

# IMPULSI LINEARI E IMPULSI LOGICI

**Impulso LINEARE:** Imp. di segnali che contiene l'informazione nella sua ampiezza e, a volte, nella forma

**Impulso LOGICO** Imp. di olim. e forma STANDARD che dà info. perché C'È o NON C'È, o per l'istante in cui appare

Le catene di acquisizione e trattamento dei segnali dei rivelatori di radiazioni **PARTONO** tipicamente con un impulso **LINEARE** che ad un certo punto viene **CONVERTITO** in imp. logici e estratto

## IMPULSI LINEARI

- 3 tipi principali:
- Veloci
  - Lenti
  - dopo formatura

**Impulsi VELOCI** Il segnale in uscita dal rivelatore viene raccolto da un circuito con  $\tau_{circuit}$  piccola

↳ risetime e decay time dati dalle caratteristiche della raccolta di carica del rivelatore stesso

- Durata complessiva dell'imp.  $\sim$  qualche  $\mu s$
- S/N peggiore dei segnali LENTI
- Utile se ci interessano informazioni TEMPORALI
- Polarità data dall'alimentazione del rivel.

**Impulsi LENTI** ...  $\tau_{circuit}$  GRANDE

↳ salita dell'imp. data dal tempo di raccolta

discesa data da  $\tau_{circuit}$  ( $\gg$  tempo di raccolta per evitare il deficit balistico)

↳ CODA LUNGA ( $\rightarrow$  "tail pulses")

- Ampiezza di segnale ALTE risp. agli imp. VELOCI
- Polarità  $+$  o  $-$  (la più comune è la  $-$ )
- Parametri importanti: AMPIEZZA e RISE TIME (10% - 90%)

**Impulsi dopo formatura**

È un impulso lento con  $\tau_0$  ridotta a pochi  $\mu s$

Ampiezza e polarità ARBITRARIE (OP. AMP.)  
normalmente scelte per meglio accoppiare gli impulsi alla strumentazione di acquisizione

## IMPULSI LOGICI (Standard NIM)

Standard POLARITÀ +

AMPIEZZA:  $(-2, +1) V$  segnale logico 0  
 $(+4, +12) V$  1

DURATA  $\approx 1 \mu s$

FORMA: 

Veloce

$t_{rise} \sim ns$  Attenzione alla RIFLESSIONE  
 $\hookrightarrow$  matching INPUT, OUTPUT, COAX @ 50  $\Omega$

POLARITÀ: -








AMPIEZZA:  $(-1, +1) mA$  segnale logico 0  
 $(-14, -18) mA$  1

Impulso di gate **NON È UN IMPULSO LOGICO**

ma ha forma 

Polarità, ampiezza e durata: fissati dalle caratteristiche dell'interruttore o relé che deve comandare.

**Table 17.1 Summary of Common Pulse-Processing Functions**

A	Linear-Linear	In	Out
		Linear charge pulse from the detector	Linear tail pulse
		Linear tail pulse	Amplified and shaped linear pulse
		Shaped linear pulse	Linear pulse proportional to amplitude of input pulse that lies above input bias level
		Fast linear pulse	Conventional shaped linear pulse of amplitude equal to input pulse
		Two or more shaped linear pulses	Shaped linear pulse with amplitude equal to the sum of coincident input pulses
		Fast linear or shaped linear pulse	Identical pulse after a fixed time delay
		(1) Shaped linear pulse (2) Gate pulse	Linear pulse identical to linear input if gate pulse is supplied in time overlap

