

Pedro Salgueiro

**Licenciatura em Engenharia  
Electrotécnica – Electrónica e  
Computadores**

**Projecto de fim de curso**

---

**Simulador de um  
Osciloscópio  
Analógico**







Autor

Pedro Luís de Sousa Salgueiro

E-mail

1990175@dee.isep.ipp.pt

Orientação

Eng. Mário Ferreira Alves

Webpage

<http://osciloscopiovirtual.no.sapo.pt>

Ano

2005





## Índice

<b>I – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1. OBJECTIVOS.....	1
2. CONTEXTO.....	2
3. ESTRUTURA DO RELATÓRIO .....	2
<b>II – FUNCIONAMENTO DO OSCILOSCÓPIO.....</b>	<b>3</b>
1. OS 4 TIPOS DE OSCILOSCÓPIO.....	3
2. OSCILOSCÓPIO ANALÓGICO.....	4
3. OSCILOSCÓPIO DE AMOSTRAGEM.....	11
4. OSCILOSCÓPIO DE FÓSFORO DIGITAL .....	14
5. OSCILOSCÓPIOS BASEADOS EM PC .....	16
<b>III – ESTADO ACTUAL DAS TECNOLOGIAS.....</b>	<b>19</b>
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OSCILOSCÓPIOS ANALÓGICOS .....	20
3. OSCILOSCÓPIOS DE AMOSTRAGEM.....	22
4. OSCILOSCÓPIO DE FÓSFORO DIGITAL .....	26
5. OSCILOSCÓPIOS BASEADOS EM PC .....	27
6. SIMULADORES DE OSCILOSCÓPIOS (VIRTUAIS).....	30
7. CONSIDERAÇÕES SOBRE MODELOS APRESENTADOS.....	31
<b>IV – DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DESENVOLVIDA.....</b>	<b>33</b>
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. INTERFACE .....	34
3. ESTRUTURA DE PROGRAMAÇÃO .....	40
4. EXEMPLO 1 (SINAL SIMPLES) .....	47
5. EXEMPLO 2 (MODO X-Y).....	48
<b>V – CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
1. CRONOLOGIA DO TRABALHO.....	49
2. OBJECTIVOS INICIAIS VS TRABALHO REALIZADO .....	50
3. TRABALHO FUTURO .....	51
<b>VI – REFERÊNCIAS.....</b>	<b>53</b>
1. FUNCIONAMENTO .....	53
2. APLICAÇÕES .....	54
3. IMAGENS .....	54





## I – Introdução

### 1. Objectivos

Os objectivos inicialmente propostos para este projecto foram:

- Analisar o estado actual das tecnologias dos osciloscópios e o seu funcionamento
- Desenvolver um simulador de osciloscópio e gerador de sinais em PC, para aprendizagem virtual do seu funcionamento.

Este projecto consistiu na elaboração de uma aplicação que simulasse, da forma mais fiel possível, o funcionamento de um osciloscópio analógico comum. Para isso, utilizou-se uma imagem do painel frontal dum osciloscópio real, para que o utilizador do simulador veja o mesmo que veria se utilizasse o osciloscópio real.

Para o funcionamento e utilização do simulador de osciloscópio é necessária a colocação de sinais na entrada do simulador, para isso foi necessária a criação de meios que permitam a edição de sinais, através de um simulador de gerador de sinais e de uma aplicação desenvolvida numa folha de calculo (Excel).

Tratando-se de um projecto que visa permitir a aprendizagem, por parte dos alunos, da manipulação de um osciloscópio e como é provável que os primeiros contactos do aluno com o osciloscópio sejam feitos através da ferramenta de simulação criada, é pretendido que o simulador possua um sistema de ajuda (on-line help) para os comandos disponíveis no aparelho de forma a facilitar a aprendizagem do mesmo.

Para além do desenvolvimento do software, faz parte do projecto estudar o estado actual das tecnologias e o seu funcionamento.



## 2. Contexto

O projecto visa desenvolver um simulador de osciloscópio de forma a servir de ferramenta de aprendizagem para os alunos que iniciam a aprendizagem do funcionamento do osciloscópio. Por esse motivo, o simulador é feito utilizando como interface um osciloscópio real, para facilitar ao aluno a associação dos diversos comandos com um osciloscópio real e para permitir um estudo paralelo do seu funcionamento.

Este projecto ganha particular importância no contexto actual, visto que o sistema do ensino superior vai ser alterado devido ao Processo de Bolonha, o qual pretende uniformizar em todo o espaço Europeu o ensino superior. Sendo que as licenciaturas em Engenharia vão ser reduzidas para 3 anos, e também se pretende reduzir a carga horária semanal, ganha importância uma ferramenta que permita aos alunos o estudo dos aparelhos sem necessidade de deslocação a um laboratório, já que o tempo para efectuar as experiências presencialmente vai ser menor.

## 3. Estrutura do Relatório

O presente relatório está estruturado em 5 partes das quais a primeira (introdução) visa esclarecer os objectivos do projecto, bem como do contexto e motivação para o seu desenvolvimento.

A descrição do funcionamento de cada um dos tipos de osciloscópio existentes é feita na segunda parte. Esta descrição é separada para cada um dos tipos de osciloscópios o osciloscópio analógico, o osciloscópio de amostragem (DSO – *Digital Storage Oscilloscope*), o osciloscópio de fósforo digital (DPO – *Digital Phosphor Oscilloscope*) e os osciloscópios baseados em PC.

Na terceira parte é feito um apanhado dos diversos osciloscópios actualmente existentes no mercado, realçando as suas principais características e preços. A quarta parte deste documento pretende dar a conhecer a ferramenta de simulação desenvolvida, explicando as interfaces e a filosofia de programação utilizada, recorrendo a alguns exemplos.





## II – Funcionamento do Osciloscópio

### 1. Os 4 tipos de osciloscópio

#### *O Osciloscópio Analógico*

Os osciloscópios analógicos consistem num tubo de raios catódicos em que um feixe de electrões incide num ecrã de fósforo. A posição do feixe é controlada por dois sinais, um de varrimento do ecrã e outro que controla a posição vertical do feixe.



Fig. II - 1 Osciloscópio Analógico [INS]

#### *O Osciloscópio de Amostragem*

Neste os sinais nas entradas dos osciloscópios são convertidos em sinais digitais por um conversor A/D (analógico para digital), processados digitalmente para finalmente serem representados num ecrã.



Fig. II - 2 Osciloscópio de Amostragem [SIH]

#### *O Osciloscópio de Fósforo Digital*

O DPO (Digital Phosphor Oscilloscope) é um osciloscópio digital que permite uma maior velocidade de amostragem, permitindo análises mais precisas.



Fig. II - 3 Osc. Fósforo Digital [TUC]

#### *O Osciloscópio baseado em PC*

Os osciloscópios baseados em PC são mais acessíveis economicamente e permitem usar as capacidades de processamento de um computador e um ecrã de visualização maior que os osciloscópios de bancada.

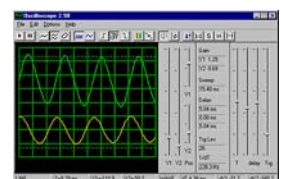


Fig. II - 4 Osciloscópio baseado em PC [IOSWI]



## 2. Osciloscópio Analógico

### 2.1. Funcionamento

Todo o osciloscópio é capaz de reproduzir graficamente uma tensão variável no tempo, quer dizer, mediante o osciloscópio é possível reproduzir visualmente a amplitude instantânea de uma forma de onda de tensão eléctrica, em função do tempo.

Num osciloscópio analógico, esta reprodução visual é conseguida mediante um feixe electrónico que traça a onda no ecrã de um tubo de raios catódicos. Este tubo necessita de uma série de circuitos auxiliares capazes de controlar a trajectória do feixe de electrões a partir da sua geração, no cátodo do tubo, até ao ponto em que deve incidir no ecrã.

Assim sendo, para além do tubo de raios catódicos o osciloscópio é composto pelos seguintes sistemas fundamentais (Fig. II - 5):

- Sistema vertical
- Sistema de sincronismo (disparo, trigger)
- Sistema horizontal

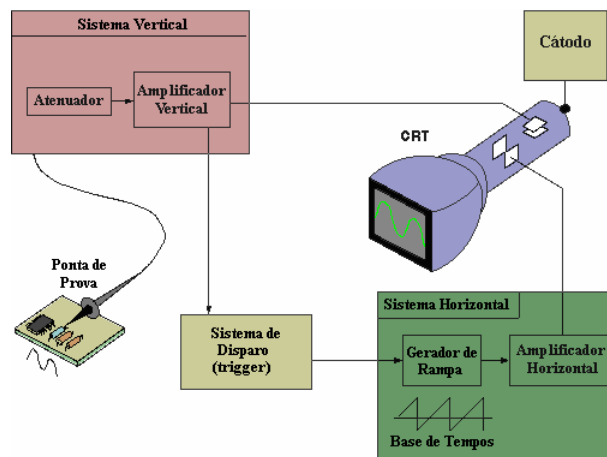


Fig. II - 5 - Esquema de um osciloscópio [HAM]



### 2.1.1. Tubo de Raios Catódicos (TRC)

O TRC é o dispositivo que permite visualizar o sinal que se deseja analisar. A imagem observada resulta do choque de feixe de electrões num ecrã constituído por material fosforescente e fluorescente. A intensidade luminosa e a posição xy são variáveis e dependentes quer da acção do utilizador quer de sinais gerados internamente. A intensidade luminosa depende da velocidade com que vai animado o feixe de electrões, característica que pode ser controlada directamente pelo utilizador através do botão de controlo, usualmente, com a designação abreviada INT (de “intensity”). A posição xy depende das tensões aplicadas às placas de deflexão horizontal e vertical (Fig. II - 6) que, por sua vez, dependem de sinais gerados internamente (como o produzido pela base de tempo, que é directamente ligado ao canal horizontal) ou aplicados, exteriormente, às entradas verticais.

O TRC consta de uma ampola de vidro parecida com um funil, contendo no seu interior diversos eléctrodos que geram, focam, aceleram, controlam e desviam um feixe de electrões.

Poderemos dividir o “canhão” electrónico em algumas partes, das quais:

- Cátodo emissor de electrões
- Grelha de controlo de intensidade
- Ânodo de aceleração
- Ânodo de focagem
- Ecrã

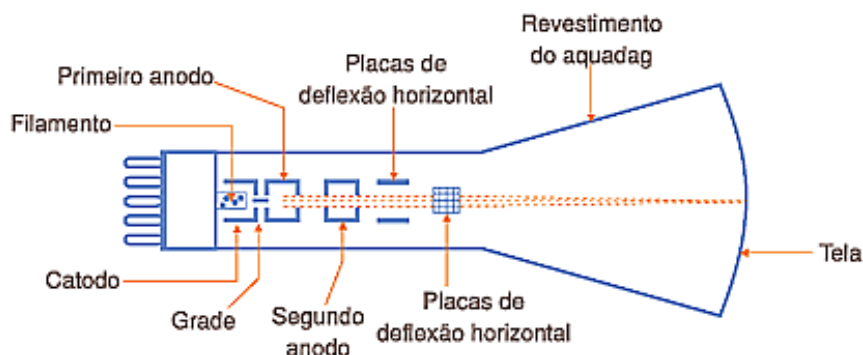


Fig. II - 6 - Tubo de Raios Catódicos [SEL]



### Cátodo emissor de electrões

O cátodo é o eléctrodo emissor do feixe de electrões (uns seis biliões por segundo) que é concentrado por eléctrodos de focagem e conduzido para o ecrã. Ao embater no ecrã, o feixe de electrões é parcialmente convertido em energia luminosa, formando um ponto luminoso mais ou menos intenso conforme a velocidade com que o feixe vai, velocidade que é controlada pelo controlo de intensidade INT, acessível no painel frontal do osciloscópio.

### Grelha de controlo da intensidade

A grelha de controlo da intensidade é um pequeno cilindro metálico com um orifício circular no fundo, que rodeia o cátodo e cuja função é regular a passagem de electrões precedentes do cátodo, em direcção ao ânodo controlando assim o brilho da imagem.

### Ânodo de aceleração e focagem

Os ânodos de aceleração e focagem têm a forma cilíndrica com pequenas aberturas para a passagem do feixe de electrões e conseguindo-se assim a incidência de um feixe finíssimo sobre o ecrã e mais ou menos intenso conforme a aceleração que lhe foi dada.

### Ecrã

O ecrã é constituído por uma superfície revestida por fósforo, que quando bombardeado por um feixe de electrões emite energia luminosa (*fluorescência*). O fósforo além de ser um material fluorescente é ainda fosforescente. A *fosforescência* é a capacidade do material continuar a emitir energia luminosa, após se ter retirado a fonte excitadora.

## **2.1.2. Sistema Horizontal (Base de Tempo)**

O circuito da base de tempo de um osciloscópio tem por finalidade conseguir que a tensão aplicada às placas deflectoras verticais apareçam no ecrã do TRC como função do tempo.

Este circuito deverá fazer deslocar o ponto luminoso periodicamente e com velocidade constante na direcção horizontal sobre o ecrã da esquerda para a direita. Para isso, deverá utilizar uma tensão com um crescimento constante, que faz deslocar o feixe de electrões para a direita do ecrã. Quando o feixe



atinge o extremo direito do ecrã a tensão deve ir a zero, para iniciar novo varrimento (Fig. II - 7).

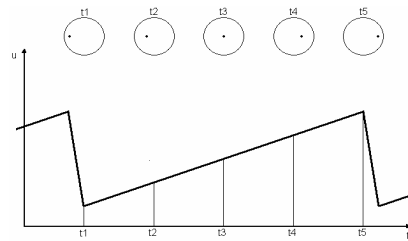


Fig. II - 7 - Deflexão horizontal

Como a frequência do dente de serra é relativamente elevada, ponto luminoso vai deslocar-se horizontalmente no ecrã com grande velocidade, criando um efeito óptico de uma linha contínua e não de um ponto.

### 2.1.3. Sistema Vertical

Um bom osciloscópio deve ser capaz de analisar sinais eléctricos com as mais variadas amplitudes.

Considerando que a sensibilidade de desvio de um TRC para osciloscópio costuma ser de 20V por cm de altura da imagem e de 30V por cm de altura se se trata de corrente alternada, é lógico pensar que um sinal pequeno, na ordem dos milivolt, por exemplo, mal interfere no desvio vertical do feixe de electrões.

