

# Prova Prática MD

---

## 1. Instruções do Programa de Aquisição Multicanal (MCA)

---

### Inicialização do Programa

---

#### No terminal

- Muda para a diretoria do programa: `cd mca`
- Lança o programa de aquisição: `pca`

#### Aquisição

- Inicia e termina a aquisição: F1
- Bloqueia e desbloqueia limpeza: F2 (erase fica a vermelho)
- Apaga a aquisição: ctrl + F2
- Seleciona o tempo de aquisição: F3 (0 = tempo infinito)

#### Visualização

- Deslocar o cursos pelos canais: setas
- Desloca rapidamente pelos canais: page up page down
- Muda a escala vertical: seta cima seta baixo (LOG = escala logarítmica)

#### Análise de Picos

- Marca início da ROI: F9
- Marca fim da ROI: F10
- Liga o cálculo de parâmetros do pico: Alt + a
- Apaga a ROI: Del (com o cursor na ROI)

#### Parâmetros

- ROI Int:
- ROI Net:
- Centroid:
- FWHM:

#### Gravar Dados

Os dados podem ser guardados no disco e posteriormente transferidos com recurso a uma disquete. Quando guardados em binário é possível reabrir o espectro no programa. Guardando em Ascii é possível reabrir o programa em casa. - Instruções: - alt + f - Ascii File Save - alt + q - Make PCA resident - Meter a disquete na drive e: `copy <nome do ficheiro> a:` - Depois da luz da disquete apagar podem tirar a disquete e voltar ao programa `exit`

## 2. Osciloscópio

---

### Qual o significado da intensidade da luz?

---

A Intensidade da luz está relacionada com o número de elétrons que atingem as placas de fósforo do Osciloscópio. Quanto maior a corrente, maior o número de elétrons, maior a intensidade da luz.

## Amplitude do Pulse:

---

0.4V

## Caracterize Temporalmente o Pulso

---

20ms taxa temporal, exponencial negativa (ver quando o pulso passa a metade)

## Entrada Unipolar e Bipolar:

---

### Amplitude do Pulso:

- Unipolar: > 1.0V
- Bipolar: > 0.08V

### Caracterize Temporalmente o Pulso:

- Unipolar > 20ms taxa temporal, exponencial negativa (ver quando o pulso passa a metade)
- Bipolar > 20ms taxa temporal, exponencial negativa (ver quando o pulso passa a metade)

## Trigger do osciloscópio:

---

- Quando o trigger está pressionado (botão para dentro), o sinal começa a ser mostrado para valores acima da amplitude de trigger;
- Se o trigger não estiver pressionado (botão de trigger para fora), o osciloscópio começa a mostrar o sinal;
- O osciloscópio mostra um sinal quando a barra de trigger cruza este sinal: temos de mover o botão de trigger até cruzar o sinal e é aí que o sinal aparece

## Pulser:

---

- ligado ao osciloscópio
- liga-se à entrada sem pinta
- ligado ao amplificador e depois ao PC
- liga-se à entrada com pinta
- ligar o pulser no PC: abrir a gestão de dispositivos e ver qual a entrada COM# a que o pulser está ligado;
- abrir o putty e preencher com as especificações das instruções;

## Programa de aquisição Multicanal (computador WW2)

---

- mudar a escala: setas e enter (em escala logarítmica a gaussiana aparece como uma parábola invertida  $e^{-x^2}$ )
- limpar os dados: ctrl + F2
- iniciar ou parar medição: F1
- centroide = média;
- largura à meia altura =  $2.355\sigma$  (desvio padrão)
- para obter os dados da gaussiana associada aos dados:
  - selecionar o início F9
  - selecionar o fim - F10
  - alt + a
- Calibração: queremos encontrar uma equivalência de valores medidos para a amplitude em volts e para o número de channels (Chn) dado pelo computador: se medirmos só um sinal simultaneamente no osciloscópio e no PC podemos dizer que a amplitude medida em volts no osciloscópio corresponde ao número de channels medido no PC: esta é calibração.