B Linear-Logic		In	Out
—	INTEGRAL DISCRIMINATOR	Shaped linear pulse	Logic pulse if input amplitude exceeds discrimination level
	DIFFERENTIAL DISCRIMINATOR (SINGLE-CHANNEL ANALYZER)	Shaped linear pulse	Logic pulse if input amplitude lies within acceptance window
	TIME PICK-OFF (TRIGGER)	Fast linear or shaped linear pulse	Logic pulse synchronized with some feature of input pulse
C Logic-Linear		In	Out
START STOP	TIME-AMPLITUDE CONVERTER	Logic start and stop pulses separated by time $\Delta t$	Shaped linear pulse with amplitude proportional to $\Delta t$
D Logic-Logic		In	Out
—	COINCIDENCE	Logic pulses at two or more inputs	Logic pulse if pulses appear at all inputs within a time interval $\tau$ (resolving time)
	ANTI-COINCIDENCE	Logic pulses at two inputs	Logic pulse only if pulse appears at one input without pulse at second input within time $\tau$
	SCALER	Logic pulses	One logic pulse for every $N$ input pulses

# COMPONENTI COMUNI A MOLTE APPLICAZIONI

## PREAMPLIFICATORI

Se  $Q$  è ABBASTANZA GRANDE  $\rightarrow \int$  su  $C = C_{det} + C_{cavo} + C_{in} \rightarrow V_{OUT}$   
 $\uparrow$  scintill., G-M tube...  $\uparrow$  NO PRE!

IN TUTTI GLI ALTRI CASI: PRE

- Oss
- più vicino possibile ( $C_{cavo}$  piccola)
  - bassa  $R_{OUT}$ :  $\tau \equiv R_0 C$  con  $C$  spesso grande  
 $\rightarrow \tau$  piccolo se  $R_{OUT}$  piccolo  
 $\uparrow$  non vogliamo integrare il segnale!
  - alta impedenza d'ingresso  $R_{in}$  (x garantire la raccolta completa)
  - non si usa per la formatura
  - segnale in uscita di tipo "a coda lunga"  
 $\tau_R$  più COMO possibile comparib. con il tempo di raccolta  
 $\tau_0 \sim 50-100 \mu s$  CARATTERISTICO DEL PRE; si svincola dal tipo di Av, e garantisce la raccolta completa



## 2 TIPI DI CONFIGURAZIONE POSSIBILI:

- ① VOLTAGE SENSITIVE      ② CHARGE SENSITIVE

① Se  $A \gg \frac{R_2}{R_1}$   $V_{out} \approx -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$  con  $V_{in}^{MAX} = \frac{Q}{C}$

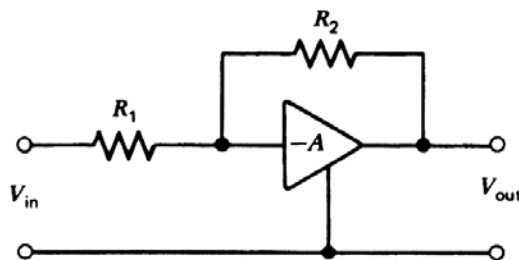
purché  $C$  sia costante  $V_{out}^{MAX} \div Q$  OK!!

Se  $C$  varia (es: semicond.) NON VA!

↳ ② con  $V_{out} = -A V_{in} \approx -\frac{Q}{C_f} \div Q$  OK!

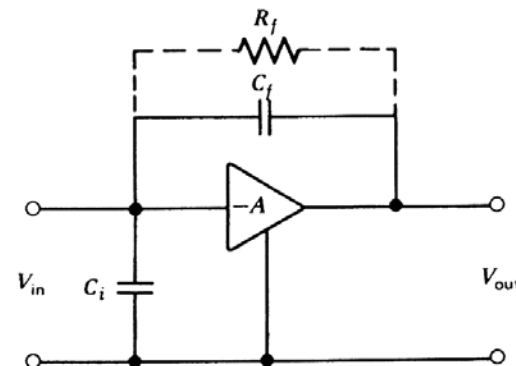
purché  $A \gg \frac{C_i + C_f}{C_f}$

$\tau_{caratt.} = R_f C_f > \text{durata dell'impulso } (\Delta t_{imp})$



Assume  $A \gg R_2/R_1$

$$V_{out} \approx -\frac{R_2}{R_1} V_{in}$$



Assume  $A \gg (C_i + C_f)/C_f$

$$V_{out} = -A V_{in}$$

$$V_{out} = -A \frac{Q}{C_i + (A+1)C_f}$$

$$V_{out} \approx -\frac{Q}{C_f}$$

# AMPLIFICATORE LINEARE

2 funzioni: FORMATURA e AMPLIFICAZIONE (100-5000)