É preciso, portanto, dispor entre a entrada do sinal e as placas deflectoras verticais de um circuito amplificador que eleve a um valor adequado o sinal que se pretende analisar (Fig. II - 8).

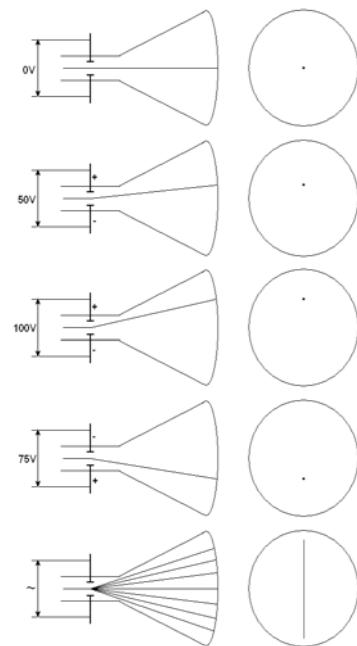


Fig. II - 8 - Deflexão vertical

### 2.1.4. Sistema de Sincronismo

O deslocamento do feixe luminoso no ecrã, a velocidade constante designa-se por varrimento e inicia-se do lado esquerdo e termina do lado direito. Mas quando é que se deve iniciar o varrimento? Se o varrimento se



repetisse sem interrupção, só por sorte se conseguiria a sincronização das frequências de varrimento e do sinal. Consequentemente, os ciclos consecutivos de varrimento não se sobreporiam, surgindo no ecrã uma imagem desordenada e incompreensível (Fig. II - 9).

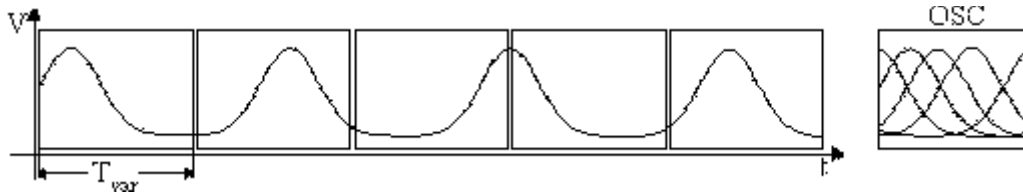


Fig. II - 9 - Exemplo de falta de sincronismo [CFP]

Para compreensão da necessidade da existência do sincronismo num osciloscópio e como este é obtido, é seguidamente apresentada uma sequência de imagens, onde essa situação é exposta (Fig. II - 10 a Fig. II - 13). Em todas as imagens a primeira forma de onda é a que é introduzida no canal vertical, ou seja, nas placas deflectoras verticais. A segunda forma de onda representada é proveniente do gerador de varrimento. Na figura abaixo destas é representada a imagem que aparece no ecrã a cada ciclo do gerador de varrimento. A figura do lado direito mostra a resultante das figuras, ou seja, o que o observador veria no ecrã do osciloscópio.

Na Fig. II - 10 um sinal é aplicado ao canal vertical e o gerador de varrimento ajustado para a mesma frequência. A imagem no ecrã aparece estável porque a cada ciclo do gerador de varrimento, o ponto luminoso descreve a sua trajectória sobre a trajectória anterior, ou seja, desenha uma imagem sobre a outra, dando a impressão que a imagem está parada.

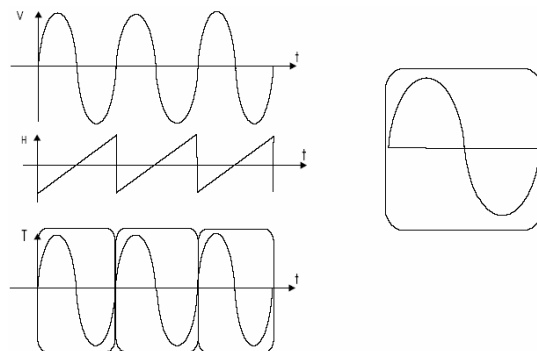
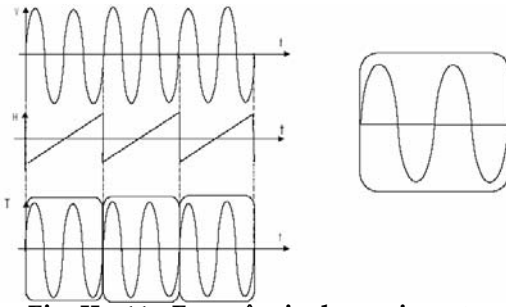


Fig. II - 10 - Frequências de varrimento e sinal iguais [CFP]

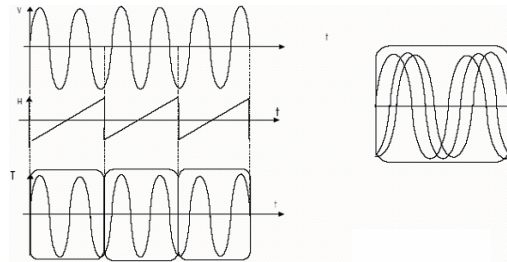


Na Fig. II - 11 um sinal é aplicado ao canal vertical e o gerador de varrimento ajustado para metade da frequência. Processo semelhante ao da figura anterior (Fig. II - 10), só que aparecem dois ciclos no ecrã.



**Fig. II - 11 - Frequência de varrimento metade da do sinal [CFP]**

Na Fig. II - 12 um sinal é aplicado ao canal vertical e o gerador de varrimento ajustado para uma frequência qualquer diferente (não igual, nem 1/2 ou 1/3, 1/4, etc.). A imagem no ecrã aparece confusa, porque a cada ciclo do gerador de varrimento é reproduzido no ecrã um desenho (sinusóide neste caso) em posições diferentes, dando a impressão de que a imagem está em movimento.

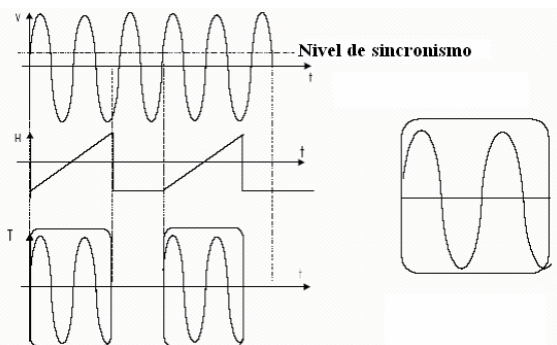


**Fig. II - 12 - Frequências de varrimento e do sinal diferentes e desproporcionais [CFP]**

Para resolver este problema há a necessidade de sincronizar o gerador de varrimento com o sinal de entrada. O sincronismo consiste em fazer com que o ciclo de varrimento comece sempre num mesmo ponto do sinal de entrada, como exemplificado na figura Fig. II - 13.

Um sinal é aplicado ao canal vertical e o gerador de varrimento é sincronizado por este sinal. Quando o primeiro ciclo do gerador de varrimento (que começou quando o sinal de entrada passou pelo valor indicado como “nível de sincronismo” no flanco ascendente) terminar, o segundo não começará logo de seguida como nos casos anteriores, mas somente depois do circuito de sincronismo dar o comando, o que ocorrerá quando o sinal de entrada passar novamente pelo “nível de sincronismo”, no flanco ascendente. Portanto, a imagem no ecrã será estável. Durante o tempo em que o gerador de varrimento termina um ciclo e fica à espera do comando de sincronismo, o feixe fica parado do lado esquerdo do ecrã.

Um sinal é aplicado ao canal vertical e o gerador de varrimento é sincronizado por este sinal. Quando o primeiro ciclo do gerador de varrimento (que começou quando o sinal de entrada passou pelo valor indicado como “nível de sincronismo” no flanco ascendente)



**Fig. II - 13 - Aplicação de sincronismo ao sinal [CFP]**

terminar, o segundo não começará logo de seguida como nos casos anteriores, mas somente depois do circuito de sincronismo dar o comando, o que ocorrerá quando o sinal de entrada passar novamente pelo “nível de sincronismo”, no flanco ascendente. Portanto, a imagem no ecrã será estável. Durante o tempo em que o gerador de varrimento termina um ciclo e fica à espera do comando de sincronismo, o feixe fica parado do lado esquerdo do ecrã.



O controlo do nível de sincronismo (*trigger level*) serve para determinar o nível em que ocorrerá o disparo do gerador de varrimento, isto é, o nível de tensão onde começará o desenho da forma de onda.

O controlo da inclinação de sincronismo (*trigger slope*) serve para determinar se o disparo do gerador de varrimento ocorrerá durante a subida ou descida do sinal.

O controlo da fonte de sincronismo (*trigger source*) serve para seleccionar o sinal que irá sincronizar a forma de onda. Pode ser interno (INT), isto é a partir do próprio sinal injectado no canal vertical; rede (MAIN), isto é, a partir da tensão da rede de energia eléctrica (50Hz) ou externo (EXT), sendo que neste caso devemos injectar um sinal na entrada de sincronismo externa.





### 3. Osciloscópio de Amostragem

#### 3.1. Funcionamento

Os osciloscópios de amostragem (normalmente conhecidos por osciloscópios digitais ou DPO – *Digital Storage Oscilloscope*) têm, para além do explicado para os osciloscópios analógicos, um sistema de processamento de dados que permite armazenar e visualizar um sinal (Fig. II - 14).

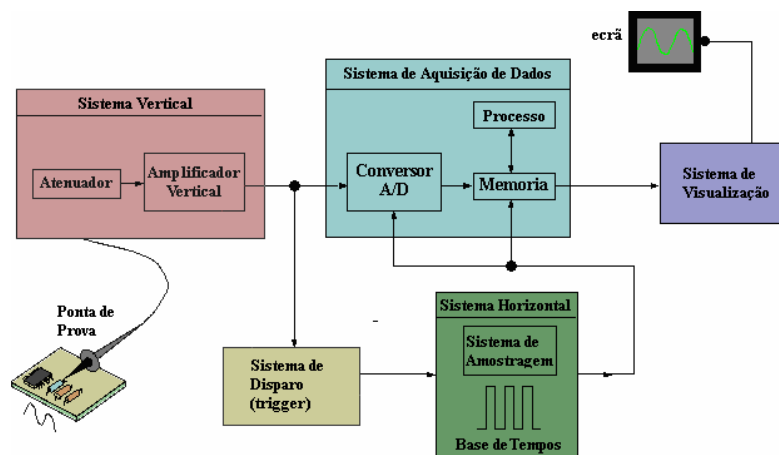


Fig. II - 14 - Diagrama de um osciloscópio de amostragem [HAM]

Quando se liga a ponta de prova de um osciloscópio de amostragem a um circuito, o sistema vertical permite ajustar a amplitude do sinal da mesma forma que o osciloscópio analógico.

O conversor analógico-digital do sistema de aquisição de dados faz a amostragem do sinal em intervalos de tempo determinados e converte o sinal de tensão contínua numa série de valores digitais (amostras).

Os valores digitais amostrados são armazenados na memória como amostras. O conjunto de amostras necessários para reconstruir o sinal no ecrã chama-se de registo. O início e o fim de um registo são definidos pelo sistema de disparo. Por fim, depois dos registos serem armazenados na memória o sistema de visualização mostra o sinal no ecrã.



### 3.1.1. Métodos de Amostragem

Para sinais de variação lenta, os osciloscópios digitais podem perfeitamente reunir todos os pontos necessários para fazer uma boa reconstrução do sinal utiliza-se então a chamada “amostragem em tempo real”. No entanto, para sinais rápidos o osciloscópio pode não ter capacidade para recolher amostras suficientes para efectuar a reconstrução correcta do sinal, então para compensar essa situação é usada uma das seguintes técnicas:

- Interpolação – estima um ponto intermédio do sinal baseando-se no ponto anterior e seguinte.
- Amostragem por tempo equivalente – se o sinal é periódico é possível amostrar durante alguns ciclos em diferentes partes do sinal para posteriormente reconstruir o sinal completo.

#### *Amostragem em tempo real*

O método mais utilizado para fazer a amostragem nos osciloscópios digitais é a amostragem em tempo real: o osciloscópio reúne os pontos suficientes para reconstruir o sinal. Para sinais não periódicos ou transitórios, é o único método válido para fazer a amostragem.

Na amostragem em tempo real a obtenção de amostras é feita com um intervalo entre amostras igual ao período de amostragem. A reconstrução do sinal é directa, isto é, as amostras aparecem espaçadas com o mesmo intervalo e pela mesma ordem com que o sinal foi amostrado. A única restrição deste método é a velocidade de amostragem, que deverá ser adequada à visualização dos detalhes mais finos do sinal, o que obriga que a frequência de amostragem seja, para um interpolador linear, pelo menos 10 vezes superior à frequência máxima contida no sinal. Esta restrição corresponde a uma limitação da largura de banda do osciloscópio digital, a largura de banda digital.

#### *Amostragem em tempo equivalente*

Alguns tipos de osciloscópios digitais disponibilizam a amostragem em tempo equivalente. Trata-se de reconstruir um sinal periódico capturando uma pequena parte do sinal em cada ciclo.



Neste método, a máxima frequência que pode ser adquirida, ou a largura de banda digital, é determinada pelas características em frequência do canal vertical e não pela taxa de amostragem.

Existem dois tipos básicos:

- Amostragem sequencial – Os pontos aparecem da esquerda para a direita em sequência para formar o sinal;
- Amostragem aleatória – Os pontos aparecem aleatoriamente para formar o sinal.

A amostragem sequencial é preferível para sinais de alta frequência, pois permite uma reconstrução mais rápida dos sinais, enquanto a amostragem aleatória permite o acesso à informação que ocorre em instantes de pré-sincronismo.

### 3.1.2. Reconstrução de sinais

Após a digitalização e memorização segue-se, através de um conversor D/A, a visualização. A qualidade da visualização depende naturalmente da frequência de amostragem, mas depende também das formas de interpolação usadas.

Existem basicamente dois tipos de interpolação:

- Linear – Simplesmente une os pontos amostrados com linhas rectas;
- Polinomial – Os pontos amostrados são unidos através de uma curva calculada por um processo matemático. Usando este método é possível visualizar sinais com grande qualidade dispondo de relativamente poucos pontos amostrados.

