

E.2 Instrumentos e técnicas de medida II

E.2.1 Preparação

O osciloscópio é um elemento essencial na gama de instrumentos de medida utilizados em laboratórios de electrónica. A função essencial do osciloscópio é a de permitir visualizar a forma de onda ao longo do tempo. Quando essa visualização se efectua de forma calibrada, o osciloscópio é igualmente um importante aparelho de medida. Pode medir amplitudes, tempos, frequências, fases, etc... Uma das características importantes do osciloscópio é também a de permitir visualizar simultaneamente dois sinais, permitindo assim a sua comparação em termos de amplitude, atraso temporal, etc...

Durante muitos anos os osciloscópios eram completamente analógicos. Depois apareceram os osciloscópios com memória digital, que permitiam gravar uma parte do sinal em memória e depois visualizá-lo em detalhe. Esta função era particularmente útil para a análise de sinais transitórios. Hoje em dia existem já muitos osciloscópios completamente digitais. Qualquer um destes tipos de osciloscópios tem funcionalidades idênticas às do antigo osciloscópio analógico e por isso encontra-se em anexo uma descrição detalhada do princípio de funcionamento do osciloscópio catódico.

Neste trabalho prático vamos aprender a utilizar o osciloscópio para observar e medir formas de onda variadas.

Valores pico, eficazes, frequência e geradores ideais

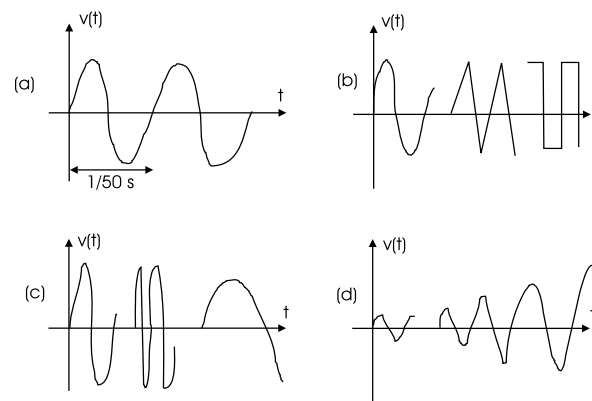


Figura E.8: (a) corrente doméstica, (b) formas de onda, (c) variação da frequência e (d) valor nominal.

A corrente contínua (DC) é produzida pela passagem de electrões do polo negativo para o polo positivo de uma fonte de alimentação ou pilha. A corrente tem, neste

caso, um só sentido. No caso da corrente alterna (AC), o sentido de passagem da corrente alterna do positivo para o negativo e depois do negativo para o positivo. A corrente alterna é em geral produzida por um gerador de frequência e o exemplo mais conhecido é a corrente de alimentação doméstica que em Portugal é à tensão nominal de 230 V e à frequência de 50 Hz de (figura E.8a). Na corrente alterna podemos fazer variar a forma de onda (figura E.8b), a frequência (figura E.8c) e o valor de pico (figura E.8d).

Gerador de sinais

Um exemplo de fonte de tensão alterna é o gerador de sinais que possuímos em sala de Trabalhos Práticos. Em geral a corrente que estes geradores podem produzir é bastante limitada e por isso são chamados fontes de tensão pois encontram-se mais próximos de uma fonte de tensão ideal (resistência interna fraca) do que de uma fonte de corrente ideal (grande resistência interna). As características mais importantes num gerador de sinais são: as formas de onda que pode produzir, a gama de frequências que abrange e a tensão máxima que pode fornecer.

Exercício 1: divisor de tensão

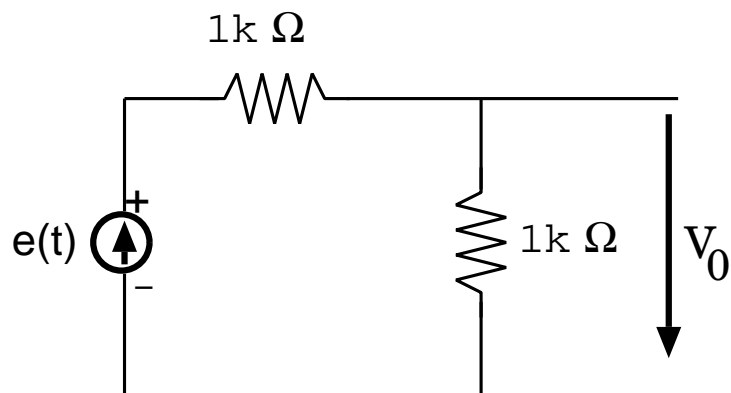


Figura E.9: divisor de tensão alterno.