$V_{INPUT} \rightarrow OUTPUT: (0-10V) + (NIM\ Standard)$   
 $V < 10V$

SE INPUT  $\rightarrow$  AMPL. SATURA  $\rightarrow$  IMPULSO DISTORTO  
 $V > 10V$

## SCELTA DELLA FORMATURA

Influenzata da rate di conteggio e risoluzione  $\Leftrightarrow$   $\begin{cases} \frac{1}{N} \\ \text{deficit statistico} \\ \text{pile-up} \end{cases}$

imp. bipolari di larghezza  
limitata

imp. unipolari abbastanza  
lenti

Il tempo di formatura può essere ottimizzato in funzione delle FWHM



## Osservazioni

**RATE BASSO:** effetti da pile-up e variazioni di linea di base (ININFLUENTI)

L'iniziale miglioramento in risol. aumentando  $\tau_{sh}$  è dovuto a:

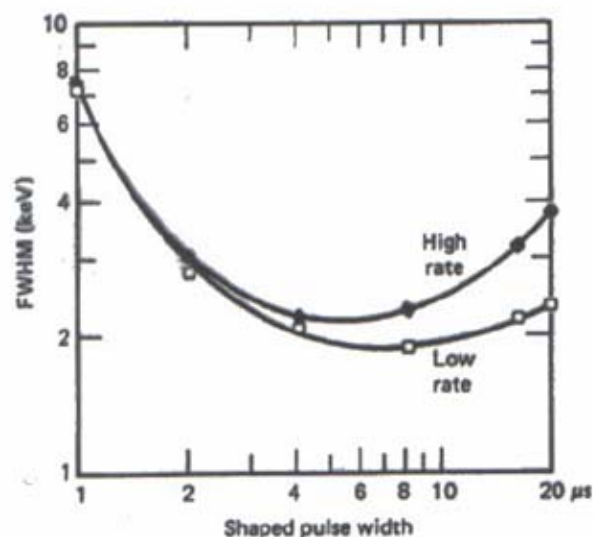
- diminuzione di deficit balistico
- riduzione del rumore serie

Continuando ad aumentare  $\tau_{sh}$  si arriva ad un minimo per poi risalire a causa di:

- maggiore sensibilità al rumore parallelo

**RATE ALTO:** il minimo è a  $\tau_{sh}$  + bassi con un valore corrispondente della FWHM > che nel caso di rate basso

↳ gli effetti di pile-up e variazione della linea di base non sono più trascurabili se non per  $\tau_{sh}$  molto piccoli



**SULLA FORMATURA:** per sistemi con **BASSA RISOLUZIONE**  
BASSI RATE  $\rightarrow$  QUALUNQUE FORMATURA  
ALTI  $\rightarrow$  DDL

per sistemi con **ALTA RISOLUZIONE**  
BASSI RATE  $\rightarrow$  FORMATURA GAUSSIANA  
TRIANGOLARE  
ALTI  $\rightarrow$  BIPOLARE  
oppure RISTABILIM. DELLA L. di B.  
oppure INTEGRATORE A GABRIOLA  
(vedi Knoll)

LA RISPOSTA DI UN AMP. UN. A IMPULSI SATURATI MOLTO ALTI È IMPORTANTE  
SOPRATTUTTO AD ALTI RATE. IL TEMPO DI RECUPERO È NORMALMENTE  
CITATO TRA LE SPECIFICHE DELL'AMP.

