



## Conversão Analógico-digital

### Trabalho Laboratorial 5

#### Objectivos

- estudar vários aspectos da conversão analógico-digital, nomeadamente, a sobreposição espectral, a quantificação e alguns aspectos relativos ao ruído específicos a esta conversão.
- familiarização com a aquisição de sinal através da placa de aquisição instalada no PC

#### Material

- Equipamento:
  - PC + LabVIEW
  - Programas: Vários Vis cujos painéis frontais e diagramas são reproduzidos no anexo.

#### Introdução

A introdução teórica a estes temas é feita nas secções 8.2.1 e 8.2.2 do livro “Instrumentação Electrónica. Métodos e Técnicas de Medição” de A. Campilho, e o texto “Signal Acquisition”, disponível na página da disciplina. Os vários VIs que irá usar neste trabalho estão na pasta C:\NM-2004\TP5.

#### Recomendações

Todas as indicações do trabalho e operações de medição que a seguir se apresentam devem, necessariamente, ser apontadas no Livro de Registos, assim como os resultados obtidos.

As respostas às questões formuladas deve ser escrita directamente neste guião (imprima-o antes da aula). O guião preenchido (um por grupo) deve ser entregue ao docente no fim da aula. Este guião contém dois tipos de questões:

- As questões em *itálico* devem ser respondidas como preparação para o trabalho, antes da aula. Esta acção corresponde a preencher os quadros com moldura mais espessa.
- As restantes questões devem ser respondidas durante a execução do trabalho.

#### Identificação:

Alunos: 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_

Turma 3EEC\_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

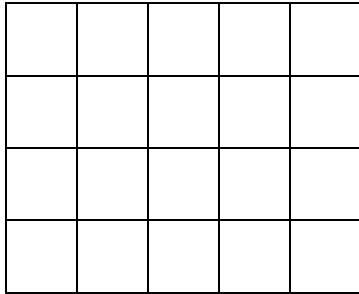
Classificação: \_\_\_ (0-5)



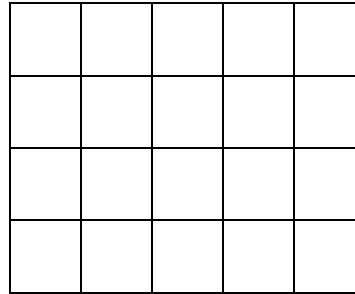
## Descrição do Trabalho a Realizar

1. Dê início ao VI “**Undersampling demo.vi**”. Experimente variar a frequência do sinal enquanto observa a forma de onda e o espectro de potência (o painel do VI aparece na figura abaixo). A frequência de amostragem é de 1000 Hz. Aumente a frequência do sinal desde baixas frequências, por volta dos 10 ou 20 Hz, até perto dos 1000 Hz e responda às seguintes questões:

- a) Registe no seu relatório o gráfico das formas de onda (sinal “original” e sinal amostrado) para as frequências de 100 Hz e 900Hz. Indique as escalas de amplitude e de tempo utilizadas.

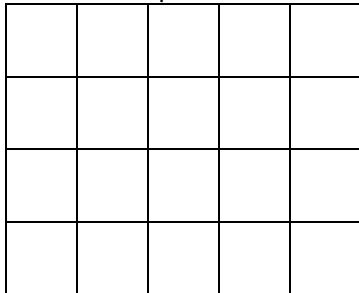


Ampl.: \_\_\_\_\_ Tempo: \_\_\_\_\_

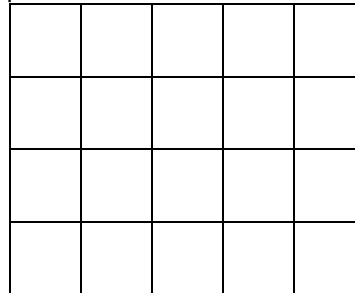


Ampl.: \_\_\_\_\_ Tempo: \_\_\_\_\_

- b) Registe no seu relatório o gráfico do espectro para as frequências indicadas na alínea anterior. Indique as escalas de amplitude e de frequência utilizadas.



