

# **APARELHOS DE MEDIDA E SUA LEITURA**

## **FICHA TÉCNICA**

Engenharia de Comunicações  
Laboratórios Integrados III

Ano Lectivo: 2004/05

Elaborado por: Graça Minas



# ÍNDICE

1. O Osciloscópio .....	1
1.1 Resumo de comandos e selectores disponíveis num osciloscópio .....	1
1.2 O osciloscópio TDS1002: Informações básicas sobre a operação .....	2
1.2.1 Área do <i>display</i> .....	2
1.2.2 Área de mensagem .....	4
1.2.3 O sistema de menus .....	5
1.2.4 Controlos verticais .....	6
1.2.5 Controlos horizontais .....	6
1.2.6 Controlos de <i>trigger</i> .....	7
1.2.7 Botões de menu e de controlo .....	8
1.2.8 Conectores .....	9
1.3 Pontas de prova do osciloscópio .....	10
2. O Digital Lab .....	11
2.1 Elementos Básicos de um DIGITAL LAB — Breve Descrição .....	12
2.1.1 A Fonte de alimentação .....	12
2.1.2 O Gerador de sinal .....	12
2.1.3 A "Breadboard" .....	12
3. O Multímetro Digital .....	13
4. O Gerador de Sinal: Topward 8110 .....	13
5. Medição de Tensões e de Correntes .....	15
5.1 Cuidados a ter nas medições .....	16
5.2 Valor eficaz .....	17
6. Séries e Tolerâncias .....	18
7. Código de Cores das Resistências .....	19
8. Bibliografia .....	20



## 1. O OSCILOSCÓPIO

### 1.1 RESUMO DE COMANDOS E SELECTORES DISPONÍVEIS NUM OSCILOSCÓPIO

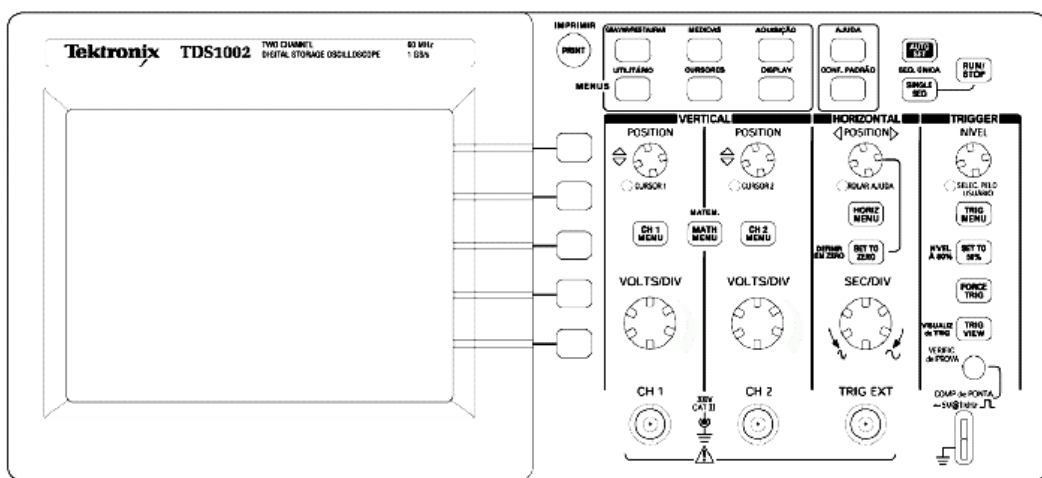
As indicações seguintes aplicam-se a qualquer osciloscópio, não sendo limitadas a um modelo específico. Entre parêntesis estão indicadas as legendas que geralmente identificam os comandos e selectores, mas deve perceber-se que estas variam muito entre os fabricantes.