$\uparrow$  ≠ DA QUELLO PER IMP. NON SATURATI  
 $\rightarrow$  RISTABILIMENTO ATTIVO DELLA L. di B. NECESSARIO

## In sintesi

- Un AMP. LIN. deve fornire:
- 1) L'AMPLIFICAZIONE DEL SEGNALE
  - 2) LA FORMATURA ADEGUATA X INFO ( $A, \tau_r, \tau_o$ )
  - 3) LA FORMATURA ADEGUATA CONTRO PILE-UP E SATURAZIONE
  - 4) LA FORMATURA CHE OTTIMIZZA  $S/N$
  - 5) CIRCUITI ATTIVI DI REIEZIONE DEL PILE-UP E RISTABILIMENTO ATTIVO DELLA LINEA DI BASE

## AMPLIFICATORE A SOGLIA

- AMPLIFICA SOLO LA PARTE DI IMPULSO SOPRA SOGLIA
- PARTICOLARMENTE UTILE X ANALIZZARE CON GRANDE DETTAGLIO UNA PICCOLA REGIONE DELLO SPETTRO, USANDO AL MEGLIO TUTTI I CANALI DELL' MCA
- REGISTRA UNA PORZIONE STRETTA DELL' IMPULSO  $\rightarrow$  SPESO SEQUITO DA UNO "STIRATORE D'IMPULSI" (PULSE STRETCHER) PER RIDARE ALL' IMPULSO LA LARGHEZZA NECESSARIA PER L'ANALISI SUCCESSIVA

## AMPLIFICATORE SOTTRA O DIFFERENZA

Si definisce da se

Si ha l'AMP. DIFFERENZA INVERTENDO uno dei segnali in ingresso

# SISTEMI DI CONTEGGIO

tipica catena di acquisizione per studiare il rate di conteggi di un rivelatore  
**NO SPETTROSCOPIA!**

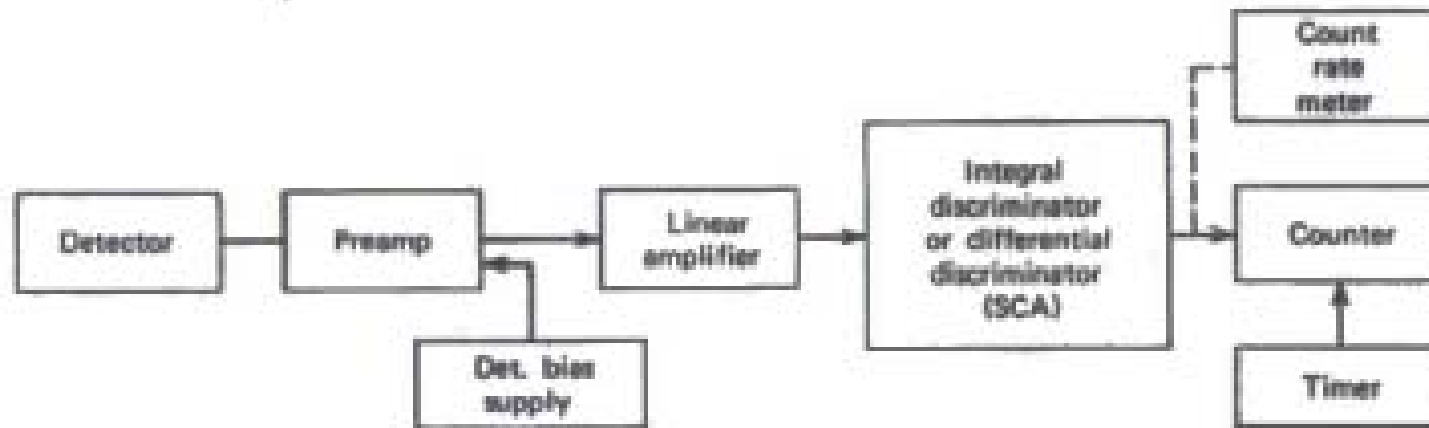
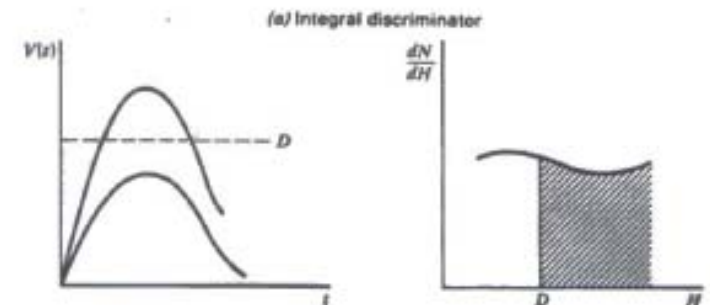


Figure 17.7 Elements of a typical signal chain for pulse counting.

