

## • Fotomultiplicador (PM)

→ ver fig.

É um tubo de vidro, sob vácuo, constituído por um fotocátodo que recebe os impulsos luminosos do cintilador e liberta electrões por efeito fotoeléctrico, e por um sistema de multiplicação formado por um conjunto de eléctrodos (10 a 14), os dínodos, que termina num ânodo, onde se recolhe o sinal.

► O fotocátodo é uma liga semicondutora formada por um ou mais metais alcalinos



(Na, K, Cs) e materiais do grupo V (geralmente Sb).

A propriedade básica dum fotocátodo é a sua **eficiência quântica**: número de electrões libertados por fóton incidente. Os fotocátodos **bi alcalinos** atingem máximos de  $\eta = 27\%$  para comprimentos de onda  $\lambda = 380 \text{ nm}$ . → ver fig.

► Diferentes configurações geométricas podem ser usadas para **colectar, focar e acelerar** os electrões para o 1.º dínodo.

Os dínodos são eléctrodos feitos de metal revestido por um material com **alto coeficiente de emissão electrónica secundária** (Ex<sup>os</sup>: Ag-Mg, Cu-Be, Sb-Cs). Um electrão de **100-200 eV** arranca **3 a 5** electrões secundários. Com **14** dínodos e **diferenças de potencial** entre andares de **100-150 V**, obtém-se um **ganho** de  $10^8$ . → ver fig.

► O ruído dum PM tem **2** componentes:

- **corrente negra**, presente mesmo quando o PM não é iluminado, devida essencialmente à **emissão termiónica** do cátodo e dínodos

$$I = A T^2 \exp(-e\phi / kT)$$

- **ruído estatístico**, devido às flutuações em torno do valor médio da **emissão fotoelétrica** do cátodo e das **emissões secundárias** de cada dínodo.



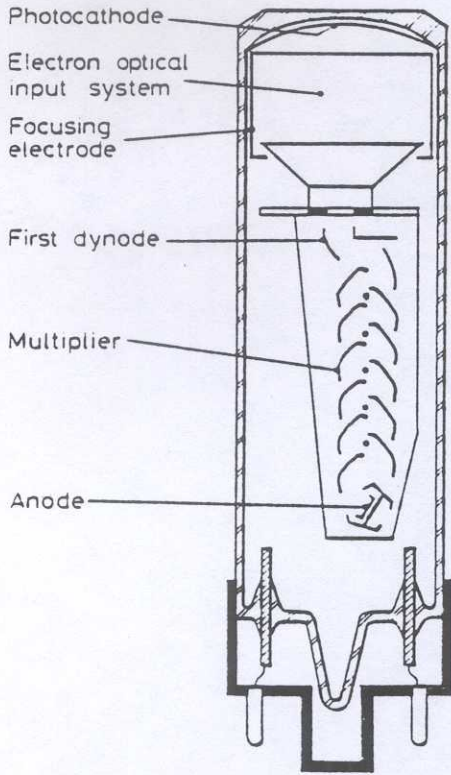


Fig. 1 Schematic diagram of a photomultiplier tube (from Schonkeren [9.1])