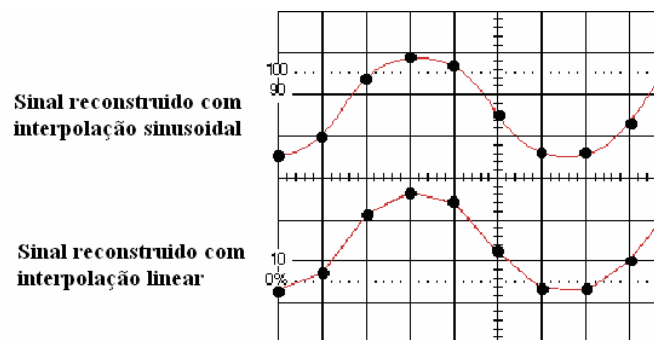


Fig. II - 15 – Reconstrução do sinal [HAM]



## 4. Osciloscópio de Fósforo Digital

### 4.1. Funcionamento

O DPO (*Digital Phosphor Oscilloscope*) é um osciloscópio digital que aumenta a confiança na captura de todas as informações sobre o comportamento dos sinais. Essa maior confiança é alcançada pela aceleração da velocidade de captura dos sinais a níveis muito acima daqueles oferecidos até mesmo pelos mais avançados DSOs (*Digital Storage Oscilloscopes*), aumentando desta forma a probabilidade da captura de eventos raros. Além disso, um DPO permite igualmente a visualização de formas de onda de alta frequência e baixa repetição, transitórios e variações de sinal em tempo real.

Nos osciloscópios de amostragem, o processamento dos sinais adquiridos é feito em série. A velocidade do microprocessador do DSO constitui um problema nesse processo, pois limita a velocidade de aquisição dos sinais. Consequentemente, os DSOs podem perder eventos não frequentes e não apresentar uma boa resposta em tempo real para os transitórios de um sinal.

O componente central dos DPOs (Fig. II - 16) é o processador de imagens de formas de onda: um ASIC (*Application-Specific Integrated Circuit*) exclusivo que fornece velocidades de captura de formas de onda comparáveis às dos mais rápidos ARTs (*Analog Real Time oscilloscope*). O DPX alia a conversão em mapas de bits a uma base de dados em 3-D profunda e a velocidades bastante rápidas de captura de formas de onda, resultando assim num DPO com excepcional densidade de dados no *display*.

O DPX acumula as informações do sinal numa matriz de números inteiros de 500 x 200. Cada número inteiro da matriz representa um *pixel* no *display* do DPO que incorpora 21 bits completos de informações de intensidade. Se um sinal cruzar um ponto repetidas vezes, a sua localização na matriz será actualizada repetidamente para salientar esse facto. Ao longo de uma amplitude de tempo de diversas amostras, a matriz desenvolve um mapa detalhado da intensidade do sinal. O resultado é um traçado de forma de onda cuja intensidade varia proporcionalmente à frequência de ocorrência do sinal



em cada ponto, ou seja, um tipo de "escala de cinza" exactamente igual à de um osciloscópio analógico de tempo real.

O mecanismo de aquisição faz a amostragem contínua à velocidade máxima, efectuando o triggering e formando imagem após imagem, com um mínimo de tempo morto entre aquisições. O DPX pode gravar até 200.000 formas de onda por segundo (1.000 vezes mais dados de sinal do que um DSO comum) e 500.000 amostras numa aquisição. Uma nova "foto" instantânea do fósforo digital é enviada ao *display* a cada 1/30 de segundo, sem interromper o processo de aquisição.

DPX® Acquisition Technology Provides Maximum Performance

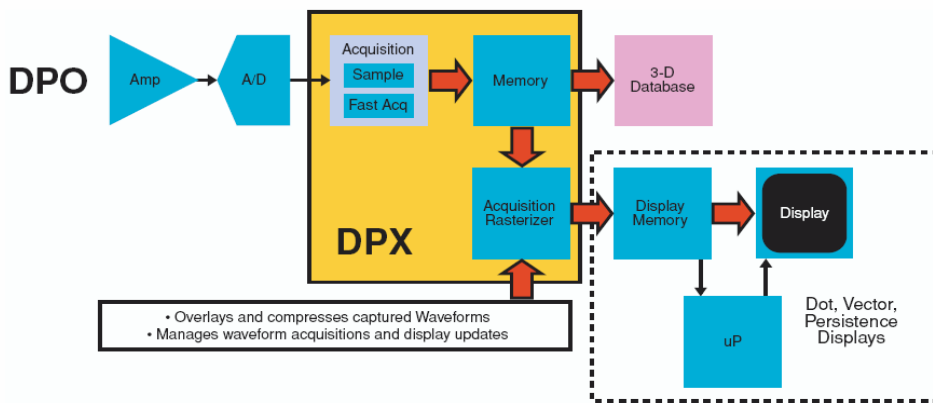


Fig. II - 16 – Diagrama de Funcionamento de um DPO

A imagem seguinte (Fig. II - 17) compara as diferentes arquitecturas utilizadas pelos três tipos de osciloscópios analisados.

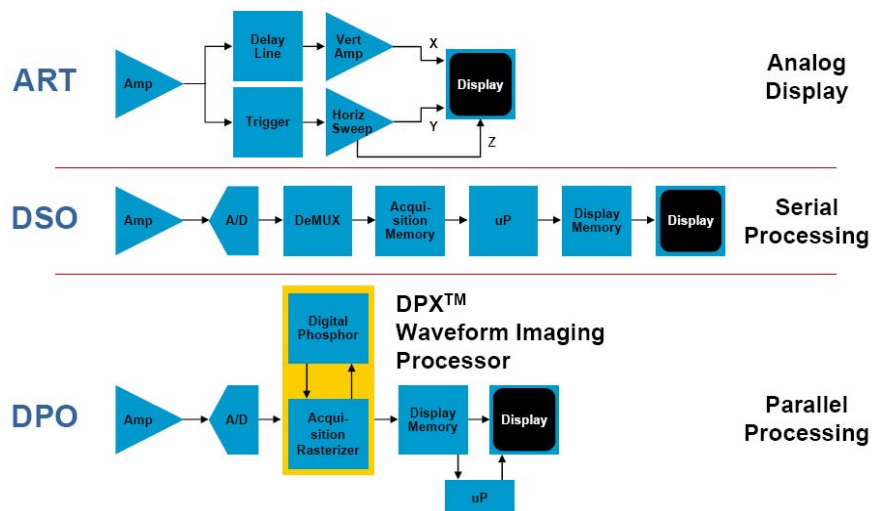


Fig. II - 17 – Comparação das diferentes arquitecturas



## 5. Osciloscópios baseados em PC

### 5.1 Funcionamento

Nos osciloscópios baseados em PC é necessário em primeiro lugar efectuar a aquisição dos sinais, para que estes possam ser digitalizados e o software os possa processar e mostrar ao utilizador.

É então necessária a conversão do sinal de analógico para digital para este poder ser utilizado no PC. Para essa conversão podemos ter duas opções:

- Também é possível fazer a introdução do sinal para análise no PC através de um dos portos (Paralelo, série, USB) criando um conversor analógico-digital (Fig. II - 18). Pode também ser usado um atenuador/amplificador para ser possível a análise de sinais com diferentes tensões. Depois do sinal convertido todo o processamento é feito pelo computador através do programa escolhido permitindo ao utilizador a visualização do sinal.

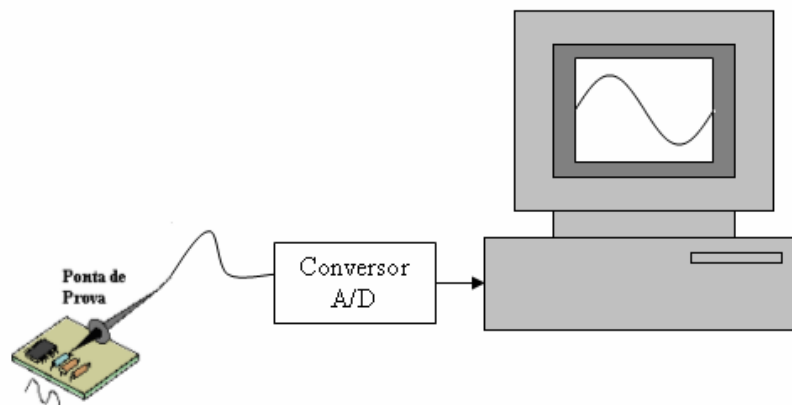


Fig. II - 18 - Osciloscópio com utilização de um A/D

- Utilizando a placa de som do PC (Fig. II - 19), aproveitando que a placa já se trata de um conversor que o computador possui bastando para isso um software (já existem alguns) para podermos analisar os sinais, este modelo tem o inconveniente de trabalhar com baixas frequências e baixas tensões devido às limitações das placas de som, mas para pequenas medições será o suficiente.

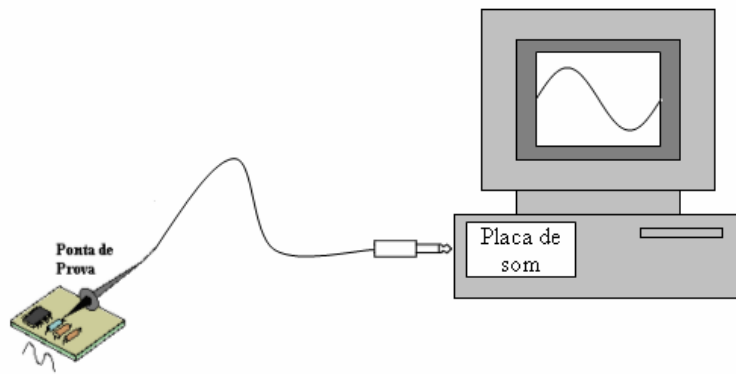


Fig. II - 19 - Osciloscópio com utilização da placas de som







## **III – Estado Actual das Tecnologias**

### **1. Introdução**

Quando se pretende adquirir um osciloscópio é necessário saber qual a utilização que lhe iremos dar, para posteriormente escolher a melhor opção. Sendo que existe uma vasta gama de osciloscópios com diversos tipos de funcionamento e várias funções, com isso diversos preços, convém ter isso em conta aquando da escolha do osciloscópio.

Nesta secção são apresentados vários modelos de osciloscópios, dentro dos diversos tipos de funcionamento, destacando as vantagens de cada um deles e os preços com base nas tabelas do fabricante.



## 2. Osciloscópios Analógicos

### 2.1. Osciloscópios simples com 1 canal de entrada

A nível dos osciloscópios mais simples podemos encontrar osciloscópios com apenas um canal de entrada tendo largura de banda muito reduzida. Estes osciloscópios possuem as funções mais simples existentes como a regulação das escalas vertical e horizontal, deslocamento dos sinais mostrados, controlo de intensidade e foco do sinal e tem ainda uma entrada de sincronismo externo (exemplos na Fig. III - 1). O preço destes osciloscópios pode variar entre os 200€ a 300€, sendo que este género de osciloscópios destina-se a aprendizagem, fins académicos, utilizadores que pretendam a utilização de um osciloscópio como *hobbie* e para manutenção de aparelhos.

#### Exemplos



a) Kenwood CO-1305 [TED-A]



b) Instek GOS-310 [TED-A]

Fig. III - 1 - Osciloscópios Analógicos de 1 canal de entrada

### 2.2. Osciloscópios simples com 2 canal de entrada

Podemos também encontrar osciloscópios onde já contamos com dois canais de entrada, que possibilitam a visualização de dois sinais em simultâneo (exemplos na Fig. III - 2). Com dois canais de entrada, o osciloscópio pode dar-nos a possibilidade de visualização no modo XY, que permite observar diversas características existentes entre as duas ondas, que de outra forma não seria possível.



Nestes osciloscópios também podem existir comandos para controlo da fonte de sincronismo (*trigger*), permitindo que a escolha dessa fonte seja feita através de um sinal externo, de um dos sinais presentes nas entradas do CH I ou II e ainda do sinal da rede. Podem ainda dispor de teste de componentes, permitindo testar a característica de um componente como um diodo, permitindo saber do seu bom funcionamento.

Um comando útil que este género de osciloscópio pode ter é o VERT, que permite a visualização dos dois canais de entrada quando estes necessitam de frequências de sincronismo diferentes.

Estes osciloscópios são os mais utilizados ao nível do ensino, pois permitem conhecer as funções mais úteis de um osciloscópio, sem ser muito complicado compreender o seu funcionamento. Os preços destes osciloscópios poderão variar entre os 350€ a 800€, dependendo da marca e se incorpora mais ou menos funções das que foram descritas.

O osciloscópio simulado na aplicação desenvolvida (Fig. III - 2a) ) enquadra-se nesta gama, que como referida é a mais utilizada para o ensino do funcionamento dos osciloscópios.

### *Exemplos*



a) Kenwood CS-1575D [TED-A]    b) Instek GOS-620 [TED-A]    c) Hameg HM303-6 [MBR]

Fig. III - 2 - Osciloscópios Analógicos de 2 canal de entrada

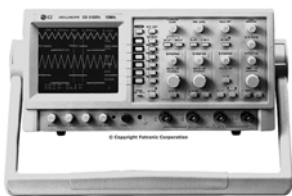
### *2.3. Osciloscópios “topo de gama”*

Nesta gama já podemos encontrar osciloscópios a ser controlados por microprocessadores, não deixando no entanto de ter um funcionamento analógico. Assim sendo, este género de osciloscópios pode permitir-nos usufruir de algumas funções não disponíveis nos anteriores, algumas dessas funções características estão listadas de seguida:



- "Autoset", permite que o osciloscópio faça a escolha automática dos vários parâmetros de ajuste do osciloscópio;
- *Display* alfanumérico no ecrã do osciloscópio para facilitar a visualização do estado dos cursores das escalas de tensão, de tempo e a medida da frequência;
- Memorização dos diferentes ajustes do osciloscópio para utilizações posteriores;
- Interface RS-232, para permitir a passagem de dados do osciloscópio para o PC ou o seu controlo por parte do PC;
- Duas bases de tempo, para permitir a análise de dois sinais em simultâneo com frequências completamente diferentes, sendo também possível ter diferentes fontes de trigger para essas bases de tempo;
- Medição de sinais com frequências muito altas, podendo atingir em alguns casos 500MHz.

O custo destes osciloscópios depende das funções disponíveis e principalmente da sua largura de banda e podem variar entre 1000€ e 1500€.



a) EZ Digital OS-5100RA [TED-A]

b) Instek GOS-6200 [TED-A]

c) Hameg HM2005 [TED-A]

Fig. III - 3 – Osciloscópios “topo de gama”

### 3. Osciloscópios de Amostragem

Nos osciloscópios de amostragem – DSO, tal como nos analógicos, um ponto importante na escolha de um aparelho é a largura de banda, mas existe outra característica importante que influi no seu funcionamento, que é a taxa a que um sinal é amostrado (taxa de amostragem).