## DISCRIMINATORE INTEGRALE

In Impulso lineare (0-10 V) +  
 Out impulso logico se  $A_{imp} > V_{soglia}$

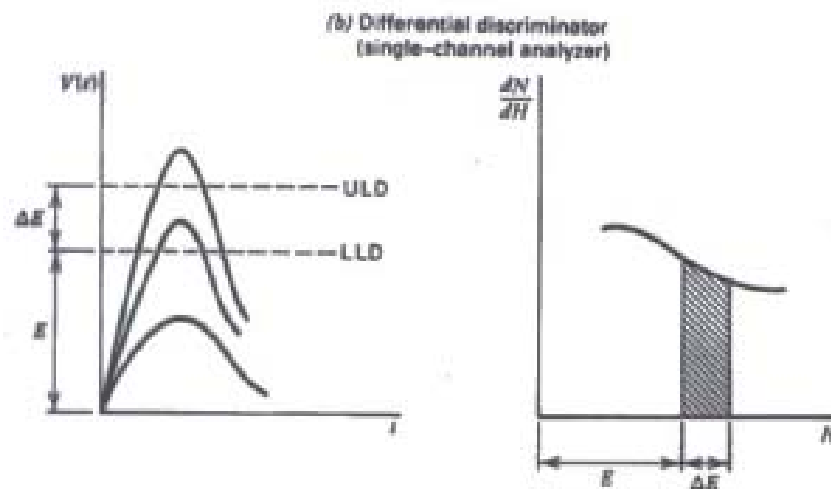


## DISCRIMINATORE DIFFERENZIALE (SCA single channel analyzer)

In Impulso Unipolare ( $0.5 - 10 \mu s$ ) ( $0 - 10 V$ ) +

Out Impulso Logico se  $LLD < A_{imp} < ULD$  (Finestra)

NON CORRELATO TEMPORALMENTE con l'imp. in ingresso (timing SCA)



## CONTATORE (SCALER)

Semplice registro digitale. Lavora in **PRESET TIME** (1) o in **P. COUNT** (2)

(1) si fissa il tempo di misura (2) si fissa il n. di conteggi da raggiungere

↖ CLOCK interno o esterno

**caratteristica importante**

"pulse pair resolving time": minimo  $\Delta t$  tra 2 imp. logici x i siano contati ≠

↔ MASSIMO RATE DI CONTEGGIO ACQUISTIBILE

## TEMPORIZZATORI

Danno lo "start" e lo "stop". Sono sincronizzati: - alla  $\frac{V_{50\%}}{2}$  di rete  
- tramite un quarto d'onda

## TEMPO MORTO NEI SISTEMI DI CONTAGGIO

- + volte il tempo morto è caratteristico del rivelatore (Gt tubes)
- Più spesso c'è un componente della catena che lo determina
- In una catena di CONTAGGIO tale componente è SPESSE il DISCRIMINAT. ( $\sim 1-2 \mu s + (\Delta t)_{tot}$  dell'impulso)

**TEMPO** Le correzioni al T.M. possono essere apportate SE È COSTANTE

↳ se non lo è, lo si **FORZA** con un gate lineare che blocca il sistema dopo ogni impulso per un **TEMPO FISSO** > del T.M. di ogni componente

# SISTEMI PER L'ANALISI DELL'ALTEZZA DEGLI IMPULSI

## CONSIDERAZIONI GENERALI

Rivelatore con MEDIA FWHM  $\rightarrow$  catena di lettura STANDARD  
OTTIMA FWHM  $\rightarrow$  "HIGH TECH"