Ampl.: \_\_\_\_\_ Freq.: \_\_\_\_\_



Ampl.: \_\_\_\_\_ Freq.: \_\_\_\_\_

- c) *Dê uma explicação sucinta para o que acontece a sinais com frequência acima dos 500 Hz.*

2. Dê início ao VI “**Quantization Error Analysis.vi**”. O gráfico de cima no painel ilustra o processo de quantificação, e o gráfico de baixo indica os valores do erro de quantificação para cada amostra do gráfico de cima. Observe os gráficos com um 3, 5 e 7 bits ajuste a base de tempo (ms/div) e a frequência do sinal de modo a ver o mais claramente possível as formas de onda.

- a) Abra o diagrama do VI. Localize a parte do diagrama que implementa a quantificação e demonstre que esses blocos efectivamente realizam as operações conforme a teoria, transcrevendo-as abaixo sob a forma de equações.



- b) Adicione ao diagrama deste VI a possibilidade de medir o valor eficaz do erro de quantificação. Em seguida, indique qual o valor eficaz desse ruído para cada uma das observações (3, 5 e 7 bits)

Número de bits	3	5	7
Valor eficaz teórico			
Valor eficaz medido			

- c) Sabendo que o sinal de entrada não é aleatório, dê uma explicação sucinta para eventuais diferenças entre os valores calculados e medidos e entre as diferentes observações.

### Aquisição em um canal

**Informações:** O conversor A/D da placa de aquisição é de 12 bits. O ganho do amplificador da placa de aquisição é programável para cada canal com valores de  $2^p$  em que p pode assumir os valores inteiros 0, 1, 2, e 3. Com ganho 1, a gama de valores de entrada é de  $\pm 5$  Volt, com ganho 2 a gama é reduzida para metade ( $\pm 2,5$  Volt) e assim sucessivamente.

1. Dê início ao VI "Signal acquisition.vi". Abra o diagrama correspondente a este painel. Identifique e transcreva sob a forma de equações o modo como é calculado no VI o período de amostragem.

Em que momento é obtida a média e a variância do sinal amostrado?

A cada amostra

No fim de todas as amostras

2. **Nível de zero e ruído:** Identifique na placa de terminais sobre a bancada os terminais do canal 0 (deverá haver uma resistência de  $10k\Omega$  ligada entre os terminais). Sem ligar mais nada a estes terminais, corra o VI, com  $Gain=3$ . Para melhor observar o sinal poderá ser necessário ampliar o gráfico e alterar o tipo de representação gráfica do sinal (Menu do botão direito do rato sobre o pequeno gráfico no canto superior direito, seleccionar *Common Plots*). Adquira 100 amostras com uma frequência de amostragem de 100 Hz. Interprete o sinal observado nomeadamente nos seguintes aspectos:

- a) **Nível DC:** Meça o nível DC do sinal adquirido:

$V_{dc} =$

Que característica do sistema de aquisição mede este nível DC?

- a resolução da placa de aquisição
- o desvio à entrada do canal
- o ganho do canal



- b) **Componente AC (ruído):** Existe alguma variação no sinal adquirido? Consegue identificar alguns níveis de quantificação? Caso observe alguma variação no sinal adquirido, indique qual o seu valor eficaz, baseado nas indicações do painel, e calcule a relação sinal-ruído do canal de aquisição para um sinal sinusoidal com tensão pico-a-pico máxima tendo em consideração o ganho seleccionado.

Valor eficaz de sinal máximo:

--

Valor eficaz do ruído:

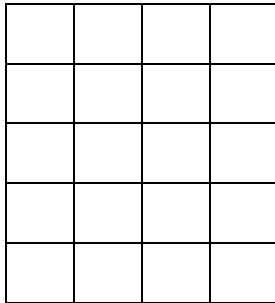
--

Relação sinal-ruído SNR:

--

3. **Quantização:** Ligue o gerador de sinal aos terminais do canal 0 da placa de aquisição e ligue um canal do osciloscópio aos mesmos terminais. Ajuste o sinal do gerador para sinusoidal, com uma tensão pico-a-pico de 0,05 V (é necessário seleccionar uma atenuação de -40 dB no gerador), e uma frequência de 100 Hz. Ajuste os comandos do osciloscópio de modo a observar adequadamente o sinal. Ajuste os valores no painel do VI para  $Gain=0$ . Adquira 100 amostras com uma frequência de amostragem de 1 kHz.