- 1 - **Controlo de brilho** (INTENS.): Regula o brilho da marca luminosa modificando a intensidade do feixe.
- 2 - **Controlo de focagem** (FOCUS): Ajusta e concentra o feixe.
- 3 - **Comutador de ganho vertical** ou **escala de deflexão vertical** (VOLTS/DIV): Comutador rotativo que fixa dentro dum certo número de valores o ganho do amplificador vertical de forma a obter-se o enquadramento de sinais no *display*, variando numa extensa gama de amplitudes. Está normalmente calibrado em Volt/divisão.
- 4 - **Comutador de base de tempo** ou **escala de deflexão horizontal** (TIME/DIV): Comutador rotativo que fixa o período da base de tempo (responsável pelo varrimento do *display*) 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  $\mu$ s)/divisão estabelecendo também uma gama de frequências que pode ser visualizada. *Por vezes inclui uma posição adicional*, que dá acesso aos modos "X-Y" (X-Y) ou "X externo". Em qualquer destes modos, a base de tempo propriamente dita é desactivada e o sistema de deflexão horizontal passa a ser controlado por uma onda fornecida ao osciloscópio (o sinal introduzido no canal 2 (CH2) ou um sinal exterior (EXTERNAL X)).
- 5 - **Controlo de posição vertical** (Y-POS): Posiciona na vertical a imagem.
- 6 - **Controlo de posição horizontal** (X-POS): Posiciona horizontalmente a imagem.
- 7 - **Controlo de sincronismo** ou **limiar de disparo** (LEVEL): Ajusta o nível de tensão do sinal de entrada a partir do qual são gerados os impulsos de sincronismo.
- 8 - **Selector do sinal de "trigger"** ou **origem de disparo**: A maioria dos osciloscópios possui 2 canais permitindo visualizar simultaneamente 2 sinais. O selector (TRIG) define o canal pelo qual se sincroniza a base de tempo, i.e. selecciona a onda com a qual o circuito de disparo sincroniza o varrimento. Por ex., se se estiver a utilizar apenas o canal 1 (CH1), só se obtém sincronização na posição CH1. Existe ainda a possibilidade de sincronizar por um 3º sinal exterior (EXT TRIG. E, para esta situação, o selector (EXT) permite que o disparo seja feito em relação a uma onda de entrada não visualizada.
- 9 - **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 contínua 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.

Nota: Existem outras capacidades, tais como, inversão de polaridade, adição de canais, desactivação do canal, vertente e tipo de disparo, expansão do traço, multiplicação de escala, constante de deflexão continuamente variável, que não são oferecidos por todos os osciloscópios.

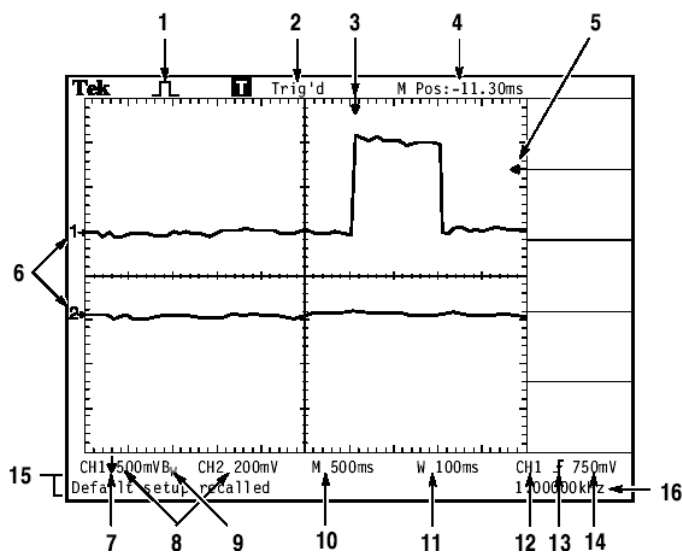
### 1.2 O OSCILOSCÓPIO TDS1002: INFORMAÇÕES BÁSICAS SOBRE A OPERAÇÃO

O painel frontal está dividido em áreas funcionais fáceis de usar. Esta secção fornece uma visão geral rápida dos controlos e das informações exibidas no *display*. A figura a seguir exhibe os painéis frontais.






#### 1.2.1 ÁREA DO DISPLAY

Além de exibir as formas de onda, o *display* apresenta muitos detalhes sobre as formas de onda e sobre as configurações de controlo do osciloscópio.



