



**Ciências
ULisboa**

Faculdade
de Ciências
da Universidade
de Lisboa

PROTOCOLO DO TRABALHO LABORATORIAL TL 9

A DIGITALIZAÇÃO DE SINAIS DE TENSÃO

FÍSICA EXPERIMENTAL PARA ENG^A INFORMÁTICA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

Nome: _____ nº _____ Turma PL _____

Nome: _____ nº _____ Grupo _____

Nome: _____ nº _____ Data: ____/____

Docente: _____

NOTAS MUITO IMPORTANTES

- Registe os valores medidos *respeitando sempre os algarismos significativos (a.s.)* dados pelos aparelhos, incluindo os zeros à direita que são apresentados, de que deve tomar nota.
- Nos multímetros e no osciloscópio escolha sempre a escala que dá mais *a.s.*.
- Inclua sempre as unidades de cada valor medido ou calculado.
- Ao fazer os cálculos apresente os resultados finais respeitando os *a.s.* das parcelas.
- Junte a relatório todos os gráficos que fizer, tal como cálculos feitos no Excel ou outro software.

EQUIPAMENTO NECESSÁRIO:

- Gerador de tensão alternada, com frequência, amplitude e *offset* reguláveis.
- Interface ScienceWorkshop 500 e computador com software *DataStudio* da PASCO.
- Resistências de 470 Ω e 22 k Ω .
- Pannel de ligações tipo "*breadboard*".

OBJETIVOS:

Digitalizar um sinal de tensão com frequência f_s variando a taxa de amostragem f_a e estudar a recuperação do sinal original.

- Usando f_a muitíssimo maior do que a frequência f_s do sinal.
- Variando a taxa de amostragem desde $f_a < f_s$ até valores bem superiores, $f_a > 5f_s$.
- Recuperar da lista dos valores digitalizados as características do sinal original.

Experiência 1 – Dados obtidos com o Osciloscópio Digital

Objetivo: digitalização em alta frequência f_a dum sinal sinusoidal e recuperação dos parâmetros do sinal.

P1.1 No osciloscópio use a base de tempo 500 $\mu\text{s}/\text{div}$ e regule o gerador para dar um sinal do tipo

$$V_g(t) = A_s \sin(\omega t) \quad \text{com} \quad A_s = 2,5 \text{ V} \quad \text{e} \quad f_s = 1,95 \text{ kHz} \quad (1)$$

– Registe *aqui* o período T_s e a amplitude A_s que são medidos. Através dos menus guarde a "Forma de onda" (**Fdo** ou **Waveform**) numa pen: a *file.CSV* terá os dados de $V_g(t)$ vs t .

P1.2 Faça o gráfico da **Fdo** numa folha de cálculo, identificando os eixos e unidades usadas.

P1.3 A partir dos dados V_g vs t na *file.CSV* calcule (justificando) o período T_d e a amplitude A_d do sinal digitalizado. Registe *aqui* os cálculos e os seus resultados.

P1.4 A partir dos dados na *file.CSV* calcule a frequência de amostragem f_a usada pelo osciloscópio assim como o intervalo de tempo Δt_a entre amostras sucessivas.

P1.5 Supondo que pretende guardar numa *file* os valores desta amostragem mas referentes ao tempo total $T_t = 1$ ms e que os escreve como "float", calcule e justifique o tamanho da *file* que se obterá.

Experiência 2 – Digitalização Variando a Taxa de Amostragem

Objetivo: digitalização duma tensão sinusoidal e estudo dos resultados em função da taxa de amostragem.

A interface *ScienceWorkshop* 500 para aquisição de dados está ligada à porta série do PC e permite a medição simultânea de 3 sinais de tensão, com taxa de amostragem f_a regulável e tempo total de medição escolhidos pelo utilizador, através do software *DataStudio* da PASCO.

Desempenha assim as funções de voltímetro digital, que usaremos para estudar tensões variáveis no tempo, através da digitalização dum sinal. Das 3 entradas analógicas A, B e C que possui, usará a A que é diferencial (tal como um voltímetro), o que significa que os seus dois condutores (de input) estão isolados das outras duas, B e C, que têm um condutor comum entre si.