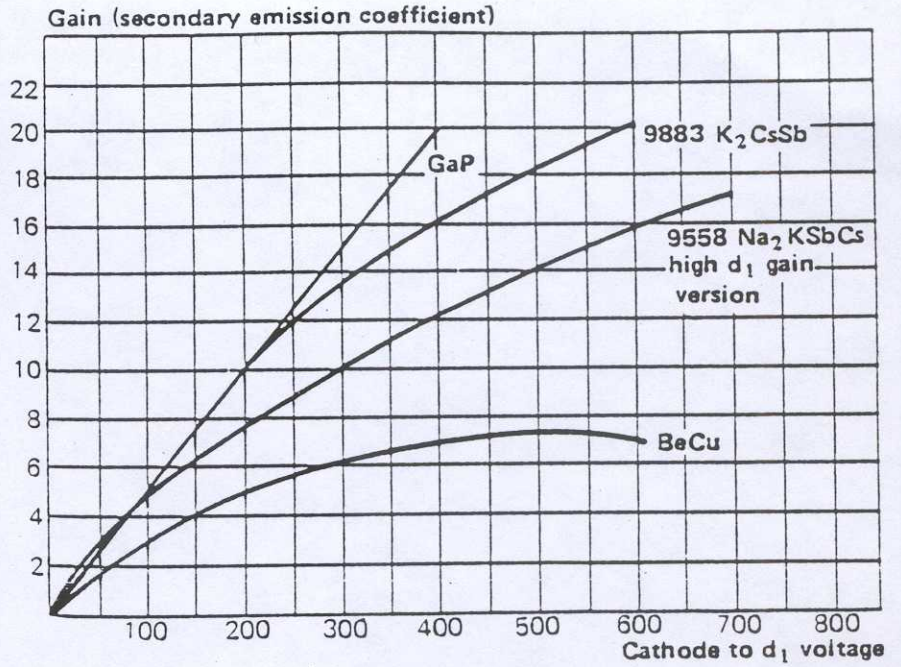


Fig. 3 Secondary emission factor for several dynode materials (from EMI Catalog [8.2])

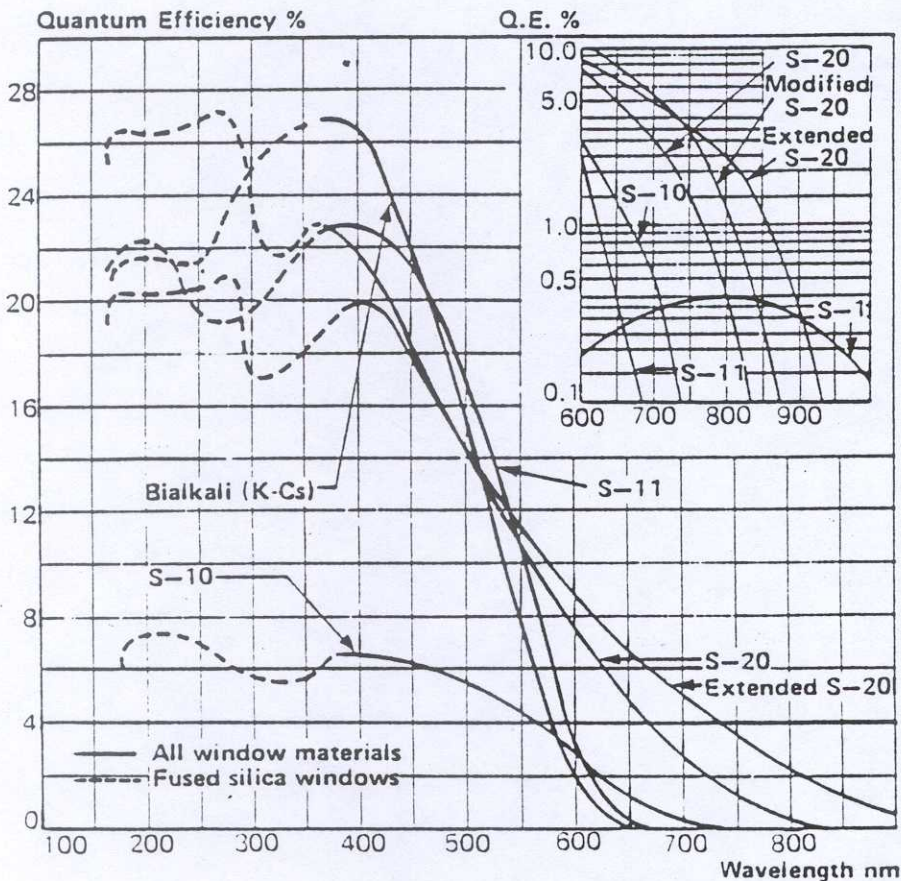


Fig. 2 Quantum efficiency of various photocathode materials (from EMI Catalog [8.2])



# Electrónica

Os sinais físicos são em geral de pequena amplitude e possuem um tempo de subida muito rápido seguido de um muito lento amortecimento.