# 3. Geiger-Müller e Detetor de Silício

---

## Detetor de Silício

---

O detetor de silício é um detetor onde o meio a ser ionizado é um semi-condutor. - Neste caso o detetor é um detetor de partículas alfa que possui um bomba de vácuo - Procedimento: abrir a câmara de vácuo do detetor de silício (coiso castanho - deteta partícula alfa) -> introduzir a fonte radiativa dentro da câmara de vácuo -> fechar a câmara -> ligar a bomba de vácuo (muito barulho) -> esperar um minuto até a bomba deixar de fazer estrilho -> rodar a válvula tripla do detetor de diz vacuum para o 'vacuum' -> esperar um minuto -> comutar a válvula tripla para o 'hold' -> desligar a bomba de vácuo -> confirmar que há vácuo -> ligar o output do detetor ao osciloscópio e observar o sinal -> mudar o sinal entre bias e pulser no detetor e observar como o sinal se altera no osciloscópio - Quando temos o bias ligado, a placa NP fica polarizada e podemos e observamos o sinal requisitado;

## Detetor Geiger-Muller

---

- o detetor ativo é um gás raro: deteta interações
- Partículas carregadas atravessam o gás e ionizam-no: consoante o campo elétrico existente dentro do detetor, as partículas ionizadas podem ou não ter energia suficiente para ionizar outras partículas que as rodeiem
- O campo elétrico dentro do detetor existe devido a uma diferença de potencial - ligo um cabo de alta tensão ao detetor que está ligado a uma escala de alta tensão em kilovolts;
- Regimes do detetor: inicialmente só as partículas ionizadas são detetadas, mas à medida que o campo elétrico ao qual o detetor está sujeito vai aumentando (aumento da alta tensão), as partículas ionizadas detetadas aumentam linearmente até se atingir a saturação no detetor: detetam-se mais partículas à medida que o campo aumenta porque as partículas ionizadas pelas partículas carregadas que atravessam o gás têm energia suficiente para ionizar as que as rodeiam. A fonte de partículas ionizadas é uma fonte radioativa que emite eletrões;
- Para detetar o sinal ligamos o detetor diretamente ao osciloscópio;
- Fonte de tálio: emissor Beta puro (normalmente emissores beta são também emissores gamma na desexcitação);
- O que acontece no detetor? a fonte radioativa emite eletrões -> eletrões/partículas carregadas entram no detetor gasoso -> os átomos do gás nobre que estão no detetor são ionizados -> consoante a voltagem à qual o detetor está sujeito, pode haver uma ionização parcial ou total do gás (detetor saturado ou não) -> no osciloscópio quando o detetor está saturado todos os picos negativos têm a mesma amplitude (se tiverem picos diferentes é porque ainda não está saturado) - a amplitude do sinal no osciloscópio proveniente do detetor corresponde à quantidade de partículas ionizadas no detetor;
- Plateau do detetor GM: existe um intervalo de voltagens (normalmente entre 750 e 950 Volts) no qual o aumento da tensão à qual o detetor está sujeito não provoca um aumento das partículas ionizadas - ou seja, não se observa um aumento de amplitude no sinal do osciloscópio proveniente do detetor;
- Na saturação do detetor, todas as partículas do gás estão ionizadas e o efeito da alta voltagem é fazer com que as partículas ionizadas ionizem as restantes;

## Montagem detetor GM

---

- em frente ao detetor Geiger-Muller colocar a fonte radioativa de tálio (moeda) num pequeno suporte
- o Geiger-Muller tem duas aberturas: numa liga-se o cabo de alta de tensão e na outra um cabo para ligar ao osciloscópio
- ligar o cabo de alta tensão (cabo vermelho) a uma das fontes de alta tensão
- ligar o outro cabo ao ch1 do osciloscópio
- posteriormente ligar o detetor a um amplificador (caixa in/out) e o amplificador ao osciloscópio; cabo do detetor ligado à abertura in e cabo ligado da abertura out ao osciloscópio ch1

## Questões GM:

---

Se utilizar o pulso sem amplificador, qual a taxa máxima para que a amplitude dos pulsos não seja alterada em mais de 3%?

| ...

E com o uso do amplificador?

| ...

## Identifique as diferentes componentes do sistema.

Temos uma fonte de alta tensão, um osciloscópio, um cabo de alta tensão, um cabo de sinal, um detetor Geiger-Muller, uma fonte radioativa de tálio e um suporte para a fonte

## Identifique o Plateau e caracterize-o.

O Plateau corresponde à zona de saturação. Para identificar o Plateau fomos aumentando lentamente a tensão até encontrar o valor a partir do qual a amplitude do pico já não aumentava, isto é, até encontrar o valor de tensão a partir do qual o sistema fica saturado. Existe um patamar de saturação na qual a amplitude não varia, sendo que a amplitude volta a aumentar para valores superiores ao fim do patamar. A tensão de início do patamar registada foi 690V e a tensão do fim foi 860V.

## Qual a importância deste patamar?

Escolhemos 760V como a tensão a utilizar (aproximadamente metade do patamar). O plateau é importante porque nos permite obter a tensão que queremos utilizar nas seguintes medições - a tensão de saturação do detetor.