Sabendo que o gerador de sinais debita uma tensão $e(t) = 3 \sin(6280t)$.

- calcule a tensão medida por um voltímetro colocado aos terminais do gerador.
- qual a amplitude pico medida por um osciloscópio colocado no mesmo ponto do voltímetro. Qual o rácio entre este valor e aquele observado em a) ?
- qual o valor do período da forma de onda observada no osciloscópio ?

- d) colocamos agora o multímetro de modo a medir a tensão V_0 . Qual o valor medido? E se colocarmos o osciloscópio no mesmo ponto, qual o valor pico a pico da forma da onda que podemos observar.

Exercício 2: sinal sinusoidal com um valor de offset

Considere uma tensão sinusoidal $v(t)$

$$v(t) = V_m \cos(\omega t + \phi) + V_0$$

- a) calcule o seu valor médio \bar{v}
- b) calcule o seu valor eficaz v_{eff}

Uso racional de um osciloscópio

Depois de ter observado todos os botões de comando assim como todos os terminais de ligação do osciloscópio, assegurar-se de que:

1. a massa está ligada à terra
2. os botões de desvio vertical e horizontal estão a meio
3. os botões de luminosidade e concentração encontram-se no ponto médio.
4. os amplificadores estão desligados
5. o comutador da base de tempo encontra-se regulado no período do sinal a observar.
6. o botão de variação contínua da base de tempo encontra-se completamente à esquerda.
7. o comutador de seleção do varrimento encontra-se na posição de varrimento interior.

Ligar o aparelho e esperar que ele aqueça. Ajustar os potenciômetros de luminosidade e concentração para o aparecimento de um traço fino no ecrã. **ATENÇÃO:** nunca aumentar muito a luminosidade do traço e sobretudo nunca deixar um ponto luminoso imóvel no ecrã.

E.2.2 Trabalho Prático

1. Funcionamento do osciloscópio

Ligar o osciloscópio seguindo os passos descritos no parágrafo “Uso racional do osciloscópio” da preparação. Identificar os diferentes botões e o seu efeito. Obter um traço contínuo no ecrã.

2. Medida de amplitudes

Aplicar num dos canais do osciloscópio uma tensão sinusoidal. Regular a amplitude do sinal de modo a obter uma tensão de 1 volt eficaz. Qual o valor pico a pico nesse caso ? Verificar o valor da tensão usando o voltímetro. Verificar a utilização do botão de calibração dos canais verticais.

3. Medida de frequências

A medida de frequências pode ser feita de forma directa introduzindo um sinal sinusoidal no canal A do osciloscópio e medindo o período do sinal, calcular a frequência. Comparar com o valor marcado no gerador de sinais. Trata-se de uma medida precisa ? Quais são os erros de medida mais importantes neste tipo de medida ? Como podem ser minimizados ? Veremos no próximo trabalho prático uma forma diferente de efectuar a medida de frequências que reduz os erros de experimentais.

4. Divisor de tensão alterno

Realize a montagem da figura E.9.

- a) regule o gerador de sinais de forma a gerar a onda $e(t) = 3 \sin(6280t)$. Para tal utilize o multímetro e o osciloscópio. Explique o procedimento.
- b) meça a tensão aos terminais do gerador de sinais e aos terminais da resistência, V_o utilizando o multímetro. Calcule os valores de pico correspondentes. Verifique os resultados com o osciloscópio. Qual dos dois aparelhos tem maior precisão ? Conclusão.
- c) utilizando o botão de *offset* do gerador adicione ao sinal $e(t)$ uma tensão contínua de 2 V. Verifique utilizando o osciloscópio em posição DC. Qual é o novo valor eficaz de $e(t)$? Calcule e verifique experimentalmente utilizando o multímetro. Quais os valores eficazes, pico e pico-pico medidos em V_o ?
- d) sempre com a tensão $e(t) = 3 \sin(6280t)$ mude para onda quadrada. Meça de novo V_o com o multímetro e com o osciloscópio. Conclusão.