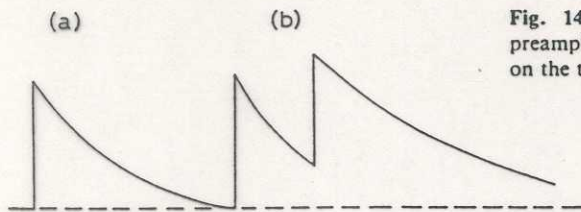


Fig. 14.3. (a) Exponential tail pulse from a preamplifier. (b) pulse pileup: a second pulse rides on the tail of the first

Este facto leva ao empilhamento, isto é, um 2º sinal vem sobrepor-se ao 1º antes de este tender para zero. A cadeia electrónica de tratamento do sinal tenta, assim, resolver estas 2 questões:

- o préamplificador, muito perto da origem do sinal, amplifica-o antes que o cabo de transporte introduza ruído
- o amplificador linear que, além de ter um ganho ajustável, formata o sinal de modo a combater o empilhamento (shaping):

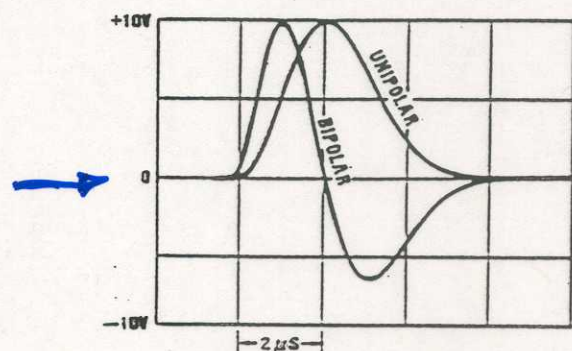
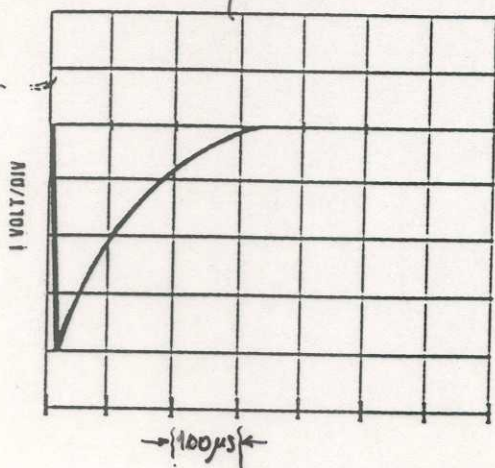


Figure 20.1. Typical output pulse shapes of a nuclear amplifier



A formatação diminui o tempo morto, minimizando-o nesta parte da cadeia electrónica.

Mas o ADC clássico é um dispositivo muito lento, e o nº de eventos adquiridos pode ser muito menor que o nº de eventos físicos. Há, pois, que ter em conta o tempo morto  $\tau$  que, no nosso caso, se pode calcular como:

$$\frac{\text{n.º eventos adquiridos}}{\text{n.º eventos físicos}} = \exp(-m\tau)$$

em que  $m$  é a taxa de eventos físicos (isto é, o nº de eventos físicos por segundo).

Outros dispositivos importantes na cadeia electrónica são:

- o discriminador, que gera um sinal de saída lógico, isto é, de tipo sim/não (definidos numa certa norma), se o sinal analógico de entrada tiver uma amplitude maior/menor que um dado limiar. Este limiar é regulável e serve para rejeitar sinais de ruído (geralmente de fraca amplitude).