1. O ícone do *display* exhibe o modo de aquisição.







-  Modo Amostra  
 Modo Detecção de Pico  
 Modo Média

2. O status do *trigger* indica o seguinte:

<input type="checkbox"/> Armed	O osciloscópio está a adquirir dados de pré- <i>trigger</i> . Todos os <i>triggers</i> são ignorados neste estado.
<input checked="" type="checkbox"/> Ready	Todos os dados do pré- <i>trigger</i> foram adquiridos e o osciloscópio está pronto para aceitar um <i>trigger</i> .
<input checked="" type="checkbox"/> Trig'd	O osciloscópio identificou um <i>trigger</i> e está a adquirir dados pós- <i>trigger</i> .
<input checked="" type="checkbox"/> Stop	O osciloscópio parou de adquirir os dados da forma de onda.
<input checked="" type="checkbox"/> Acq. Complete	O osciloscópio concluiu uma aquisição de Sequência Única.
<input checked="" type="checkbox"/> Auto	O osciloscópio está no modo automático e está a adquirir as formas de onda na ausência de <i>triggers</i> .
<input type="checkbox"/> Scan	O osciloscópio está a adquirir e a exibir continuamente os dados da forma de onda no Modo de digitalização.

3. O marcador exhibe a posição do *trigger* horizontal. Rode o botão HORIZONTAL POSITION para ajustar a posição de um marcador.
4. A leitura exhibe o tempo no centro da quadrícula. O tempo de *trigger* é zero.
5. O marcador exhibe o nível do *Edge trigger* (*trigger* de Borda) ou *trigger* de Largura de Pulso.
6. Os marcadores no *display* exibem os pontos de referência da terra das formas de onda exibidas. Se não houver um marcador, o canal não será exibido.
7. Um ícone com a forma de uma seta indica que a forma de onda está invertida.
8. As leituras exibem os factores da escala vertical dos canais.
9. O ícone  $B_W$  indica que o canal é limitado por largura de banda.
10. A leitura exhibe a configuração da base de tempo principal.
11. A leitura exhibe a configuração da base de tempo da janela que está em uso.
12. A leitura exhibe a origem do *trigger* usada para o *triggering*.

13. O ícone exibe o tipo de *trigger* seleccionado como segue:

	<i>Edge Trigger</i> para a borda de subida.
	<i>Edge Trigger</i> para a borda de descida.
	<i>Trigger</i> de Vídeo para o sincronismo de linha.
	<i>Trigger</i> de Vídeo para o sincronismo de campo.
	<i>Trigger</i> de Largura de Pulso, polaridade positiva.
	<i>Trigger</i> de Largura de Pulso, polaridade negativa.

14. A leitura exibe o nível do *edge trigger* ou do *trigger* de Largura de Pulso.

15. A área de *display* exibe mensagens úteis. Algumas mensagens são exibidas por apenas três segundos.

Se se recuperar uma forma de onda gravada, a leitura exibirá informações sobre a forma de onda de referência, como RefA 1,00V 500  $\mu$ s.

16. A leitura exibe a frequência do *trigger*.

### 1.2.2 ÁREA DE MENSAGEM

O osciloscópio exibe uma área de mensagem (item número 15 na figura anterior) na parte inferior da *display*, com os seguintes tipos de informações:

- Orientações para aceder a outro menu, como quando é pressionado o botão TRIG MENU:  
Para TRIGGER HOLDOFF (interrupção do *trigger*), vá para o menu HORIZONTAL
- Sugestão do que pode desejar fazer seguidamente, como por exemplo, quando pressiona o botão MEASURE (medidas):  
Pressione um botão de opção para alterar a sua medição
- Informações sobre a acção realizada pelo osciloscópio, como por exemplo, quando pressiona o botão DEFAULT SETUP (configuração padrão):  
Configuração padrão restaurada
- Informações sobre a forma de onda, como por exemplo, quando pressiona o botão AUTOSET:  
Onda quadrada ou pulso detectado em CH1



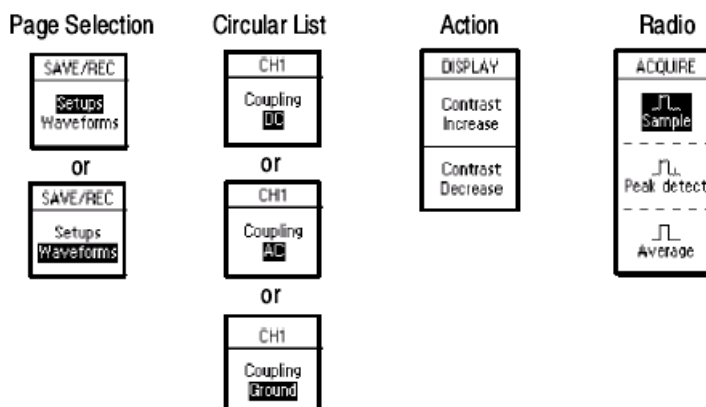
### 1.2.3 O SISTEMA DE MENUS

A interface com o utilizador destes osciloscópios foi projectada para ser de fácil acesso às funções especializadas por meio da estrutura de menu.