Anexo

Princípio de funcionamento do osciloscópio catódico

O tubo catódico (figura E.10)

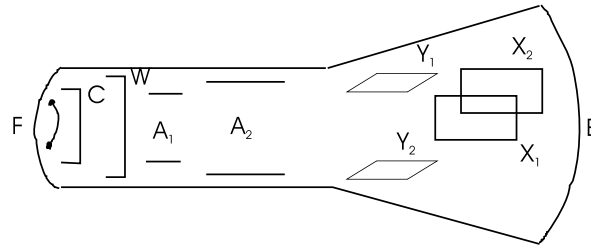


Figura E.10: esquema interno do tubo catódico.

O canhão de electrões

Chama-se canhão de electrões ao conjunto de elementos que permite obter um feixe de electrões a grande velocidade. Este comporta:

- um filamento F aquecido por uma tensão alternada ou contínua geralmente de 2.5 ou 6.3 volts.
- um cátodo C, de forma cilíndrica, colocado em torno do filamento e emitindo electrões por efeito termo iónico.
- o cilindro de Wehnelt W, chamado correntemente Wehnelt, que é a grelha de comando do tubo e que regula a intensidade do feixe de electrões. A sua tensão em relação ao cátodo é de cerca de -50 a -120 volts.
- um eléctrodo de concentração A_1 . Este tem o papel de uma lente electrostática e produz a focalização do feixe de electrões no ecrã fluorescente E. A sua tensão em relação ao cátodo é de cerca de +30 a +1000 volts.
- um eléctrodo de aceleração A_2 que dá aos electrões uma grande velocidade. A sua tensão em relação ao cátodo é de +600 a +3000 volts.

As placas de desvio

- um par de placas horizontais Y_1 e Y_2 produzindo o desvio vertical do spot luminoso quando é estabelecido um campo eléctrico entre elas.

- b) um par de placas verticais X_1 e X_2 , produzindo o desvio horizontal do spot luminoso quando um campo eléctrico existe entre elas.

Um eléctrodo de pós-aceleração A_3

A presença deste eléctrodo é dispensável. Tem a forma de um anel mais ou menos largo constituído geralmente por uma camada condutora na face interna do tubo catódico. Aplicada uma diferença de potencial de alguns milhares de volts (5000 a 30000) ele aumenta o brilho do spot através do aumento da energia cinética dos electrões.

O ecrã de observação

A face anterior do tubo de vidro está coberta de uma matéria que se torna luminosa quando recebe o choque de electrões a alta velocidade. O impacto no ecrã do feixe de electrões traduz-se assim por um ponto luminoso (spot).

Montagem prática. Protecção

O tubo catódico é revestido de uma camisa de protecção magnética em μ metal destinada a reduzir ao máximo a influência dos campos magnéticos exteriores e inclusivé do campo terrestre. Em aparelhos antigos o tubo catódico encontra-se protegido por uma camada de vidro espesso e transparente de modo a proteger o utilizador dos riscos de implosão do tubo.

O circuito de varrimento

O varrimento normal

O varrimento normal destina-se a produzir uma tensão que aplicada entre as placas X_1 e X_2 provoca o desvio horizontal do spot luminoso proporcional ao tempo sob todo o ecrã E. Esta tensão deverá portanto variar linearmente em função do tempo e cair a zero num tempo muito curto: é o que se chama uma tensão em “dentes de serra”. O circuito que produz esta tensão chama-se **base de tempo**.

O varrimento desencadeado

Em muitas aplicações, e em especial no estudo dos fenómenos transitórios não periódicos, é necessário dispôr de um dispositivo tal que o varrimento seja desencadeado pelo fenómeno a observar. Em geral o sinal a observar é injectado no circuito de base de tempo de modo a desencadear o varrimento do ecrã. O tempo entre a chegada do impulso e o varrimento pode ser regulável assim como o nível de sensibilidade a partir do qual o varrimento será efectuado.