### 3.1. Equipamentos portáteis

Para pequenas medições eléctricas que sejam necessárias fazer, podemos encontrar uma solução prática e de fácil transporte. Com o tamanho de uma caneta, permite obter pequenas formas de onda embora não permitindo fazer medições exactas. Estes aparelhos têm baixas largura de banda.



Fig. III - 4 - Pen-Type ProbeScope [TED-D]

Existem outros modelos igualmente portáteis, estes já com um tamanho superior, semelhantes a um multímetro vulgar, mas que permite a visualização de sinais. Embora sem terem grande resolução possibilitam já a visualização de dois sinais em simultâneo, mas tem normalmente uma largura de banda pequena, na ordem dos 5-10 MHz. Estes aparelhos podem permitir o envio das informações obtidas para um PC através de uma interface RS-232. Podem ser adquiridos por volta de 300-400€.



Fig. III - 5 - Protek S2405 [TED-D]

Os modelos atrás referidos tratam-se de modelos mais acessíveis economicamente e que para pequenas medições, onde não interessa saber com exactidão os valores do sinal, mas sim a sua forma, chegam perfeitamente. De um ponto de vista mais profissional, podemos encontrar os aparelhos *ScopeMeter*® da *Fluke* (Fig. III - 6). Estes aparelhos dispõem de características técnicas geralmente encontradas apenas em instrumentos de bancada de topo de gama (ver Tab. III - 1). Disponibilizam uma largura de banda até os 200MHz



e com uma amostragem em tempo real de 2.5GS/s. Este tipo de equipamento pode ser encontrado por preços que variam entre os 2500€ e os 4500€.

	Fluke 190C	Fluke 120
Largura de banda	100 e 200 MHz	40 MHz (124) 20 MHz (123)
Velocidade de amostragem em tempo real	1 e 2,5 GS /s	25 MS /s
Sensibilidade da entrada	2mV-100V/div	5mV-500V/div
Entradas e digitalizadores	2 + 1 entradas, 2 digitalizadores	2, 2
Registo TrendPlot	•	•
Multímetro de valor eficaz verdadeiro	•	•
Disparo Connect-and-View	•	•
Disparo de vídeo com contagem de linha	•	•
Captação e reprodução dos últimos 100 ecrãs	•	
Disparo de largura de pulso seleccionável	•	
Modo ScopeRecord de 27.500 pontos	•	
Entradas isoladas flutuantes e independentes até 1.000 V	•	
Velocidade de actualização do visor rápida	•	
Consulta de formas de onda	•	
Visor a cores	•	
Persistência digital	•	
Teste Automático de "Aprovação/Reprovação"	•	
Análise do Espectro de Frequências utilizando a análise FFT	•	

Tab. III - 1 – Tabela comparativa dos aparelhos Fluke ScopeMeter® [FLK]



a) Fluke ScopeMeter® Série 120 [FLK]



b) Fluke ScopeMeter® Série 190 [FLK]

Fig. III - 6 – Modelos Fluke ScopeMeter®



### 3.2. Equipamentos de bancada

A gama de osciloscópios que a seguir são apresentados estabelece uma boa relação preço/performance, e foram feitos tentando encontrar um modelo que fosse economicamente mais aceitável mas sem deixar de ter as principais funcionalidades habitualmente disponíveis em osciloscópios deste tipo.

A gama de osciloscópios referida é *GDS-806/810 series* da *Instek* conforme o modelo temos larguras de banda de 60MHz ou 100MHz, com ecrã a cores ou monocromático, com uma taxa de amostragem de 25 GS/s, tem vários modos de trigger, permite a análise FFT (*fast fourier transform*) e tem interface RS-232C para ligação com um PC. Estes osciloscópios variam entre os 480€ e os 940€.



Fig. III - 7 - Instek GDS-806/810 series [TED-D]

Numa gama bastante mais avançada temos os LeCroy WaveSurfer 422, 424, 432, 434, 452, 454 que possuem as seguintes características:

- largura de banda de 200,300 ou 500 MHz
- 2 ou 4 canais de entrada
- um ecrã de 10.4" e comando por toque (*touch-screen*)
- o sistema operativo utilizado é o Windows XP
- uma taxa de amostragem máxima de 2GS/s
- portos de saída:
  - SVGA vídeo output
  - Interface paralelo Centronics
  - Porta série RS232C
  - Três portas USB
  - LAN 10/100 BaseT Ethernet Port



Estes osciloscópios, dadas as funções que disponibilizam e tendo ferramentas muito mais poderosas, tem um preço bastante mais elevado, custando entre os 3700€ e 7300€.

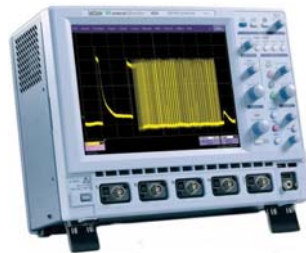


Fig. III - 8 - LeCroy WaveSurfer [LEC]

#### 4. Osciloscópio de Fósforo Digital

O osciloscópio de fósforo digital foi um tipo de osciloscópio lançado em 1998 pela *Tektronics*. Os únicos osciloscópios com este funcionamento encontrados são dessa marca, como exemplo temos a Serie 3000B (Fig. III - 9).



Fig. III - 9 - Tektronics TDS3000B Series

Esta série de osciloscópios tem as características indicadas na tabela seguinte e são encontrados a preços entre os 3300.00€ e os 9600.00€.

	TDS3012B	TDS3014B	TDS3032B	TDS3034B	TDS3052B	TDS3054B
Nº de Canais	2	4	2	4	2	4
Largura de banda	100 MHz	100 MHz	300 MHz	300 MHz	500 MHz	500 MHz
Taxa de Amostragem por canal	1.25 GS/s	1.25 GS/s	2.5 GS/s	2.5 GS/s	5 GS/s	5 GS/s
Rise Time	3.5 ns to 700 ps					
Oscilloscope Type	DPO up to 3,600 wfms/s					
Tamanho máximo de registo	10 kB					
Tipos de trigger	Edge, Logic (pattern, slate), Pulse (glitch, width, runt, slew rate), Video, Comm *(2)					
Conectividade	RS-232*(1), GPIB*(1), Centronics, Floppy Disk, LAN, Ethernet (10 Base-T)					
Waveform Math and Anxs	Simple Waveform math, FFT					





## 5. Osciloscópios baseados em PC

Após uma pesquisa na Internet foram encontrados alguns osciloscópios baseados em PC. Uns resultam de projectos não comerciais, enquanto existem outros que estão à disposição para serem adquiridos servindo como osciloscópios convencionais. De seguida são apresentados os resultados dessa pesquisa:

### 5.1. Projecto *fpga4fun.com* [F4F]

Neste projecto está a ser construído um osciloscópio digital simples recorrendo à utilização de um conversor analógico-digital e de uma FPGA (Fig. III - 10) em conjunto. Usam para isso um ADC de 100MHz, resultando que o osciloscópio terá uma taxa de 100MS/s.

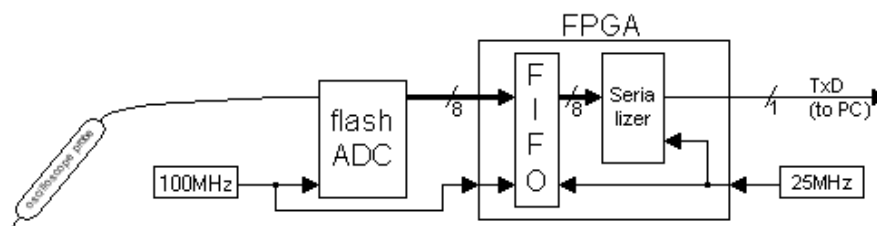


Fig. III - 10 - Esquema do osciloscópio digital do projecto *fpga4fun.com* [F4F]

Com este projecto pretendem, os autores, mostrar quão potente e útil pode ser uma FPGA.

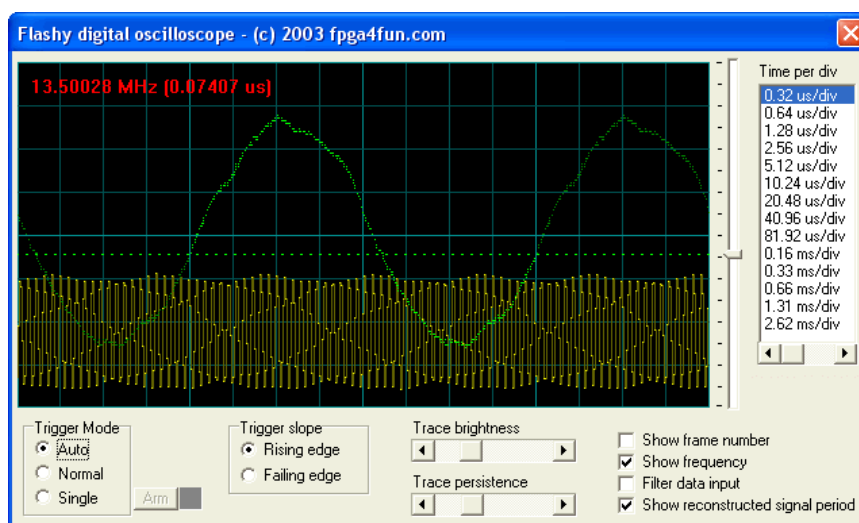


Fig. III - 11 - Exemplo de um screen shot obtido [F4F]



### 5.2. Oscilloscope for Windows

O *Oscilloscope for Windows* é uma aplicação para Windows que permite transformar o computador num osciloscópio de dois canais. Este osciloscópio usa a placa de som do computador como conversor analógico-digital (ADC), para digitalizar a forma de onda de entrada e depois a apresentar no monitor em tempo real, permitindo ao utilizador controlar a visualização da onda como num osciloscópio real, alterando o ganho, a base de tempo ou desenhar as figuras de Lissajous. Um senão desta aplicação é a baixa largura de banda que permite medir, no caso 20kHz.

Este software é distribuído de forma gratuita na sua página de Internet no endereço: <http://polly.phys.msu.su/~zeld/oscill.html>.

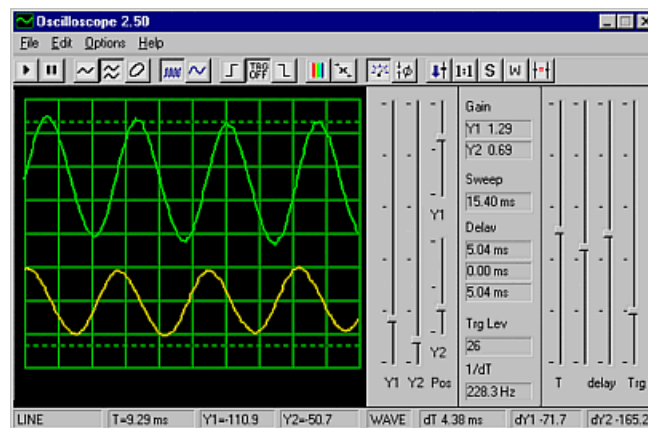


Fig. III - 12 - Screen shot do Oscilloscope for Windows [OSW]

### 5.3. Digital PC Oscilloscope

Este projecto foi criado por um grupo de pessoas que o realizaram por considerarem tratar-se de uma aplicação bastante útil e que pode realizar as necessidades dos utilizadores sem a necessidade de aquisição de um osciloscópio de bancada, pois estes tem um custo elevado. Para este projecto foi criado um hardware de comunicação com o computador utilizando o porto paralelo, foi também desenvolvida uma interface em Visual Basic para visualização dos sinais adquiridos, este projecto está disponível para consulta em <http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/sp95reports/guterman/final/scope1.htm> sendo possível ver os esquemas dos circuitos utilizados para a sua elaboração.

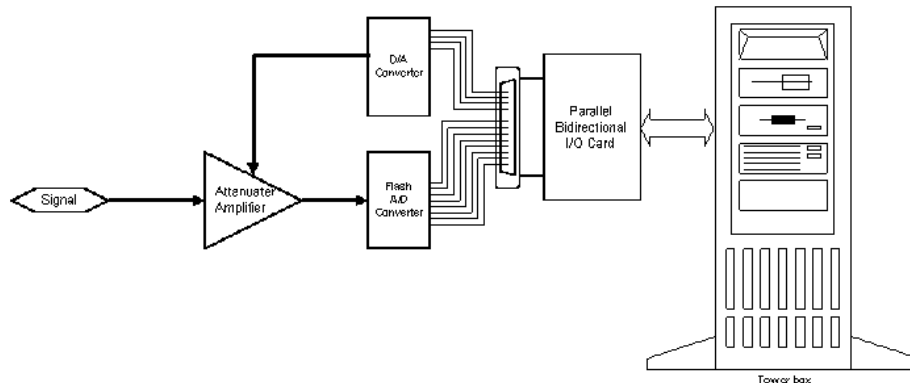


Fig. III - 13 – Diagrama de blocos do Digital PC Oscilloscope [DPC]

#### 5.4. PicoScope

Os osciloscópios PicoScope ligam a qualquer PC com o sistema operativo Windows, utilizando todas as capacidades de processamento dos PCs, possibilitando a visualização das ondas em ecrãs maiores e com interfaces de utilizador mais familiares com o utilizador. De seguida estão dois dos modelos pela Pico:

##### 5.4.1. ADC-40

Este modelo é o mais simples disponibilizado pela *PicoScope*, que liga à porta paralela do PC, tem um único canal de entrada e uma largura de banda de 10kHz. Para sinais de baixa frequência este modelo fornece todas as funcionalidades de um osciloscópio por um preço a rondar os 100€.



Fig. III - 14 - PicoScope ADC-40 [PIC]

##### 5.4.2. PicoScope 3206

Este modelo vendido pela Pico é ideal para o uso no laboratório ou no dia a dia, este osciloscópio é a escolha perfeita para os utilizadores que exigem bom rendimento e portabilidade num pacote fácil de utilizar e a baixo preço.



Este modelo pertence à gama de osciloscópios *PicoScope 3000* que podem custar entre 600€ e os 1200€.

