grandezas alternadas sinusoidais).

Para qualquer forma de onda periódica:

$$U_{ef} = \sqrt{\int_0^{\text{Período}} \text{forma de onda}^2}$$

A construção de aparelhos para medição de grandezas alternadas recorre a vários esquemas. A sua calibração é normalmente feita utilizando sinais sinusoidais. A utilização do aparelho fora das condições nominais pode conduzir a resultados incorrectos. Contudo, um utilizador experiente pode corrigir os valores obtidos se conhecer a forma de onda do sinal.

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	14/15

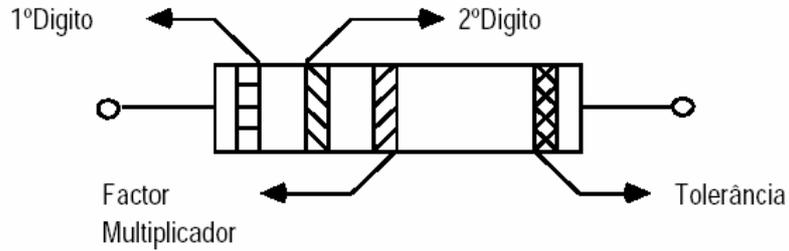
10. Séries e Tolerâncias

Os valores nominais dos componentes utilizadas são escolhidos de modo a corresponderem a séries geométricas de razão $\sqrt[n]{10}$, com n escolhido de modo a cobrir as gama de tolerâncias, permitindo alguma sobreposição. As mais usadas são as séries E6 (20%), E12 (10%) e E24 (5%), correspondendo a n igual a 6, 12 e 24, respectivamente. Os valores preferidos são os indicados na tabela:

E6 (20%)	E12 (10%)	E24 (5%)
1.0	1.0	1.0
		1.1
	1.2	1.2
		1.3
1.5	1.5	1.5
		1.6
	1.8	1.8
		2.0
2.2	2.2	2.2
		2.4
	2.7	2.7
		3.0
3.3	3.3	3.3
		3.6
	3.9	3.9
		4.3
4.7	4.7	4.7
		5.4
	5.6	5.6
		6.2
6.8	6.8	6.8
		7.5
	8.2	8.2
		9.1

	ELECTRÓNICA	Engenharia Biomédica		
Campus de Gualtar Braga	Ficha Técnica do trabalho prático: Aparelhos de Medida	UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE ENGENHARIA	DEI	15/15

11. Código de Cores das Resistências



A leitura do valor duma resistência utilizando o seu código obedece às seguintes regras:

- Numa das extremidades existe um conjunto de 3 cores que indica o valor da resistência.
- A primeira cor indica o valor do 1º dígito.
- A segunda cor indica o valor do 2º dígito.
- A terceira cor indica o factor multiplicativo que afecta os 2 primeiros dígitos.
- Na outra extremidade outra cor assinala a tolerância do valor da resistência.

A correspondência entre as cores e os números é a seguinte:

Cor	Dígito	Factor Multiplicador
Preta	0	1
Castanha	1	10
Vermelha	2	10 ²
Laranja	3	10 ³
Amarela	4	10 ⁴
Verde	5	10 ⁵
Azul	6	10 ⁶
Violeta	7	10 ⁷
Cinzento	8	10 ⁸
Branco	9	10 ⁹

A tolerância pode ser: 5% (dourado), 10% (prateado).