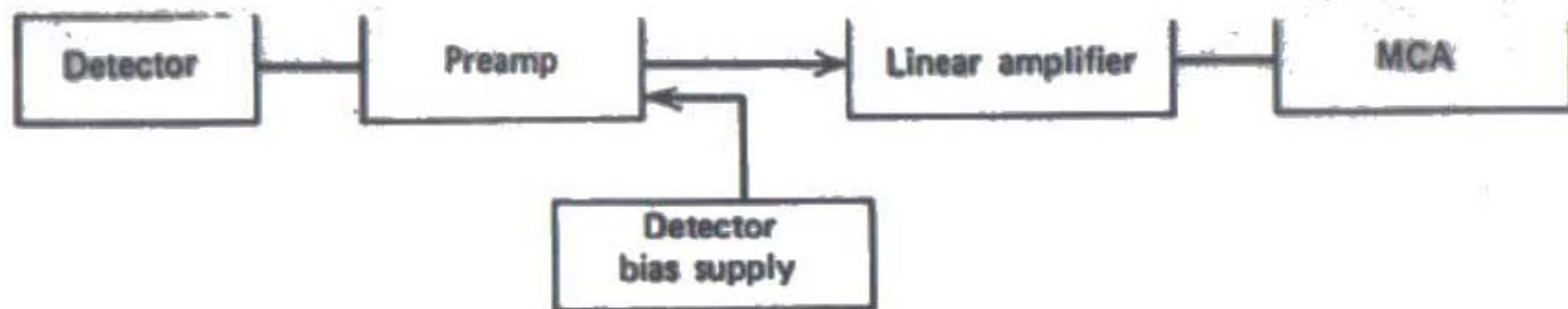
Componente PRIORITARIO: AMPLIFICATORE LINEARE

$\rightarrow$  Rivelatore con FWHM MEDIO-BASSA  $\rightarrow$  Formature tutte OK  
ALTA  $\rightarrow$  Formatura scelta risp. a  $S/N$  e  $A_{th}$