As principais características deste modelo são:

- 2 canais de entrada + uma entrada de trigger externo
- 200MS/s de taxa de amostragem
- 200 MHz largura de banda
- 1 MS memória
- Interface USB 2.0

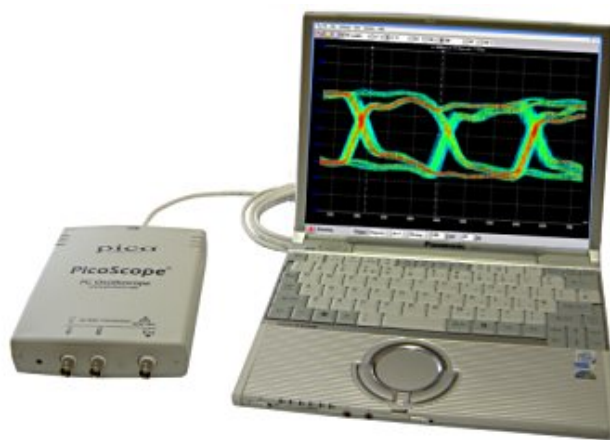


Fig. III - 15 – PicoScope [PIC]

Este modelo disponibilizado pela PicoScope

## 6. Simuladores de Osciloscópios (virtuais)

### 6.1 Osciloscópio Virtual RAEA

Esta aplicação (Fig. III - 16) feita em Java permite treinar a medição das características de um sinal, já que a aplicação gera aleatoriamente uma onda e depois apresenta os resultados relativamente ao período da onda representada e à sua tensão máxima e mínima. A aplicação permite definir a escala vertical e a base de tempo, assim como o acoplamento AC, DC ou GND, e permite alterar a posição vertical e horizontal da onda para o cálculo das características dessa mesma onda. É uma aplicação simples que pode ser encontrada na seguinte página web: <http://pages.infinet.net/niuton/mesure/oscillo.htm>.

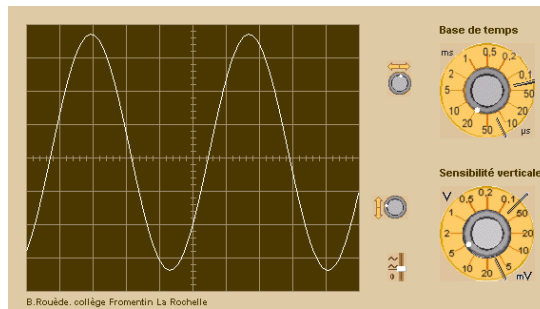


Fig. III - 16 - Screen shot do programa de medida [RAE]

## 6.2. Virtual Oscilloscope

Este simulador foi desenvolvido com base no osciloscópio Hameg HM203-6, e permite testar os seus comandos utilizando para isso 4 sinais pré-definidos. O simulador foi desenvolvido em *Macromedia Director* e está disponível em <http://www.virtual-oscilloscope.com>. É também oferecido um sistema de ajuda on-line que permite conhecer melhor cada uma das funções disponíveis no osciloscópio.

De notar que o modelo do osciloscópio utilizado nesta aplicação é o mesmo que foi utilizado na aplicação desenvolvida na realização do projecto. Sendo que esta aplicação apresentada possui algumas limitações entre as quais:

- Utilização de somente 4 sinais pré-definidos;
- O funcionamento do *trigger* não é o correcto.

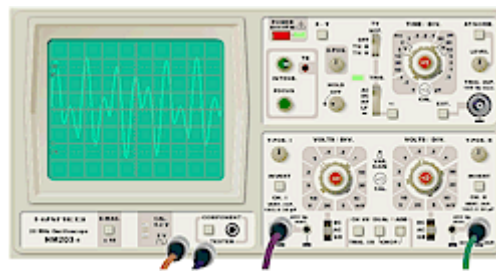


Fig. III - 17 - Virtual Oscilloscope [VOS]

## 7. Considerações sobre modelos apresentados

### 7.1. Preço de alguns modelos de osciloscópio

Capítulo	Modelo	Preço
1.1.	Instek GOS-310	190€
	Kenwood CO-1305	330€
1.2.		



	Instek GOS-620	340€
	Hameg HM303-6	510€
	Kenwood CS-1575D	770€
1.3.	EZ Digital OS-5100RA	1200€
	Instek GOS6200	1450€
	Hameg HM2005	1500€
3.1.	Pen-Type ProbeScope	125€
	Protek S2405	330€
3.2.	Instek GDS-806	760€
	Instek GDS-810	1000€
	LeCroy WaveSurfer 422	3600€
	LeCroy WaveSurfer 454	7200€
4.	Tektronix TDS3012B	3300€
	Tektronix TDS3032B	4450€
	Tektronix TDS3064B	9650€
5.4.	PicoScope ADC-40	100€
	PicoScope 3206	1160€

### 7.2. Comparação de algumas características

Característica	Instek GOS-310	Hameg HM303-6	EZ Digital OS-5100RA
<b>Sistema Vertical</b>			
Sensibilidade	5mV/div a 5V/div	5mV/div a 20V/div	2mV/div a 5V/div
Largura de Banda (DC)	10 MHz	35 MHz	100 MHz
Máxima tensão de entrada (DC+pico AC)	300V	400V	400V
<b>Sistema Horizontal</b>			
Taxa do dente de serra	10 ms a 0.1us	0.2 ms a 0.1us	0.05us a 0.5s
<b>Trigger</b>			
Mode	AUTO, NORM, EXT, TV	CH I ou II, LINE, EXT	AUTO, NORM, TV, SINGLE
acoplamento		AC, DC, LF	AC, DC, HF REJ, LF REJ, TV-V, TV-H
<b>Modo X-Y</b>			
Erro de fase	3º até 10kHz	3º até 100kHz	3º até 100kHz



## IV – Descrição da Aplicação Desenvolvida

### 1. Introdução

Com este projecto pretendeu desenvolver-se uma aplicação que simulasse, da forma mais fiel possível, o funcionamento de um osciloscópio analógico comum. Para isso utilizou-se uma imagem do painel frontal de um osciloscópio real, para que seja possível associar o que é visto no simulador ao osciloscópio real.

Neste projecto, pretendeu também desenvolver-se um simulador de um gerador de sinais comum para a introdução de sinais no osciloscópio e também uma forma de gerar sinais que não um simples gerador, para que fosse possível criar formas de onda com pormenores úteis para o estudo do funcionamento de um osciloscópio.

Para o desenvolvimento desta aplicação foi escolhido o LabWindows. Apesar de haver outras hipóteses como o Visual Basic, a escolha recaiu sobre este programa de desenvolvimento porque neste a linguagem de programação utilizada ser o C (linguagem essa que é a mais utilizada ao longo do curso).

O simulador de osciloscópio baseou-se num osciloscópio representativo dos osciloscópios analógicos normalmente utilizados na aprendizagem do funcionamento deste tipo de equipamentos, nomeadamente nos laboratórios do ISEP. O mesmo se aplica ao simulador do gerador de sinais.

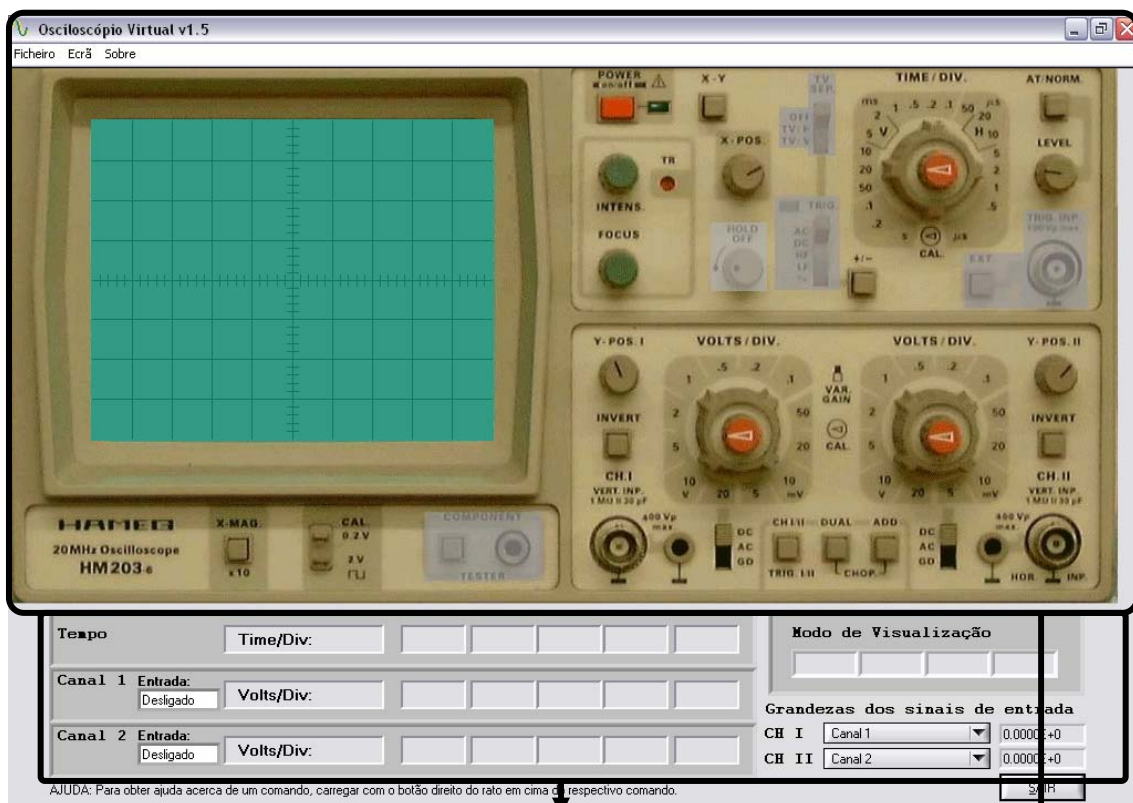


## 2. Interface

### 2.1. Osciloscópio

A interface do osciloscópio utilizada na aplicação desenvolvida é representada na **Error! Reference source not found.**, possuindo duas partes distintas:

- O painel frontal do osciloscópio: onde é possível fazer o controlo do osciloscópio e visualizar o resultado das alterações (praticamente como se fosse o real);
- Painel informativo: onde é visível o estado de alguns comandos disponíveis no osciloscópio.



Painel informativo dos  
controlos do osciloscópio

Imagem do osciloscópio  
utilizado

Fig. IV - 1 – Interface desenvolvida





### 2.1.1. Selecção de entrada

A selecção da entrada pretendida é feita carregando com o rato na entrada do canal desejado (ficha BNC), sendo apresentado um menu (Fig. IV - 2) onde podemos desligar o canal, utilizar o gerador de sinais virtual, utilizar uma onda gerada a partir de uma folha Excel ou ainda simular a ponta de prova ligada ao sinal de calibração do próprio osciloscópio.

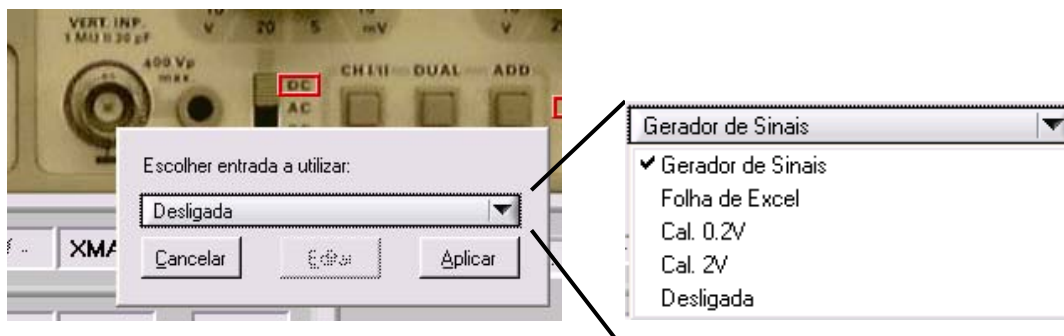


Fig. IV - 2 - Selecção da entrada do osciloscópio

### 2.2.2. Base de Tempo

O estado dos comandos relacionados com a base de tempo, é apresentado no “Painel Informativo” da interface (na linha identificada como “Tempo”), tal como ilustrado na Fig. IV - 3.

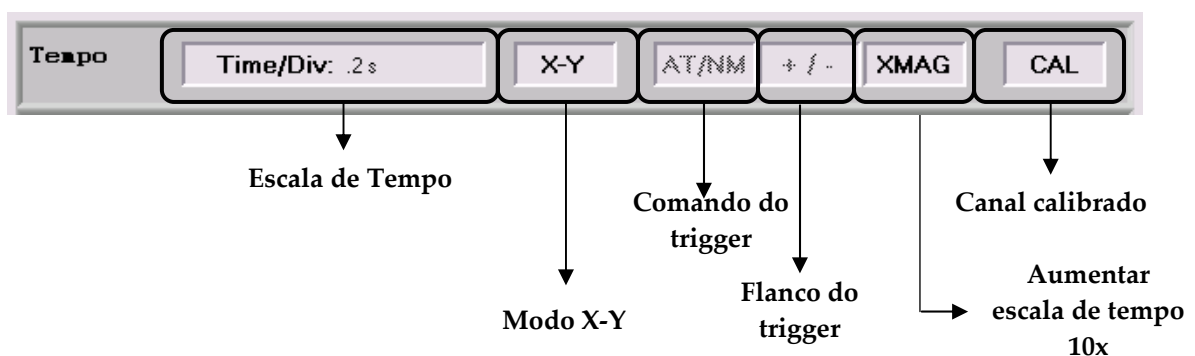


Fig. IV - 3 – Informações da base de tempos

Nesta linha podemos verificar o estado dos seguintes parâmetros:

- Escala de tempo – escala de tempo que está seleccionada no osciloscópio,
- Modo X-Y – modo x-y activado ou desactivado,



- Comando do Trigger – funcionamento do trigger em modo normal (NM) ou automático (AT),
- Flanco do trigger – flanco de disparo do trigger na subida (+) ou na descida (-),
- Amplificação da escala de tempo (10x ou 0x),
- Canal calibrado – indica se o calibrador da escala de tempo está ou não na posição de calibrado.

### 2.2.3. Canais de entrada

Para permitir visualizar o estado dos comandos que operam sobre o sinal de entrada (a amplificação vertical, a sua inversão, o acoplamento e a calibração da amplificação vertical de cada um dos canais), na parte inferior da interface existem duas linhas informativas identificadas como “Canal 1” e “Canal 2” (Fig. IV - 4).