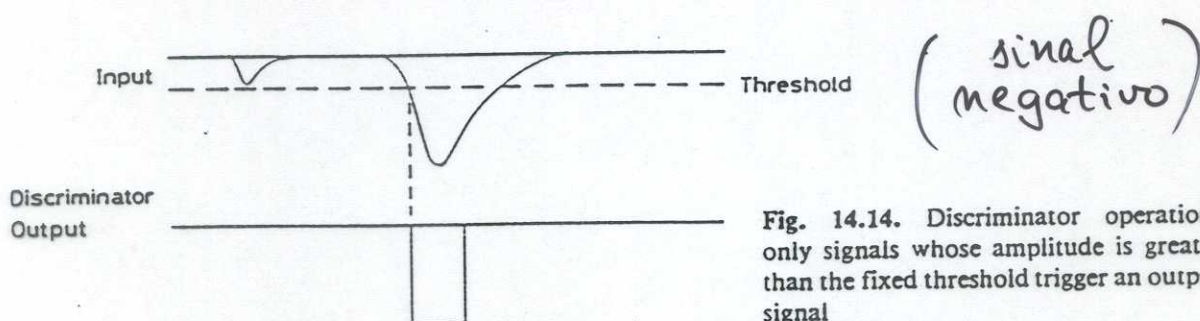


Fig. 14.14. Discriminator operation: only signals whose amplitude is greater than the fixed threshold trigger an output signal



- a porta linear, circuito que permite a validação do sinal analógico em processamento por um sinal de controle representando uma certa condição (trigger).

- o conversor analógico-digital (ADC), que digitaliza as amplitudes dos sinais analógicos de entrada, atribuindo a cada sinal um canal de entre os 1024 existentes (caso da ADC de 10bits:  $2^{10} = 1024$ ). Se o ADC aceitar, p.ex., sinais na gama 0-10V (Volt) de amplitude, um sinal de 3V será representado por um evento que incrementa o conteúdo do canal 30%.

A conversão analógico-digital costuma obter-se pelo método da descarga dum condensador em tempo. O seu tempo de descarga é contado por um oscilador de alta frequência ( $\sim 100$  MHz). Assim, o tempo de conversão do ADC, para um sinal de amplitude máxima, é de dezenas de  $\mu s$  ( $1024 \times 10 \mu s$ ).

O ADC é, pois, um dispositivo lento. Para altas taxas de contagem ( $\sim 10^5/s$ ), exhibe tempo morto.

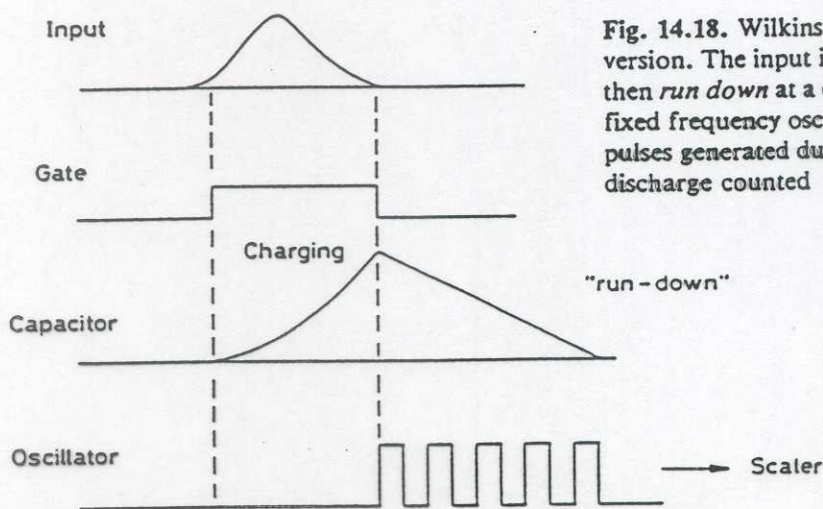


Fig. 14.18. Wilkinson method of analog-to-digital conversion. The input is used to charge a capacitor which is then run down at a constant current. At the same time, a fixed frequency oscillator is gated on and the number of pulses generated during the time it takes the capacitor to discharge counted