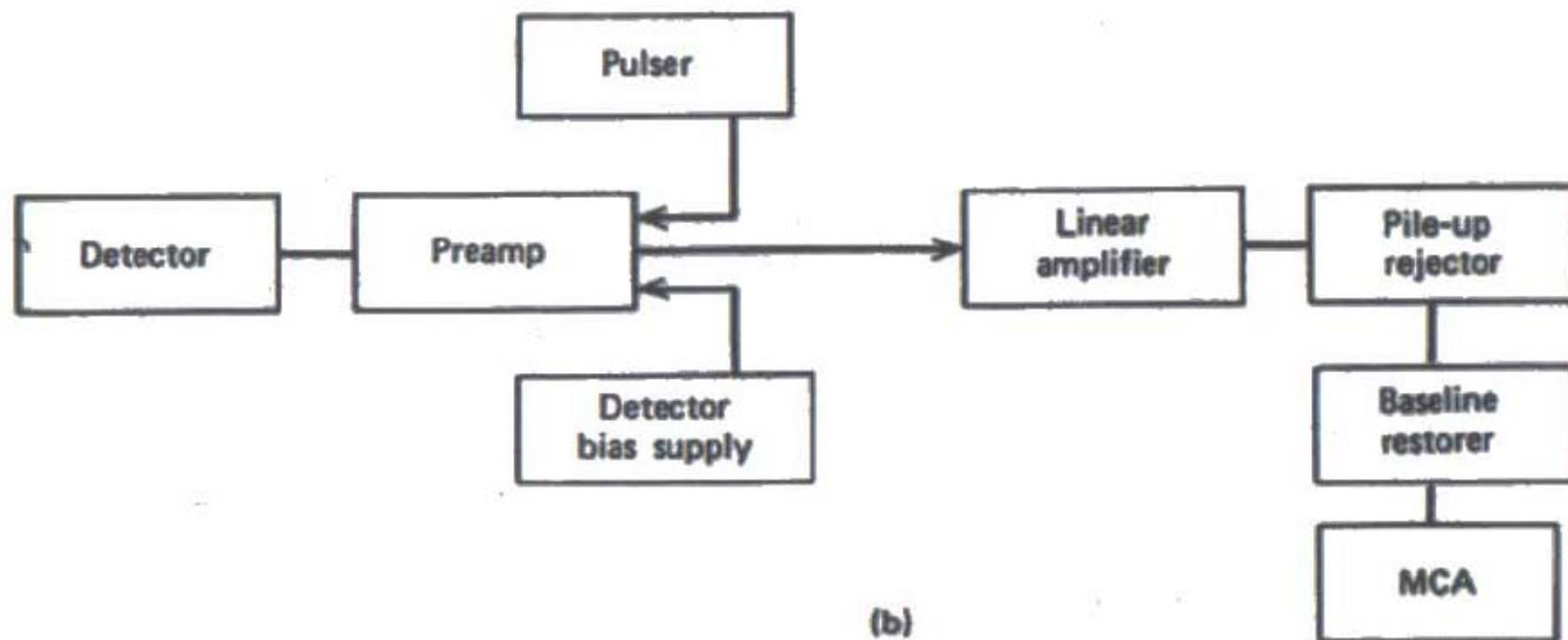
## STRATEGIE $\neq$ PER RATE $\neq$

Def. DUTY CYCLE  $\equiv (At)_{imp} \times r$

Se D.C.  $\lesssim 10^{-3}$  OK! Si ottimizza il trattamento del s.  
 $> 10^{-1}$  Rate elevato, RISCHI DI CONFLITTI



(a)



(b)



## DEFICIT BALLISTICO

Se il tempo di raccolta delle cariche nel riv. **SOSTANTE**

↳ Deficit balistico = **FRAZIONE COSTANTE** dell'impulso

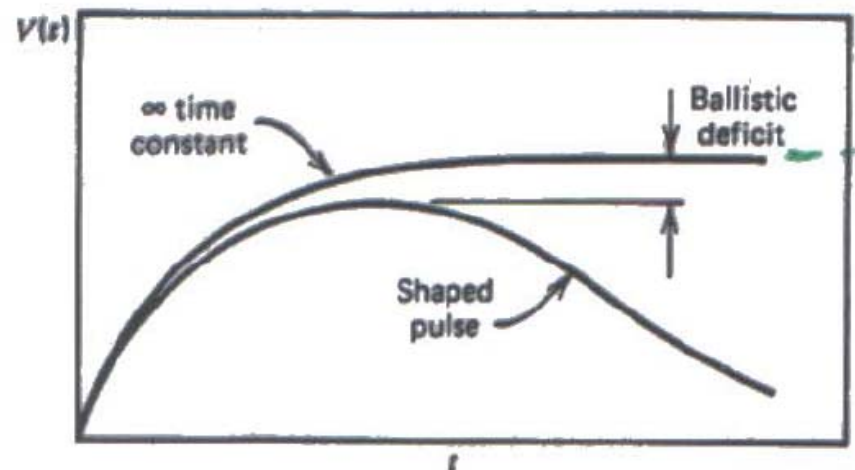
↳ correzione **POSSIBILE**

**Alimenti** degradazione della risoluzione (cont. prop., HPGe)

**ALTERNATIVA** Allungare  $\tau_R$  della formatura  
a discapito dell'ottimizz.  $\times S/N$  e pile-up

C'È UNA **CORRELAZIONE** tra "peaking time" e deficit balistico

↳ **TEORICAMENTE** posso correggere impulso  $\times$  impulso



## CONSIDERAZIONI SUL RAPPORTO S/N

- Il **RUMORE** è ogni fluttuazione indesiderata che appare sovrapposta ad un segnale. La **FWHM** non essere degradata da **N** e **B.F.**, che da **N** ad **A.F.**
- Le sorgenti di rumore più pericolose sono quelle che agiscono all'inizio della catena di lettura, quando l'impulso è più piccolo
- Il rumore generato al primo stadio viene amplificato **ASIMETRICAMENTE** ai seguenti  $\rightarrow$  sorgenti di **N** critiche nello stadio d'ingresso del pre