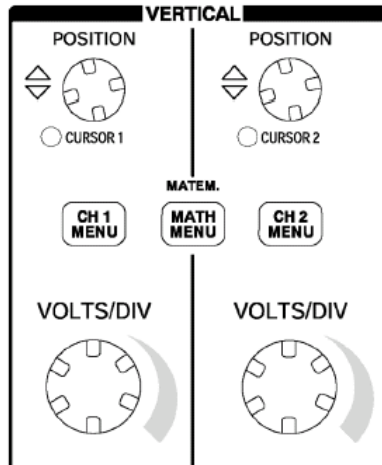
Quando se pressiona um botão de menu do painel frontal, o osciloscópio exhibe o menu correspondente no lado direito do *display*. Esse menu exhibe as opções que estão disponíveis quando se pressiona directamente os botões de opção não rotulados à direita do *display*.

#### O osciloscópio utiliza quatro métodos para exhibir as opções de menu:

- **Seleção de página (Submenu):** Para alguns menus, é possível utilizar o botão de opção principal para escolher dois ou três submenus. Sempre que pressiona o botão principal, as opções alteram-se. Por exemplo, quando pressiona o botão principal no menu SAVE/REC, o osciloscópio alterna entre os submenus Setups (Configurações) e Waveforms (Formas de Onda).
- **Lista Circular:** O osciloscópio configura o parâmetro para um valor diferente cada vez que se pressiona o botão de opção. Por exemplo, pode pressionar-se o botão CH 1 MENU e, em seguida, pressionar-se o botão principal para percorrer as opções de Acoplamento Vertical (canal).
- **Acção:** O osciloscópio exhibe o tipo de acção que ocorrerá logo depois que um botão de opção de Acção for pressionado. Por exemplo, quando se pressiona o botão de menu DISPLAY e, em seguida, pressiona-se o botão de opção Contrast Increase (Aumento do Contraste), o osciloscópio altera o contraste imediatamente.
- **Rádio:** O osciloscópio utiliza um botão diferente para cada opção. A opção actualmente seleccionada está em destaque. Por exemplo, o osciloscópio exhibe várias opções de modo de aquisição quando se pressiona o botão de menu ACQUIRE (AQUISIÇÃO). Para seleccionar uma opção, pressione o botão correspondente.



**1.2.4 CONTROLOS VERTICAIS**



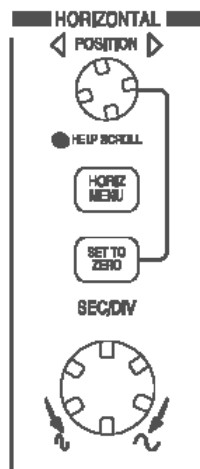
**CH 1, CH 2, POSITION CURSOR 1 e CURSOR 2:** Posiciona verticalmente a forma de onda. Quando se exibe e se usa os cursores, ilumina-se um LED para indicar a função alternativa dos botões para mover os cursores.

**CH 1, CH 2 MENU:** Exibe as selecções do menu vertical e alterna entre ligada e desligada a exibição da forma de onda do canal.

**VOLTS/DIV (CH 1, CH 2):** Selecciona os factores de escala calibrados.

**MATH MENU:** Exibe o menu de operações matemáticas da forma de onda e pode também ser utilizado para alternar a forma de onda matemática entre ligada e desligada.

**1.2.5 CONTROLOS HORIZONTAIS**



**POSITION.** Ajusta a posição horizontal de todas as formas de onda: do canal e da matemática. A resolução deste controle varia com a configuração da base de tempo.