- a) Desenhe no gráfico abaixo a forma de onda observada (só um ciclo).  
 b) Meça os valores de 5 níveis de quantização e compare com os valores teóricos (identifique os níveis no gráfico e na tabela abaixo)



Valores medidos	Valores teóricos

4. Com uma frequência de amostragem de 500 Hz, fixe a frequência do sinal em 480 Hz. Compare o sinal no osciloscópio e no gráfico do programa. Meça a frequência do sinal no gráfico do programa. Identifique e justifique as diferenças

**Nota:** Para medir a frequência do sinal é útil ter cursores no gráfico para poder fazer medições de tempo. Para poder usar cursores, seleccione no menu do botão direito do rato, em cima do gráfico, *Visible Items > Cursor Legend*.

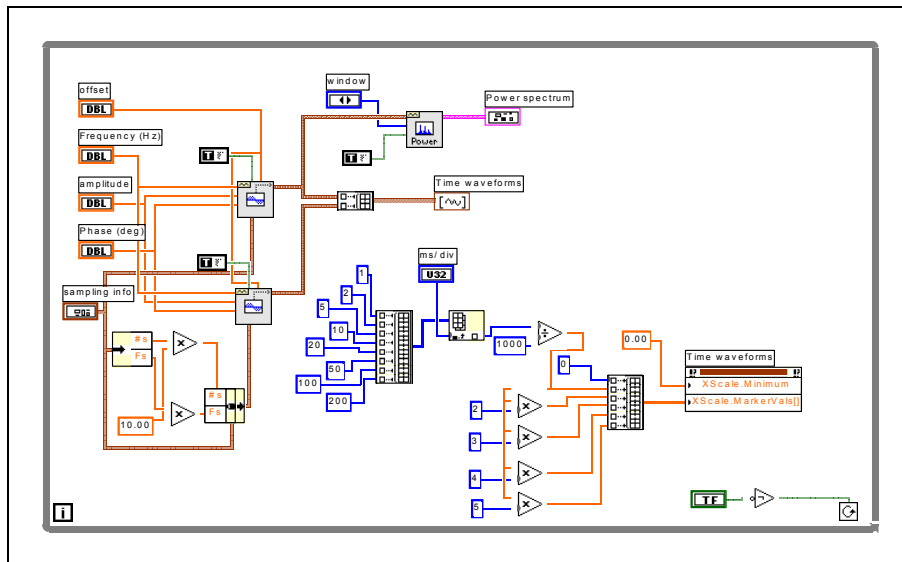
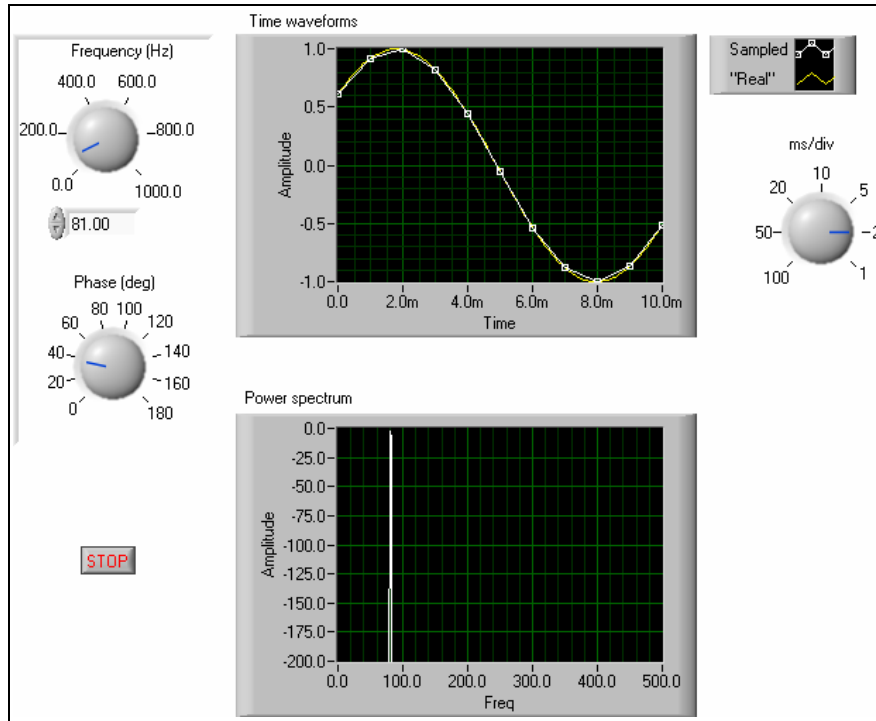
## Bibliografia

Aurélio Campilho, [Instrumentação Electrónica. Métodos e Técnicas de Medição](#), Edições FEUP, 2000.