## Qual a relação entre o sinal no osciloscópio e o número de contagens?

O número de contagens corresponde ao número de vezes que a imagem pisca no osciloscópio.

## Qual o sinal que o detetor regista na ausência de uma fonte? O que significa? É necessário efectuar uma correcção?

O detetor regista a radiação ambiente, a qual provoca um erro sistemático na nossa medição, pelo que é necessário ser feita uma correcção.

## Qual a incerteza na taxa de fundo numa aquisição de 60 segundos? E de 600 segundos?

Num minuto obtivemos 35 counts e em 10 minutos obtivemos 310 counts. A origem destas contagens são os decaimentos radioativos pelo que sabemos que descrevem uma distribuição de Poisson, pelo que o desvio (erro da medição) é a raiz do valor médio. Para 1 minuto o erro é aproximadamente 6 e para 10 minutos o erro é  $\sqrt{310}$ . Para comparar os dois erros dividimos o 2º por 10, para obter o erro por minuto.

## Como poderá utilizar as fontes para verificar que realmente o detetor satura?

Voltámos a ver o número de counts mas agora com a fonte encostada, tendo obtido 41529 counts para 1 minuto. O ângulo sólido varia com o quadrado da distância, por isso queremos ver se o número de contagens varia do mesmo modo. Para uma fonte muito próxima os efeitos geométricos importam.

# 4. Detetor de Cintilação

## Questões

### Procedimento experimental

- Colocamos o cério perto do cristal do cintilador
- Ligamos a fonte de alta tensão ao detetor
- Ligamos o detetor ao amplificador e o amplificador ao osciloscópio
- Em seguida, ligamos um cabo T à entrada do osciloscópio de modo a poder receber o sinal proveniente do amplificador e simultaneamente envia-lo para o computador. de modo a obter o espectro de emissão do cério todo nos 1024 canais do sistema de aquisição, colocamos o amplificar num fator de 10;
- Queremos estabelecer uma relação unívoca entre a energia dos eletrões no detetor e o número de canais do sistema de aquisição:

## Calibração do sistema

Para calibrar o sistema vamos recorrer ao **pulser** para fazer uma regressão linear entre o número de canais e a energia do pulso incidente - assim podemos estimar qual é a energia correspondente a qualquer ponto - o valor de calibração é o pico dos raios  $\gamma$  que está tabelado (usamos o tabelado para calibrar)

## Calibração com o pulser

- Medimos o número de channels correspondentes a cinco pulsos diferentes: fizemos o ajuste linear recorrendo ao python e sabendo que o ponto de calibração é o do centróide visto anteriormente  $= (538,67 \text{ ch}; 661,657 \text{ keV})$ ;
- o número de eletrões resultante de cada choque de fótons (com a mesma energia) no cristal segue uma distribuição de poisson - o conjunto de todos os eletrões que chocam com o cristal segue uma distribuição normal daí que facamos o ajuste de uma gaussiana aos picos de energia observados no sistema de aquisição (PC) - a incerteza da média (o erro) é a média( $\sigma$ ) a dividir por raiz de N (n de medições)
- o espectro de energia tem uma gaussiana na radiação  $\gamma$ ;

## Identifique os parâmetros de operação do detetor.

Os parâmetros são a alta tensão e o pré-amplificador (não vamos mexer neste último)

## Analise os espectros identificando e caracterizando as diferentes estruturas que possam estar presentes.

Conseguimos ver um total de 3 picos. Inicialmente existe o pico mais alto de todos (o qual tem menos energia dado que está no início do eixo dos x). Este pico corresponde aos raios X emitidos pela fonte de cério. De seguida, vê-se o patamar de compton, isto é, uma parte aproximadamente reta onde também se verifica a existência de emissão de radiação  $\gamma$ . No meio do patamar existe um pequeno pico, associado à emissão de radiação gama. Após o patamar de compton temos o maior pico, o qual corresponde também à emissão de radiação gama (neste caso a mais energética).

## Qual a estatística que deve ser utilizada por forma a ter uma incerteza de 10% no número de contagens do pico de absorção total do Cério?

Estamos perante uma distribuição de Poisson, pelo que a incerteza é dada por  $\sqrt{N}$ , onde N é o número de contagens. Queremos que a incerteza seja 10% do número de contagens, ou seja,  $\sqrt{N} = 0.1N$ . Logo, concluímos que  $N = 100$ .

## Qual a estatística que deve ser utilizada por forma a ter uma incerteza de 10% na posição do centróide do pico de absorção total do Cério?