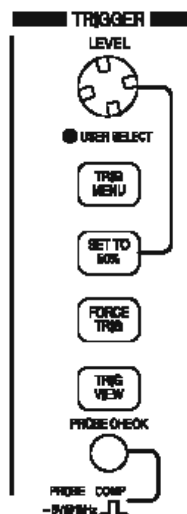
**OBSERVAÇÃO.** Para efectuar um ajuste maior para a posição horizontal, rode o botão SEC/DIV para um valor maior, altere a posição horizontal e retorne o botão SEC/DIV para o valor anterior. Quando visualiza os tópicos de ajuda, pode usar este botão para navegar pelos links ou entradas de índice.

**HORIZ MENU:** Exibe o menu Horizontal.

**SET TO ZERO:** Define a posição horizontal para zero.

**SEC/DIV:** Selecciona o tempo/divisão horizontal (factor de escala) para a base de tempo principal ou da janela. Quando a Área da Janela estiver activada, a sua largura é alterada ao mudar-se a base de tempo da janela.

### 1.2.6 CONTROLOS DE TRIGGER



**LEVEL e USER SELECT:** Quando se usa o *Edge trigger*, a função primária do controlo LEVEL é ajustar o nível de amplitude que o sinal deve cruzar para causar uma aquisição. Pode também utilizar-se o botão para realizar as funções alternativas USER SELECT. O LED, situado por baixo do botão, ilumina-se para indicar uma função alternativa.

USER SELECT	DESCRIÇÃO
Holdoff (Interrupção)	Ajusta a quantidade de tempo antes que um outro evento de <i>trigger</i> seja aceite.
Vídeo line number (nº da linha de vídeo)	Configura o osciloscópio para um número de linha específico, quando a opção Trigger Type for configurada para Vídeo e a opção Sync for configurada para Line Number
Pulse width (largura do pulso)	Configura a largura do pulso quando a opção Trigger Type for configurada para Pulse e for seleccionada a opção Set Pulse Width

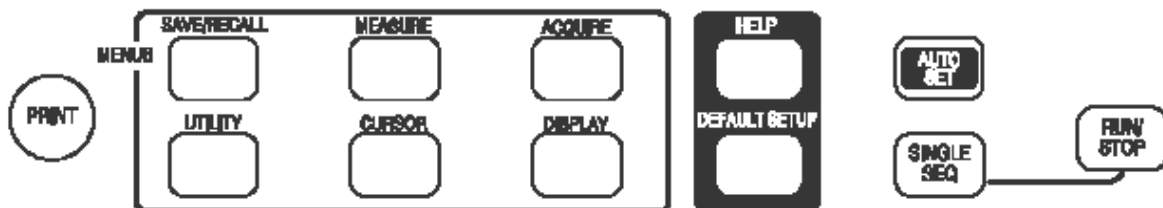
**TRIG MENU:** Exibe o menu *Trigger*.

**SET TO 50%:** O nível do *trigger* é configurado para o ponto médio entre os picos do sinal do *trigger*.

**FORCE TRIG:** Conclui uma aquisição sem levar em consideração o sinal adequado do *trigger*. Este botão não tem efeito se a aquisição já estiver parada.

**TRIG VIEW:** Exibe a forma de onda do *trigger* em vez da forma de onda do canal, enquanto o botão TRIG VIEW for mantido pressionado. Pode utilizar-se essa função para visualizar como as configurações do *trigger* afectam o sinal do *trigger*, como por exemplo, o acoplamento de *trigger*.

**1.2.7 BOTÕES DE MENU E DE CONTROLO**



**SAVE/RECALL:** Exibe o menu Save/Recall para configurações e formas de onda.

**MEASURE:** Exibe o menu de medições automáticas.

**ACQUIRE:** Exibe o menu de Aquisição.

**DISPLAY:** Exibe o menu *Display*.

**CURSOR:** Exibe o menu Cursor. Os controlos Vertical Position ajustam a posição do cursor enquanto exibe o menu Cursores e os cursores são activados. Os cursores permanecem exibidos (a menos que a opção Type esteja definida para Off) após deixar o menu Cursor, mas não são ajustáveis.

**UTILITY:** Exibe o menu Utilitário.

**HELP:** Exibe o menu Ajuda.

**DEFAULT SETUP:** Restaura a configuração de fábrica.

**AUTOSET:** Configura automaticamente os controlos do osciloscópio para produzir um *display* utilizável dos sinais de entrada.