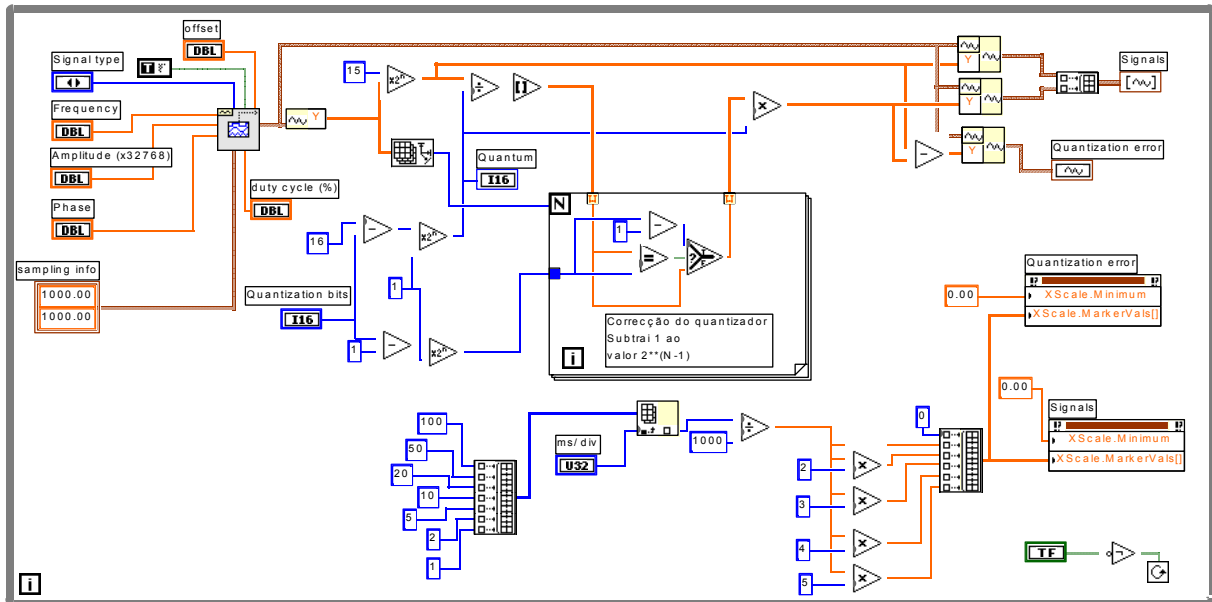
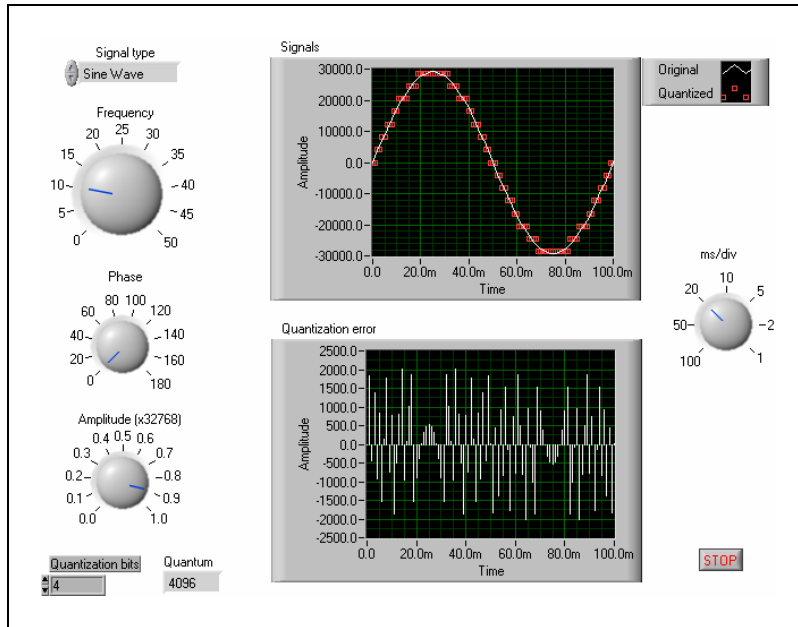
## ANEXO

### Undersampling demo.vi





### Quantization Error Analysis.vi





## Signal acquisition.vi