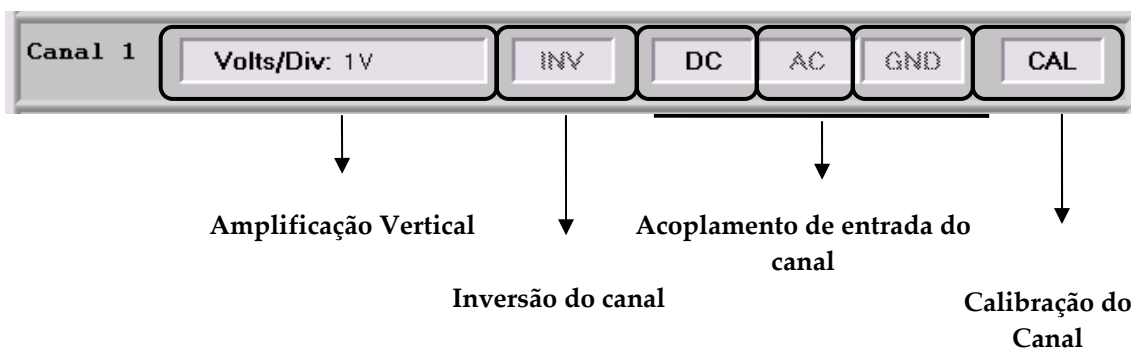


Fig. IV - 4 – Informações dos canais de entrada

Temos então como informação disponível:

- Amplificação vertical – indica qual a amplificação escolhida para o osciloscópio;
- Inversão do canal – informa se está representada a onda normal ou invertida;
- Acoplamento de entrada do canal – indica se o canal tem acoplamento AC, DC ou está ligado à massa;
- Calibração do canal – indica se a amplificação vertical está calibrada ou descalibrada.



### 2.2.4. Modo de visualização

A escolha do modo de visualização dos sinais de entrada é feita através dos comandos CH I/II, DUAL, ADD e VERT, este último não existe no osciloscópio utilizado mas foi introduzido por se tratar de um comando útil num osciloscópio. O painel que informa o estado de cada um desses comandos (Fig. IV - 5) é visível na parte inferior direita da interface.



Fig. IV - 5 – Informação do modo de visualização

Conforme a disposição de cada um destes 4 comandos, podemos construir uma tabela de funcionamento.

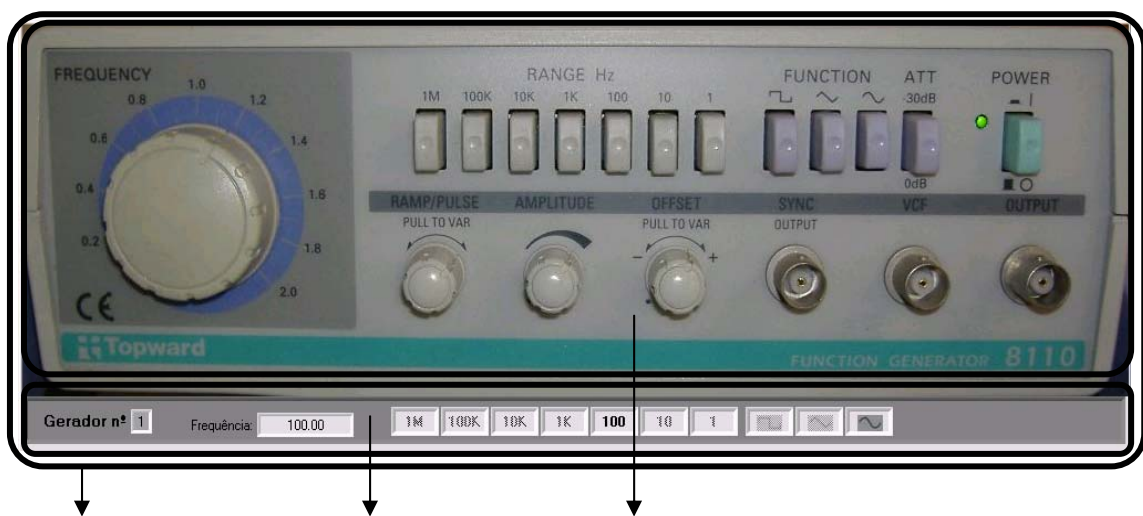
CH I/II	DUAL	ADD	Modo de visualização
DESL	DESL	DESL	funcionamento normal: só o CH I é mostrado, trigger feito pelo CH I
LIG	DESL	DESL	só o CH II é mostrado, trigger feito pelo CH II
DESL	LIG	DESL	CH I e CH II mostrados alternadamente, trigger feito pelo CH I
LIG	LIG	DESL	CH I e CH II mostrados alternadamente, trigger feito pelo CH II
DESL	DESL	LIG	CH I e CH II são somados e representada a sua soma, trigger feito pelo CH I
LIG	DESL	LIG	CH I e CH II são somados e representada a sua soma, trigger feito pelo CH II
DESL	LIG	LIG	CH I e CH II são mostrados simultaneamente, trigger feito pelo CH I
LIG	LIG	LIG	CH I e CH II são mostrados simultaneamente, trigger feito pelo CH II

Tab. IV - 1 - Tabela com os modos de visualização



## 2.2. Gerador de Sinais

A figura abaixo (Fig. IV - 6) ilustra a interface do gerador de sinais desenvolvido. Nela é possível fazer o ajuste da frequência, amplitude, offset e forma de onda (sinusoidal, rectangular ou triangular) pretendidos. Para se fazer esse ajuste clica-se em cima do comando correspondente e aparece um menu (*popup*) que permite alterar os valores pretendidos.



Interface do Gerador

Painel Informativo

Imagem do Gerador Real

Fig. IV - 6 – Simulador do gerador de sinais

### 2.2.1. Painel Informativo

A linha de informações (Fig. IV - 7) disponível na interface do gerador de sinais imediatamente por baixo da imagem do gerador, permite ao utilizador tomar conhecimento de como está o gerador a funcionar.

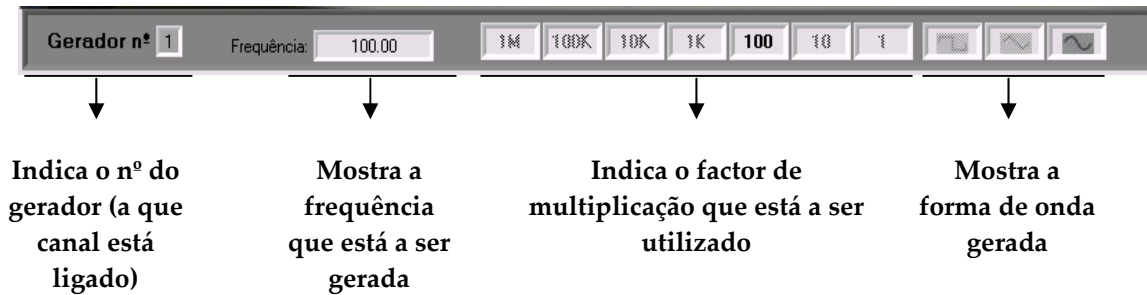


Fig. IV - 7 - linha de informações do gerador de sinais

A linha de informações permite ao utilizador visualizar o seguinte:

- A qual dos canais está ligado o gerador, Gerador nº1 ligado ao canal 1 do osciloscópio;
- A frequência do sinal que está a ser gerado;
- O factor de multiplicação que está a ser utilizado para gerar o sinal;
- A forma de onda que está a ser gerada (quadrada, triangular ou sinusoidal).

Neste painel, são dadas as informações relativas ao gerador e ao modo como esta a funcionar.

### *2.3. Aplicação em Excel para gerar formas de onda*

Para ser possível gerar sinais diferentes dos que são possíveis no simulador do gerador de sinais foi desenvolvido um programa no Excel que possibilita a edição de sinais para análise no simulador do osciloscópio.

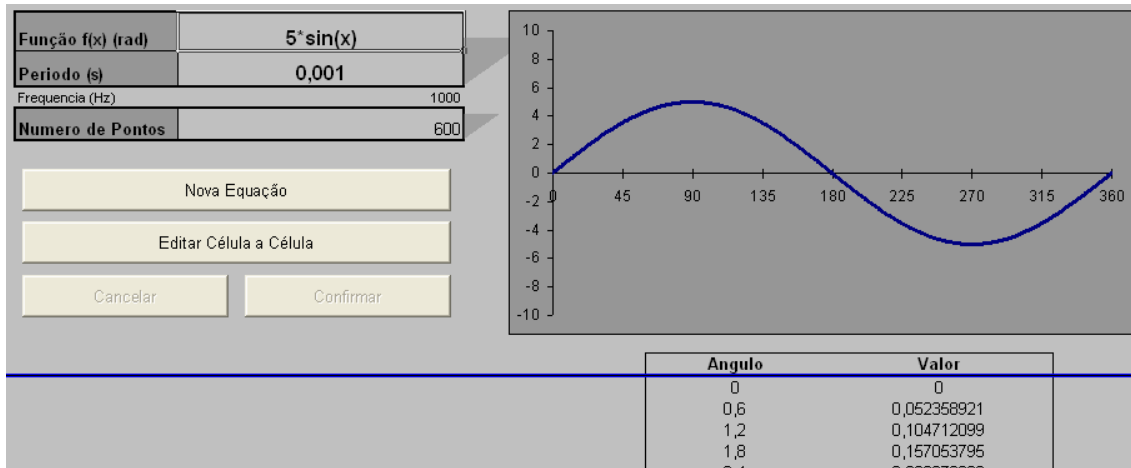


Fig. IV - 8 - Programa em Excel para gerar sinais

Para se fazer a introdução de uma nova onda deve-se carregar no botão “Nova Equação” sendo permitida ao utilizador a introdução da função pretendida e respectivo período, posteriormente essa introdução deverá ser confirmada, no respectivo botão, para que o gráfico seja actualizado.

É também possível ao utilizador fazer a edição do sinal célula a célula, permitindo criar particularidades nos sinais. Para isso clica-se no botão “Editar Célula a Célula” e fica possível editar cada uma das células. Estas são identificadas com o grau para ser possível localizar o ponto que se pretende alterar.

Se se pretender criar a onda completa pode introduzir-se como função um 0 (zero) e posteriormente editar célula a célula para criar o sinal pretendido, onde os 600 pontos disponíveis correspondem a 1 período do sinal.

### 3. Estrutura de programação

#### 3.1. Osciloscópio

A estrutura de programação utilizada para o osciloscópio está representada, por intermédio de um diagrama de blocos, na figura Fig. IV - 9. Na figura é possível verificar o que acontece ao sinal que entra no osciloscópio até este ser mostrado no ecrã.

Descrição do diagrama de blocos (esta descrição aplica-se quando o modo X-Y está desactivado):



- (1) – O sinal de entrada (Fig. IV - 10) proveniente do gerador de sinais ou do programa Excel é colocado no vector de entrada do canal que se pretende, a partir daí o osciloscópio trabalha com esse vector.
- (2) – A primeira etapa efectuada é a determinação do ponto de início da representação do sinal no ecrã, que depende das opções de trigger: o nível de trigger (*level*) e o flanco pretendido (*slope*).
- (3) – É calculada a componente continua dos vectores de entrada para se necessário ser usada. Será usada caso utilizador pretenda um acoplamento AC, onde a componente continua é retirada ao sinal.
- (4) – Os vectores de entrada são copiados para um vector que corresponde ao que vai ser representado no ecrã, sendo afectados pelos valores escolhidos na amplificação vertical e de base tempo.
- (5) – Neste ponto, como já temos o vector que deve ser representado, vamos representar o mesmo dependendo das opções escolhidas através dos comandos CH I/II, DUAL, ADD e VERT (conforme a tabela Tab. IV - 1).
- (6) A representação no ecrã é feita periodicamente, com um período de 0,1s.

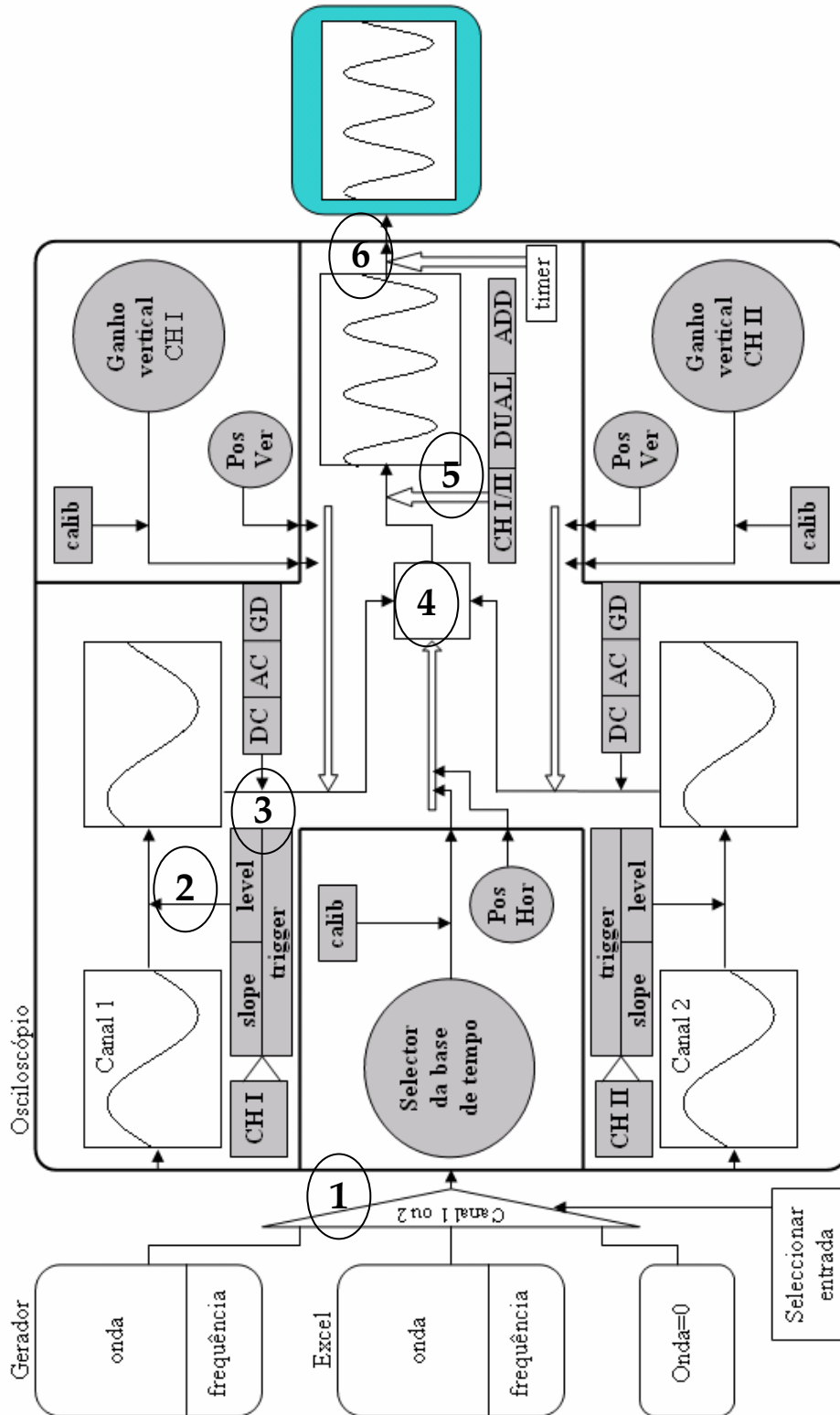


Fig. IV - 9 - Diagrama de blocos do osciloscópio





O osciloscópio recebe das “fontes” utilizadas um vector com os valores de um período do sinal e recebe numa variável o valor da frequência, como mostra a figura abaixo.