**SINGLE SEQ:** Adquire uma forma de onda única e em seguida pára.

**RUN/STOP:** Adquire continuamente as formas de onda ou pára a aquisição.

**PRINT:** Inicia as operações de impressão. É necessário um módulo de extensão com uma porta Centronics, RS-232 ou GPIB.

### 1.2.8 CONECTORES

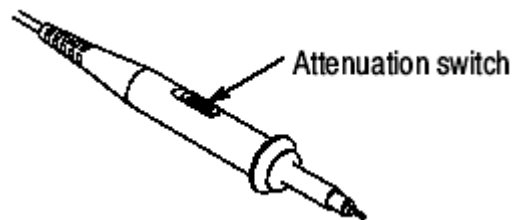


**PROBE COMP:** Tensão de saída para compensação da ponta de prova e terra. Utilize para compatibilizar electricamente a ponta de prova ao circuito de entrada do osciloscópio. A terra de compensação da ponta de prova e as blindagens do BNC estão conectadas à terra e são considerados terminais da terra.

**CH 1, CH 2:** Conectores de entrada para exibição de forma de onda.

**EXT TRIG:** Conector de entrada para uma origem externa de *trigger*. Utilize o menu *Trigger* para seleccionar a origem do *trigger* Ext ou Ext/5.

### 1.3 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.

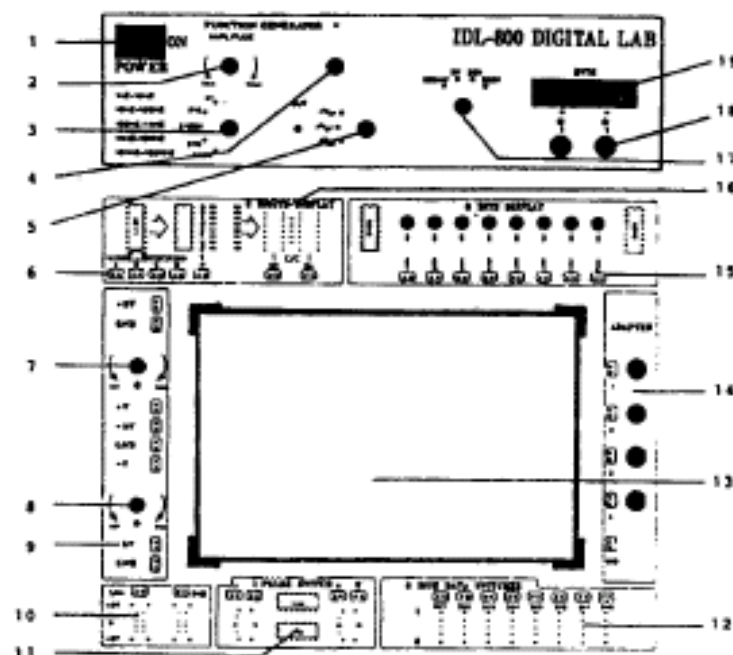
## 2. O DIGITAL LAB

(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.        |  |

## 2.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE UM DIGITAL LAB — BREVE DESCRIÇÃO

### 2.1.1 A FONTE DE ALIMENTAÇÃO

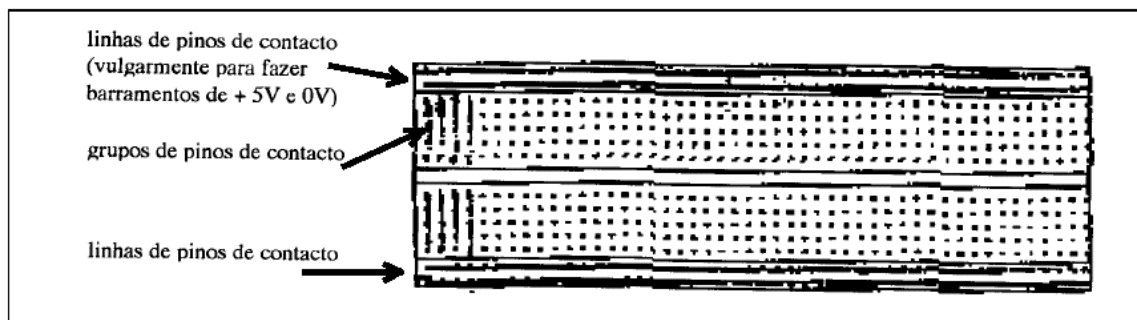
A fonte de alimentação é laboratorial e, como tal, fornece uma tensão regulada, i.e., praticamente independente da tensão da rede e da corrente debitada pela fonte, e ajustável (por meio de um botão rotativo).