Esta interface tem um conversor analógico-digital de 12 bits e aceita tensões de entrada com amplitudes até 10 V. Assim, o valor mínimo capaz de ser discriminado (que se designa por resolução) é de

$$\Delta V = 2 \times 10 \text{ V} / 2^{12} = 4,9 \text{ mV} \quad (2)$$

Logo, os valores guardados são múltiplos de ΔV , em relação ao valor mínimo V_{min} , segundo a regra

$$V_k = V_{min} + k \Delta V \quad \text{com } k \in \mathbb{N} \text{ e } V_{min} = -10 \text{ V} \quad (3)$$

implicando que a digitalização só pode distinguir 2 valores que difiram entre si de pelo menos ΔV .

Procedimentos: com a interface *ScienceWorkshop* faça medições de V_g da equação (1) (pág. anterior),

- 1) Escolhendo as frequências (taxas) de amostragem f_a (em N vezes/segundo $\equiv Nx/s$) e o respetivo tempo total de medição T_t especificados a seguir, valores que deve introduzir no *DataStudio*.
- 2) Repita todas as medições mas com a *Fast Fourier Transform* (FFT) numa integração temporal de **muitos segundos** para definir bem o espetro. Guarde uma imagem e anote das frequências que são detetadas. Nota: a FFT só mede frequências até $f_a/2$ e normaliza a amplitude máxima a 1.

P2.1 Em todas as medições realizadas de f_a e T_t (apresentadas de seguida) copie a tabela de valores obtidos com o *DataStudio* (a *Run* respetiva) para uma folha de cálculo.

- a) Para $f_a = 2000x/s$ use $T_t = 30$ ms.
- b) Para $f_a = 4000x/s$ use $T_t = 15$ ms.
- c) Para $f_a = 10.000x/s$ use $T_t = 6$ ms.
- d) Para $f_a = 20.000x/s$ use $T_t = 4$ ms.

P2.2 Apresente gráficos das medições obtidas com $f_a = 2$ kHz e 4 kHz. Daí deduza qual é o período T_d que o sinal digitalizado apresenta, por exemplo contando quantos períodos existem (e sua fração) nos dados obtidos durante todo o intervalo T_t , respetivamente. Qual é amplitude A_d observada? Meça, apresente os cálculos e compare os resultados com os da pergunta P1.3 e da FFT (junte as imagens).

P2.3 Apresente gráficos das medições obtidas com $f_a = 10$ e 20 kHz. Daí deduza qual é o período T_d que o sinal digitalizado apresenta. Qual é amplitude A_d observada? Meça, apresente os cálculos e compare estes resultados com os da pergunta P1.3 e da FFT (junte as imagens).

Experiência 3 – Digitalização dum Sinal de Pequena Amplitude

Objetivo: Estudar o problema da discretização duma tensão variável com baixa amplitude.

Procedimento:

- Monte o circuito indicado na figura 1 com as resistências $R_1 = 22$ k Ω e $R_2 = 470$ Ω .
- Altere a amplitude $V_g(t)$ para $A_g = 1,0$ V e garanta que o sinal é perfeitamente simétrico em 0 V (altere o *offset* se for necessário).
- Com a interface *ScienceWokshop* digitalize a tensão V_{R2} com a taxa de amostragem $f_a = 20$ kHz e durante $T_t = 12$ ms.

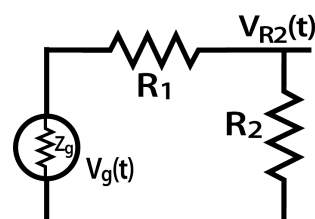


Figura 1. Divisor de tensão.

P3.1 Meça os valores de R_1 e R_2 e com eles *calcule os valores máximo e mínimo esperados* em V_{R2} .

P3.2 Faça o gráfico do sinal digitalizado e *justifique a forma que apresenta* (equação (3) na pág. 3). Para ver melhor o efeito da discretização use um eixo X compacto. Dos dados deduza qual é o período T_d e a amplitude A_d do sinal, observados. Que conclusões retira?

Experiência 4 – Critérios a Usar na Amostragem de Sinais

P4.1 Estabeleça um critério genérico da frequência f_a a utilizar, para que se consiga recuperar **a) mais-ou-menos** e **b) muito-bem**, a forma do sinal sinusoidal original, ou seja, as suas características de frequência f_s e amplitude A_s . Justifique as escolhas.

P4.2 Baseando-se na resposta anterior, calcule a máxima frequência do sinal f_s que um osciloscópio de $f_a = 500 \text{ Ms/s}$ (*mega samples/second*) pode analisar com ótimos resultados? Justifique.

Entrega obrigatória do relatório na semana seguinte