Utilizando o mesmo método que anteriormente, queremos  $\sigma/\sqrt{N} = 0.1$ . Logo  $N = 100(\sigma)^2$

## Radiação Ambiente

### O sistema regista eventos na ausência de uma fonte radioativa?

Sim, a radiação ambiente maioritariamente devida à existência de potássio-40 em muitos dos materiais do dia-a-dia.

### Compare a taxa de eventos com as outras aquisições.

Existem menos eventos do que nas outras aquisições feitas com a fonte radioativa.

## Consegue identificar alguma estrutura? Quanto tempo necessitaria para ter uma incerteza de 10% na taxa de eventos no pico de absorção total do 40K ?

Temos que fazer exatamente as mesmas contas que realizámos anteriormente, obtendo de novo  $N = 100(\sigma)^2$ .

# Funcionamento do detector de cintilação

---

- aceleramos os elétrons com campos elétricos
- a fonte emite fótons mais ou menos energéticos - no cristal do detector ocorre efeito fotoelétrico devido à metal coat na qual o metal está envolto e há emissão de elétrons (fotoelétrons) que são tanto mais energéticos consoante os fótons que lhes deram origem
- em seguida os elétrons entram no fotomultiplicador onde atravessam diversas placas sujeitas a uma diferença de potencial
- entre as placas existe um campo elétrico que acelera os elétrons de tal modo que quando eles embatem nas placas seguintes têm energia suficiente para retirar mais elétrons
- no fim atinge o detector e são detetados elétrons em diferentes quantidades consoante as suas energias;

## 6. Resolução teste prático 2021:

---

- Meça a amplitude do pulso à saída do gerador: comparar o numero de divisões com escala dada;
- Caracterize temporalmente o pulso à saída do pulser: dizer qual o período, qual o tempo por divisão e dizer qual a natureza do decaimento (exponencial e oscilatória)
- Medir a amplitude de dez pulsos e estimar a média e o desvio padrão (desvio padrão =  $\sigma = \frac{\sum((\text{valor} - \text{média})^2)}{N}$ ) - o valor da amplitude de cada pulso aparece no temrinal do putty em milivolts quando carregamos no enter;
- Analise a distribuição obtida com o MCA (Alt +A) - ;
- Estime o valor da média (média = centróide) e o desvio padrão/sigma ( $\text{FWHM} = 2.355 \cdot \sigma$ ). A incerteza do valor médio é  $\sigma$  sobre a raiz do numero de medições - o numero de medições é dado pelo ROI NET - logo a incerteza da média é  $\sigma$  sobre raíz de ROI NET;
- Utilize o detector de cintilador e a fonte de cézio - Adquira o espectro durante o tempo necessário para ter entre 3 e 5% de incerteza no número de contagens no pico de absorção total: a emissão da fonte de cézio segue uma distribuição de poisson. A incerteza do número de contagens é raíz de N; se quisermos a incerteza entre 3% e 5% então o N tem de satisfazer as seguintes equações:  $N^{1/2} = 0.03N$  e  $N^{1/2} = 0.05N$ . Depois de saber o valor de N. Depois de saber o N vamos fazer a medição durante o tempo suficiente para obter um número de contagens entre os valores pretendidos: temos de selecionar o pico de absorção do pulso e obter um ROI (nº medições) entre os N pretendidos;
- Adquira o espectro durante o tempo necessário para ter entre 3 e 5% de incerteza no valor médio do pico de absorção total: a incerteza do valor médio é  $\sigma$  sobre raíz de N: obtemos  $\sigma$  com  $\text{FWHM} = 2.355 \cdot \sigma$  onde FWHM é o da alínea anterior. Para obter o N de contagens a fazer de modo a respeitar a incerteza temos de resolver a equação  $0.03 < \sigma / (N^{1/2}) < 0.05$ . Mais uma vez vamos fazer uma aquisição no MCA cujo ROI esteja entre os valores pedidos quando selecionamos o pico de absorção total. O ROI dá o número de contagens no espaço selecionado do espetro;
- No detector Geiger Müller foi registado o seguinte gráfico e ajustada uma recta:  $N = 1.4V - 290$ . Definiu-se a tensão de operação em 825 V. Qual o erro sistemático se regular a tensão para 800 V? Calcular o N para 825 e para 800 e ver a diferença. Esta reta de ajuste reflete o plateau do detetor de Geiger Muller.
- Última pergunta: média é o valor do meio e  $\sigma$  é largura a meia altura a dividir por 2.355.
- ROI INT é om ruído e o ROI NET é com ruído;