### 2.1.2 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.

### 2.1.3 A "BREADBOARD"

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





### 3. 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**.

### 4. O GERADOR DE SINAL: TOPWARD 8110



Para além do descrito em 2.1.2, este gerador de sinal inclui ainda ondas pulsadas e em rampa, controlo do *duty cycle* das ondas, VCF (*voltage control frequency*) e sinal de saída sincronizado.

Especificações do gerador de sinal Topward 8110:

**Specification**

ITEM	8110	8140
<b>MAIN OUTPUT</b>		
Frequency Range	0.1Hz to 2MHz in 7 Ranges	0.1Hz to 10MHz in 8 Ranges
Waveforms	Sine, Square, Triangle, Pulse, Ramp	
Amplitude	20 Vp-p, Open	
Attenuator	0dB, -30dB	
Output Impedance	50Ω ±10%	
DC Offset	+10V ~ -10V with 0-offset SW	
Duty Control	80 : 20 to 20 : 80 ( Frequency unchanged ) Continuously Variable with 50 : 50 Cal. switch	
Freq. Accuracy	±5% of full scale	
Distortion	<1%, 10Hz ~ 100KHz	<0.5%, 10Hz ~ 100KHz
Rise/Fall Time	<100nS	<25nS
V. C. F.	0 to +5V Control frequency to 1000 : 1	
<b>SYNC OUTPUT</b>		
Rise Time	<25nS	
Level	>3Vp-p ( Open )	>1Vp-p ( Open )
Power Source	ACV 115V / 230V, ±10%, 60Hz / 50Hz	
Dimension	262 ( W ) x 85 ( H ) x 270 ( D ) mm	
Net Weight	1.8Kg	2.0Kg
Accessories	ACS-003 BNC to clip x1, Operation manual x 1	

## 5. 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).

## 5.1 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 TODO 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.

## 5.2 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:

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

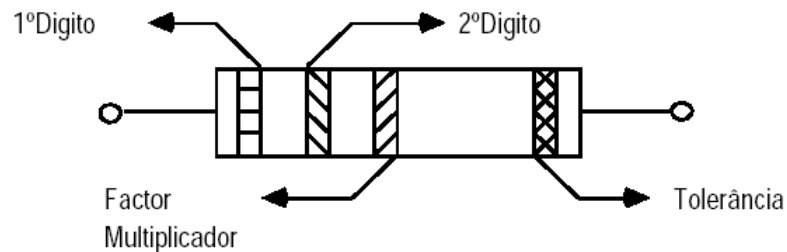
A construção de aparelhos para medição de grandezas alternadas recorre a vários esquemas. A sua calibração é normalmente feita utilizando sinais sinusoidais. A utilização do aparelho fora das condições nominais pode conduzir a resultados incorrectos. Contudo, um utilizador experiente pode corrigir os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

## 6. 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

## 7. 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 1.º dígito.
- A segunda cor indica o valor do 2.º 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 <sup>2</sup>
Laranja	3	10 <sup>3</sup>
Amarela	4	10 <sup>4</sup>
Verde	5	10 <sup>5</sup>
Azul	6	10 <sup>6</sup>
Violeta	7	10 <sup>7</sup>
Cinzentos	8	10 <sup>8</sup>
Branco	9	10 <sup>9</sup>

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

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. BOCTOR, S. A., Electric Circuit Analysis, Prentice Hall, 1990.
2. O'MALLEY, J., Análise de Circuitos, McGraw-Hill, 1982.
3. Sebenta Multimédia de Análise de Circuitos Eléctricos, Victor Dias, IST-UTL.
4. MALVINO, A., Electrónica, vol. 1, MacGraw-Hill.
5. <http://www.tektronics.com>
6. [http://www.spencetek.com/fg/fg\\_8110.htm](http://www.spencetek.com/fg/fg_8110.htm)
7. [http://www.kandh.com.tw/kh/e\\_blue.htm](http://www.kandh.com.tw/kh/e_blue.htm)