Varrimento 50 Hz

A maioria dos osciloscópios possui um dispositivo de varrimento sinusoidal com a

frequência da tensão de alimentação 50 Hz que é uma frequência de referência que serve para observar figuras de Lissajoux.

Varrimento exterior

Neste caso pode-se eliminar todo e qualquer circuito de varrimento interno e controlar o varrimento através de uma tensão externa.

Os amplificadores

A presença de amplificadores nos circuitos de varrimento horizontal e vertical é indispensável na maior parte dos casos de modo a tornar a tensão de controle do tubo o mais independente possível do circuito a observar. As características em frequência destes amplificadores dão ao osciloscópio a sua banda passante que pode ir entre 20 MHz e o GHz. As diferenças de fase introduzidas por estes amplificadores devem ser muito pequenas de modo a que as medidas sejam o mais fiéis possíveis.

Os circuitos de sincronização

Sincronização interna

A sincronização interna permite obter uma “relação temporal constante” entre o sinal a observar e o circuito de varrimento de modo a poder obter uma figura estável no ecrã e permitir a observação e medida de amplitudes, tempos, diferenças de fase, etc...

Sincronização 50 Hz

Este dispositivo permite controlar o varrimento independentemente da tensão a observar, a partir da frequência do sector de alimentação 220V.

Sincronização externa

A frequência de um sinal exterior pode ser também usada para sincronizar o sinal a observar.

Circuito de alimentação

O circuito de alimentação do osciloscópio permite obter um número de tensões variadas, entre alguns volts para os circuitos electrónicos de base de tempo e sincronização, e até alguns milhares de volt para a alimentação do tubo catódico e das placas de aceleração.

Os comandos dum osciloscópio

Interruptor ON/OFF

Permite ligar o aparelho que demorará alguns segundos a aquecer o filamento do

tubo catódico.

Potênciometro de luminosidade

Este potênciometro permite controlar a intensidade luminosa do spot.

Potênciometro X

Permite agir sobre as placas “X” e regular o spot no sentido horizontal.

Potênciometro Y

Permite agir sobre as placas “Y” e regular o spot no sentido vertical.

Potênciometro “Focus”

Este potênciometro permite realizar a focalização do feixe de electrões no ecrã de observação.

Varrimento e sincronização

Esta parte do osciloscópio comporta em geral:

- a) um comutador que permite escolher o modo de varrimento: interno, desencadeado, 50 Hz, externo e o modo de sincronização: interno, 50 Hz, externo
- b) para a base de tempo interna um comutador de gama de frequências, um potênciometro permitindo uma variação contínua da frequência no interior de cada gama e um potênciometro para o controle da amplitude horizontal do varrimento.
- c) para o varrimento externo: um potênciometro de comando do ganho do amplificador horizontal (se ele existe).
- d) para a sincronização (interna ou externa): um potênciometro de controle da taxa de sincronização.

Amplificador vertical

- a) um comutador de modificação do ganho
- b) um potênciometro de variação precisa do ganho no interior de uma gama de ganho.
- c) um comutador AC/DC/GROUND permitindo calibrar o amplificador em posição GROUND, visualizar todo o sinal em posição DC e sómente a sua componente alterna em posição AC.

Dispositivos complementares

Outros osciloscópios mais sofisticados poderão comportar dispositivos mais específicos segundo a função a que se destinam. Entre outros podemos ter:

1. calibração em tensão possível através de uma fonte de tensão interna muito estável.
2. varrimento monotraço que permite desencadear um varrimento à escolha do utilizador cada vez que este carrega num botão.
3. dois canais de visualização simultânea. Hoje em dia quase todos os osciloscópios são bicanal nos quais é usado um comutador electrónico que permite aplicar ao amplificador vertical uma ou outra das tensões a visualizar. A comutação faz-se a alta velocidade de forma que o utilizador não se aperceba. Os osciloscópios com dois canhões de electrões no mesmo tubo catódico são muito raros hoje em dia devido ao seu custo elevado.
4. hoje em dia existem osciloscópios completamente digitais que permitem uma manipulação do sinal observado seja na memória para obter zooms, sobreposições, impressões em papel, espectros, etc...
5. é também possível em alguns osciloscópios modular a intensidade do spot aplicando no Wehnelt uma tensão entre 10 e 50 volts.