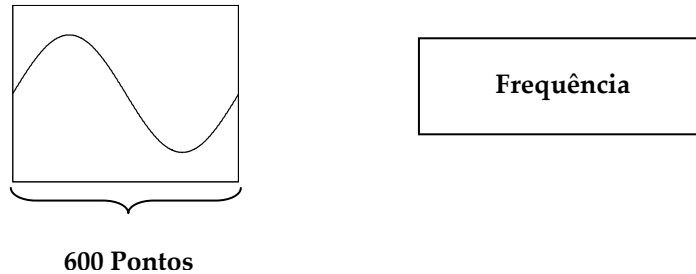


Fig. IV - 10 - Estrutura da entrada do osciloscópio

Após receber os dados, o osciloscópio trata-os por forma a reproduzir o respectivo sinal no ecrã.

### 3.1.1. Funcionamento no modo X-Y

A descrição feita no ponto 3.1 corresponde ao funcionamento do osciloscópio quando o modo X-Y está desactivado. Quando o modo X-Y se encontra activado o funcionamento é idêntico, excepto que o trigger dos sinais não é feito e o modo de desenho no ecrã é diferente, já que o canal 1 é que será o sinal de varrimento do ecrã e o canal 2 aplicado ao eixo vertical, no diagrama de blocos apresentado Fig. IV - 11 demonstra essa diferença.

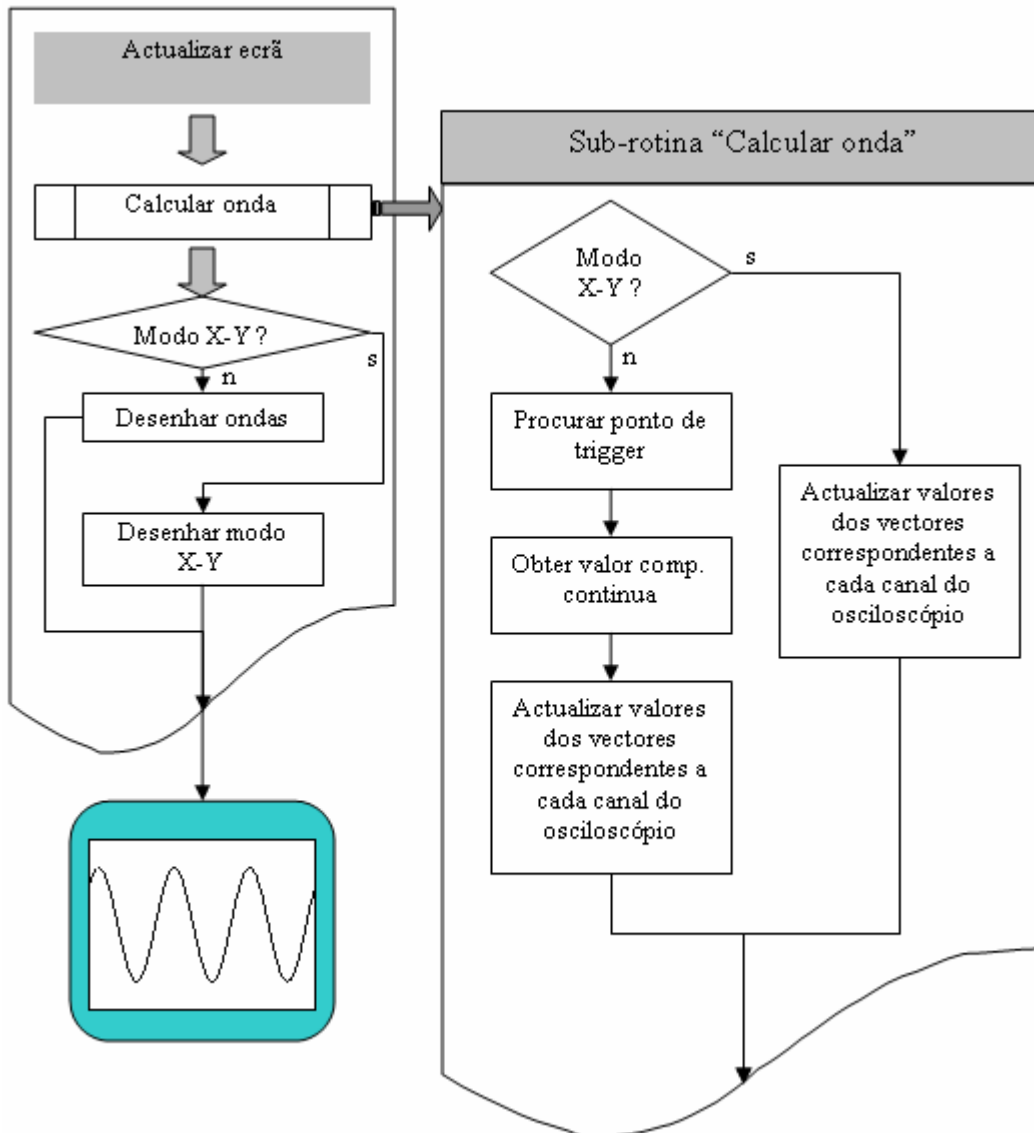


Fig. IV - 11 - Funcionamento com modo X-Y activo

### 3.1.2. Trigger

Os registos do sinal recebido são percorridos, um a um (para 1 período), até encontrar a condição de trigger desejada, dependendo das posições do SLOPE, AUTO/NM e LEVEL. Quando esse ponto é encontrado, é memorizado para se saber a partir de onde é necessário começar a copiar o sinal para o ecrã.

### 3.1.3. AC / DC / GND

Em cada ciclo de processamento do ecrã é calculado o valor da componente contínua de cada uma das entradas do osciloscópio. No entanto, esse valor só é utilizado quando num dado canal de entrada a opção de



acoplamento está na posição AC e o valor calculado vai ser subtraído a todos os registos desse mesmo canal, ou seja, filtra a componente continua do sinal.

### 3.1.4. Selector de base tempo e ganho vertical

Os valores obtidos nos selectores da base tempo e ganho vertical e respectivos botões de calibração, são utilizados aquando do preenchimento dos vectores que são mostrados no ecrã do osciloscópio, com o vector recebido da entrada do osciloscópio.

Dando como exemplo, o código utilizado:

```
for (i=0;i<num_pontos;i++,xC1+=incC1,xC2+=incC2)
{
  tmp=mod(&xC1,pontos_G);
  onda[0][i]=((onda_entCh[0][tmp]-
    dc_val[0])*y_calib[0]*Esc_Volt[0]*inversao[0]+y_offset[0])*canais_op[0];
  tmp=mod(&xC2,pontos_G);
  onda[1][i]=((onda_entCh[1][tmp]-
    dc_val[1])*y_calib[1]*Esc_Volt[1]*inversao[1]+y_offset[1])*canais_op[1];
}
```

Esta porção de código copia o vector que é colocado à entrada do osciloscópio (*onda\_entCh*) para o vector que é mostrado no ecrã (*onda*).

Identificação das variáveis utilizadas:

*num\_pontos* – números de pontos utilizados no ecrã.

*xC1* – posição a ser lida do vector do canal de entrada 1.

*incC1* – incremento para a próxima posição no vector do canal de entrada

*mod(;)* – função para processar um vector com sendo circular.

*onda[]* – vector que é representado no ecrã.

*onda\_entCh[]* – vector que contem um período do sinal de entrada.

*dc\_val[]* – componente continua do sinal.

*y\_calib[]* – calibração do ganho vertical.

*Esc\_Volt[]* – escala de ganho vertical escolhida.

*inversao[]* – estado do botão INVERT (1 normal; -1 invertido).

*y\_offset[]* – posicionamento conforme escolha no Y.POS.

*canais\_op[]* – igual a zero quando escolhido GD.

### 3.2. Gerador de Sinais

Como já foi referido, o osciloscópio recebe na entrada um vector com os valores de um período do sinal e uma variável com o valor da frequência desse



sinal (Fig. IV - 10). Então, será isso que o gerador terá que “entregar” ao osciloscópio (Fig. IV - 12).

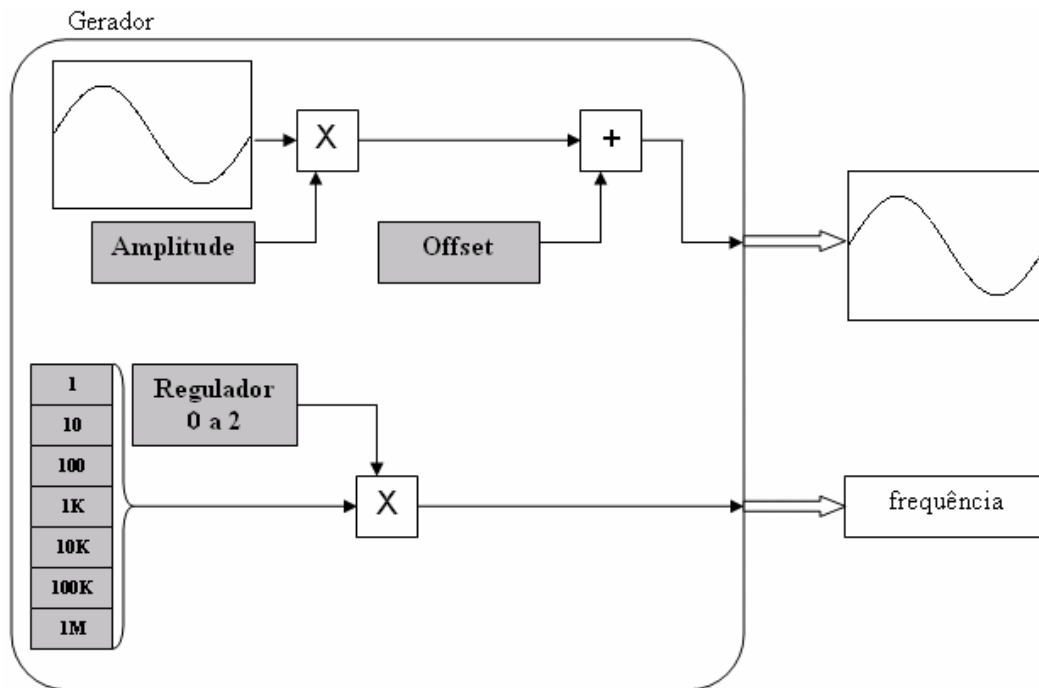


Fig. IV - 12 - Diagrama de blocos do gerador de sinais

Como demonstra a figura, como saídas temos um vector com um período do sinal e a frequência do mesmo sinal. O vector com o período do sinal é criado através dos sinais pré-definidos (onda sinusoidal, quadrada ou triangular de amplitude unitária) e são-lhe multiplicada a amplitude desejada e somado o offset pretendido. A frequência é obtida multiplicando o factor de multiplicação escolhido com o valor do regulador.



#### 4. Exemplo 1 (sinal simples)

Para exemplificar o funcionamento da aplicação desenvolvida, foi criado um sinal recorrendo ao Excel e de seguida mostra-se como ele é visto no osciloscópio.

Sinal criado no Excel:

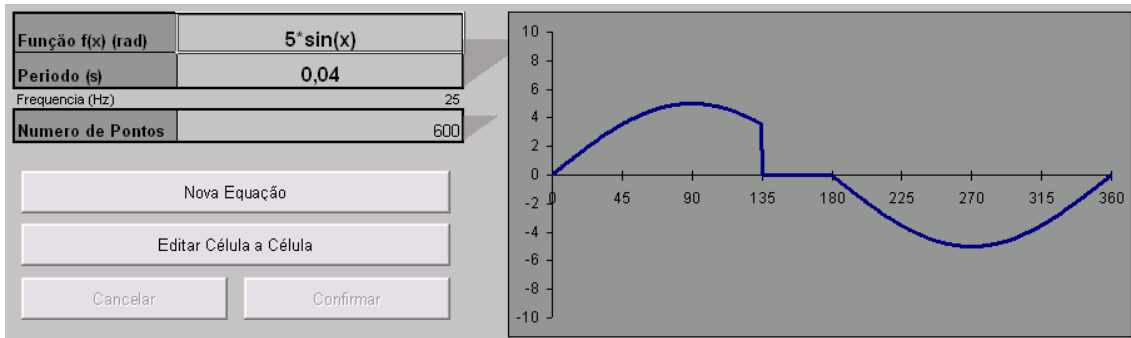


Fig. IV - 13 - Programa Excel para exemplo 1

O mesmo sinal depois de introduzido no simulador, no canal 1:

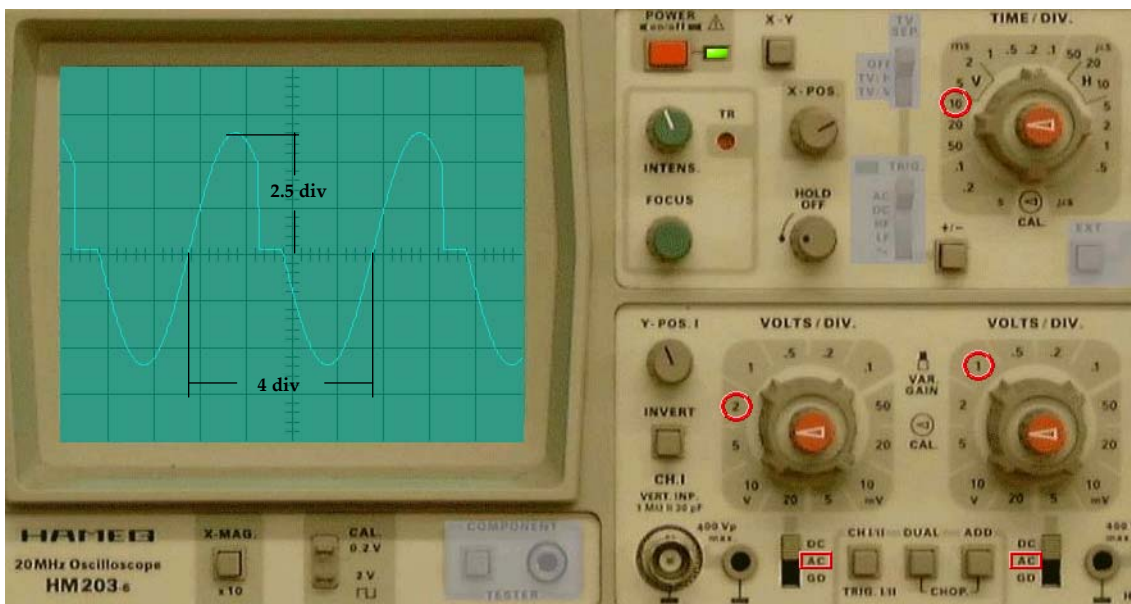


Fig. IV - 14 - Imagem do osciloscópio para exemplo 1

O sinal criado no Excel tem uma frequência de 25Hz e uma amplitude de 5V. Se calcularmos a frequência do sinal obtido no osciloscópio temos:

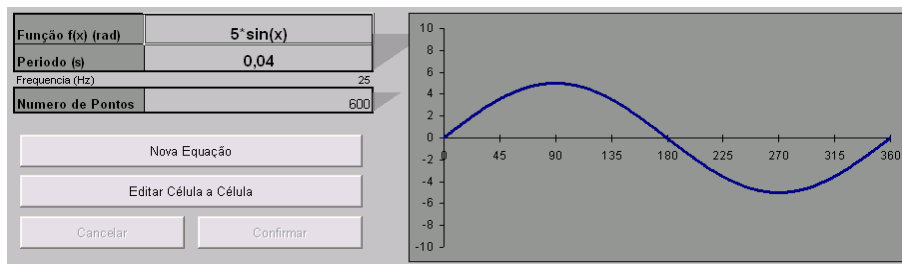
- $2.5div \cdot 2V / div = 5V$
- $4div \cdot 10ms / div = 40ms \Rightarrow 25Hz$



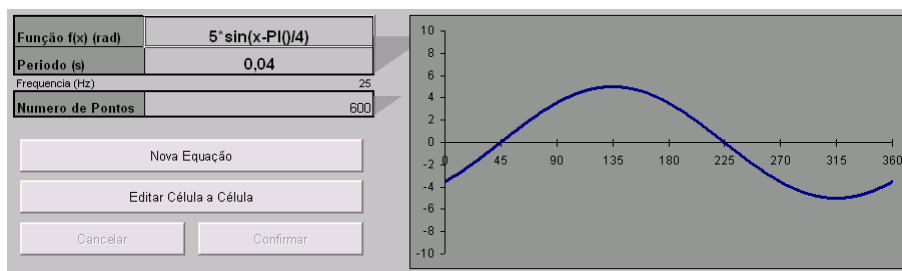
### 5. Exemplo 2 (modo X-Y)

Para exemplificar o funcionamento do modo X-Y do osciloscópio criaram-se dois sinais desfasados entre eles, no caso os sinais estão desfasados de 45º, como se pode confirmar pelos sinais criados recorrendo ao Excel.

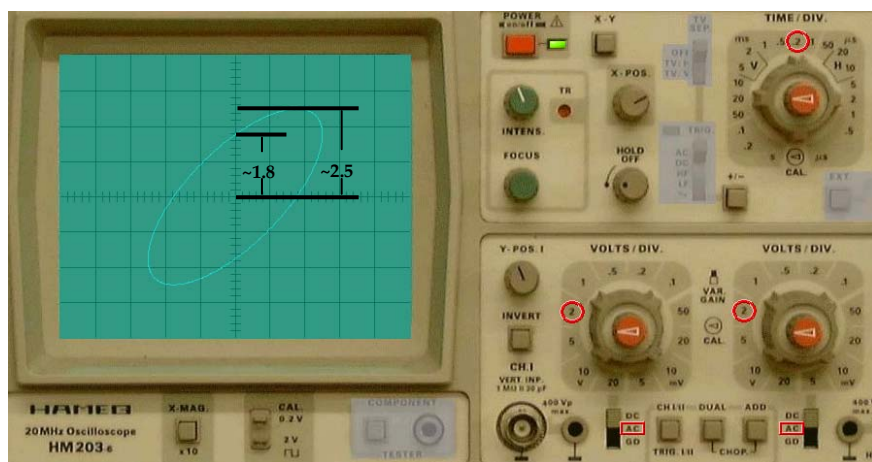
Sinal introduzido no canal 1:



Sinal introduzido no canal 2:



Resultado obtido no osciloscópio com o modo X-Y activado:



Se calcularmos o desfasamento medido, temos:

$$\phi = \arcsin\left(\frac{1.8}{2.5}\right) \approx 46^\circ$$

Formula obtida em <http://www.defi.isep.ipp.pt/~ndg/site/Guioes/Ondas/3007.pdf>.



## V – Conclusões

Nesta secção avalia-se o trabalho desenvolvido no âmbito do projecto apresentado neste relatório e mencionam-se os objectivos que foram concretizados. Enumeram-se também as limitações da aplicação desenvolvida e, por último, referem-se alguns aspectos que poderão estar na base de um trabalho futuro.

### 1. Cronologia do Trabalho

Na primeira fase do projecto foi elaborada uma pesquisa sobre o funcionamento dos osciloscópios analógicos e dos seus comandos, assim como de aplicações semelhantes à pretendida, existentes actualmente. Foi igualmente iniciada a pesquisa sobre o estado da arte em termos de tecnologias dos osciloscópios.

Numa segunda parte, foi feita a escolha da ferramenta de desenvolvimento. Dentro das múltiplas hipóteses possíveis, consideraram-se as 3 alternativas seguintes: LabView, LabWindows e Visual Basic. Inicialmente, a aplicação começou por ser desenvolvida em LabView, sendo esta opção deixada para trás porque o que se pretendia era ter a imagem do osciloscópio e trabalhar na aplicação utilizando essa imagem, coisa que com essa ferramenta se julgou não ser possível. Restou o LabWindows e o Visual Basic, recaindo a escolha sobre a primeira ferramenta visto a linguagem de programação ser o C, linguagem essa que foi largamente aprofundada ao longo do curso.

A terceira fase consistiu em aprender qual o funcionamento da ferramenta de desenvolvimento escolhida, recorrendo ao *Getting Started* e ao *Tutorial* disponibilizado pela própria empresa distribuidora da ferramenta, a National Instruments.



A quarta fase teve como objectivo o desenvolvimento da aplicação pretendida, utilizando os conhecimentos previamente obtidos quer no modo de funcionamento dos osciloscópios analógicos e os seus comandos, quer do modo de programação da ferramenta de desenvolvimento escolhida.

Como quinta e última fase, tentou aperfeiçoar-se a aplicação desenvolvida e criar um mecanismo de ajuda na própria aplicação (*on-line help*) que permita ao utilizador perceber melhor o seu funcionamento.

As principais dificuldades encontradas no decorrer do projecto incidiram principalmente na fase de programação e estudo do funcionamento da ferramenta para desenvolvimento utilizada.

## 2. Objectivos Iniciais vs Trabalho Realizado

O principal objectivo, a simulação das principais funcionalidades de um osciloscópio analógico, foi atingido.

Foi criada uma interface, utilizando como base uma fotografia do painel frontal de um osciloscópio real, com um funcionamento intuitivo e que permite ao utilizador trabalhar com um osciloscópio e com um gerador de sinais, que são simulados pela aplicação criada. É possível ainda a introdução de uma forma de onda criada através do Microsoft Excel, utilizando um ficheiro pré-definido.

Na pesquisa feita sobre o estado da arte nos osciloscópios foram encontrados vários tipos para os mais diversos preços. Verificou-se que existem osciloscópios que são ideais para quem deseja fazer apenas medições simples. Estes não permitem observar com grande exactidão os sinais, mas a relação preço/objectivo pode satisfazer as necessidades. Para uma utilização mais profissional existem osciloscópios que podem permitir uma análise do sinal de uma forma mais exacta e completa, permitindo a aplicação de funções matemáticas para se saber todas as características dos sinais. no entanto estes osciloscópios são bem mais caros que os anteriores.





### 3. Trabalho Futuro

No desenvolvimento da aplicação de simulação assumiu-se que algumas das funcionalidades do osciloscópio considerado não eram relevantes para a aprendizagem do seu funcionamento, nomeadamente:

- As funções disponíveis no osciloscópio que são específicas para manutenção de equipamento de vídeo;
- A opção para alterar a fonte de *trigger* e os filtros a aplicar à fonte de *trigger*.

Obviamente que estas funcionalidades poderão ser acrescentadas, se tal objectivo for pretendido.

Outras possibilidades para trabalho futuro são:

- O melhoramento e aperfeiçoamento do código, tornando a aplicação mais suave para o processador;
- Melhoria das ajudas disponibilizadas pela aplicação, tendo possibilidade de suporte exterior, com acesso à Internet para obter mais ajudas disponíveis nos diferentes sites existentes;
- Depuração de eventuais erros de programação que durante os testes não tenham sido encontrados;
- Suporte de outras folhas de cálculo para geração de sinais (que não o Excel).





## VI – Referências

Neste capítulo, estão indicados os meios utilizados para a elaboração deste trabalho, separados conforme o contexto para este relatório.

### 1. Funcionamento

Aurélio Campilho (2000), *Instrumentação Electrónica e Técnicas de Medição*, Edições FEUP

Grupo de Disciplinas de Ciências Básicas de Electrotecnia (2003), *Estudo e caracterização do funcionamento interno do osciloscópio*, ISEP ([http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act\\_lect/inme/Guioes/4\\_Osc.pdf](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/act_lect/inme/Guioes/4_Osc.pdf))

Mário Ferreira Alves (1998), *ABC do Osciloscópio*, ISEP ([http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/PubDid/ABC\\_Osc.PDF](http://ave.dee.isep.ipp.pt/~malves/PubDid/ABC_Osc.PDF))

Tektronix, *XYZs of Oscilloscopes* ([http://www.tek.com/Measurement/cgi-bin/framed.pl?Document=/Measurement/App\\_Notes/XYZs/&FrameSet=oscilloscopes](http://www.tek.com/Measurement/cgi-bin/framed.pl?Document=/Measurement/App_Notes/XYZs/&FrameSet=oscilloscopes))

Grupo P.E.T., *Curso de Osciloscópio*, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (<http://www.del.ufms.br/tutoriais/oscilosc/oscilosc.htm>)

Agustín Borrego (2001), *El Osciloscópio*, Hameg Espanha (<http://www.hameg.es/osc/osc.htm>)

C.A. Bertulani, *O Osciloscópio*, Ensino de Física a distância (<http://www.if.ufrj.br/teaching/oscilo/intro.html>)

W.D. Phillips (1999), *Using an oscilloscope*, DOCTRONICS (<http://www.doctrronics.co.uk/scope.htm>)

Saber Electrónica, *Osciloscópio Controles, ajustes, funcionamento e cuidados na utilização*



([http://www.sabereletronica.com.br/edicoes/edicoes.asp?comando=385\\_03&dettaglio=385](http://www.sabereletronica.com.br/edicoes/edicoes.asp?comando=385_03&dettaglio=385))

Fernando Teixeira (2003), *Equipamentos de teste e medida: Osciloscópio* (<http://www.deetc.isel.ipl.pt/electronica/LEIC/FAE/aparelhos/osciloscopio.htm>)

Answers.com, *Oscilloscope* (<http://www.answers.com/topic/oscilloscope>)

Oscilloscope Tutorial (<http://oscilloscope-tutorials.com/>)

## 2. Aplicações

*Digital Oscilloscope Uses PC Sound Card for Input*, <http://polly.phys.msu.su/~zeld/oscill.html>

*Virtual Oscilloscope (Shockwave Simulation)*, <http://www.virtual-oscilloscope.com/>

*Digital oscilloscope*, fpga4fun.com, <http://www.fpga4fun.com/digitalscope.html>

## 3. Imagens

- [CFP] “Osciloscópio”  
Mec. Ministério da Educação  
Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná  
Departamento de Electrónica
- [COU] <http://www.acqiris.com/Products/Cougar/index.jsp>
- [DOC] <http://www.doctrionics.co.uk/scope.htm#how>
- [DPC] <http://www.ee.washington.edu/conselec/CE/sp95reports/guterman/final/scope1.htm>
- [F4F] <http://www.fpga4fun.com/digitalscope.html>
- [FLK] [http://www.fluke.pt/comx/show\\_product.aspx?pid=31768&locale=ptpt&product=SCM](http://www.fluke.pt/comx/show_product.aspx?pid=31768&locale=ptpt&product=SCM)
- [HAM] [http://www.hameg.es/osc/osc\\_1.htm](http://www.hameg.es/osc/osc_1.htm)
- [INS] <http://www.instek.com/>
- [LEC] <http://www.lecroy.com>
- [MBR] <http://www.mb-radio.co.uk/frames/oscilloscopes/>
- [OSW] <http://polly.phys.msu.su/~zeld/oscill.html>
- [PIC] <http://www.picotech.com/oscilloscope.html>
- [RAE] <http://pages.infinet.net/niuton/mesure/oscillo1.htm>
- [SEL] [http://www.sabereletronica.com.br/edicoes/edicoes.asp?comando=385\\_03&dettaglio=385](http://www.sabereletronica.com.br/edicoes/edicoes.asp?comando=385_03&dettaglio=385)
- [SIH] <http://www.siherdoo.com/RAZNO.htm>



- [TED-A] <http://www.testequipmentdepot.com/newequipment/newanalogscope.htm>
- [TED-D] <http://www.testequipmentdepot.com/newequipment/newdigitalscope.htm>
- [TEK] <http://www.tek.com/Measurement/tutorials/index.html>
- [TUC] [http://www.tucker.com/java/jsp/doorway\\_partnoTEKTDS3064B\\_invid44060.htm](http://www.tucker.com/java/jsp/doorway_partnoTEKTDS3064B_invid44060.htm)
- [VOS] <http://www.virtual-oscilloscope.com/>