### RUMORE SERIE

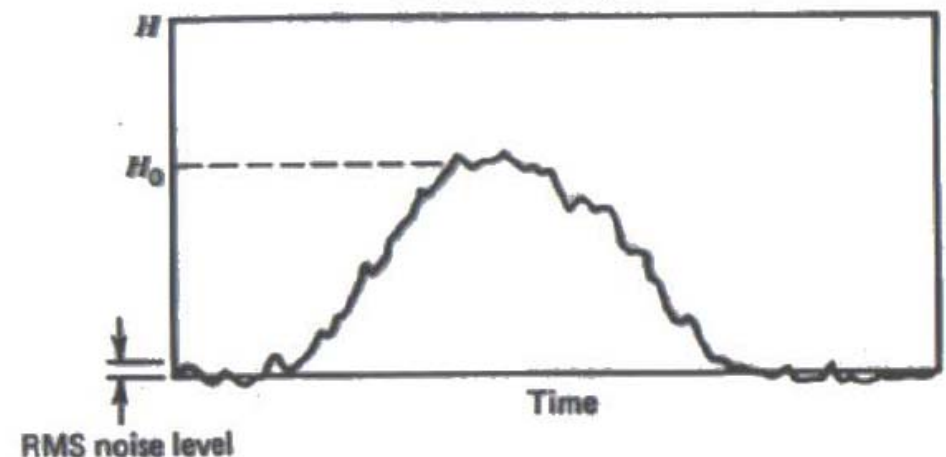
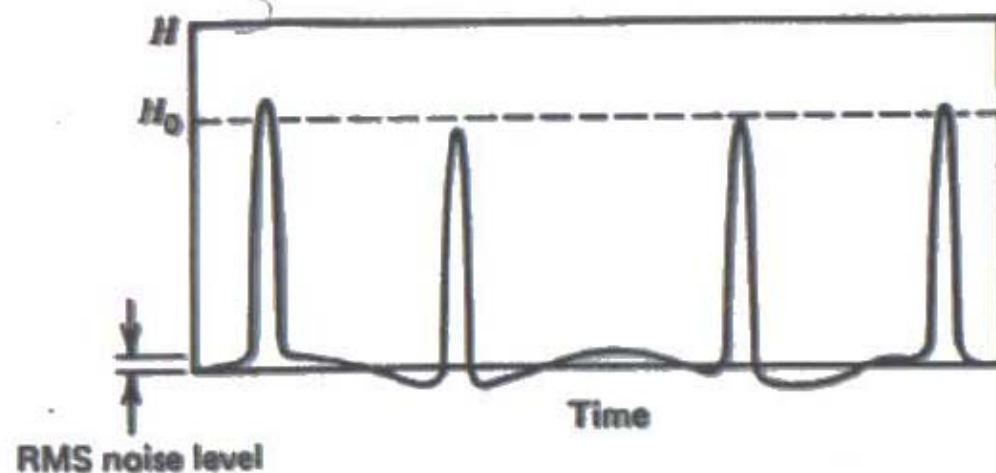
rumore Johnson di  $R$   
rumore termico del FET

### RUMORE PARALLELO

fluttuazioni della  $I_{leak}$

$\nwarrow$  **rumore BIANCO** (spettro in  $\nu$  molto ampio)  $\nearrow$

Low-frequency noise



Al segnale corrisponde una ben definita **BANDA DI FREQUENZE**

↳ **FILTRO PASSA BASSO** elimina le componenti ad A.F. del N  
**ALTO** B.F.

SENZA INTACCARE le componenti del segnale che portano l'informazione  
(PURCHÉ BEN SCELTI)

**Unità di misura del rumore** del pre e dell'amp : **ENC** in **elettroni**  
(che poi corrisponde ad una  $Q$  data in Coulomb)

**ENC** = è quella carica che posta in ingresso al pre dà in uscita  
una  $V$  pari alla  $V_{rms}$  dovuta al solo rumore

Fissato il rivelatore, l'ENC ci dice quanto vale la **FWHM [eV]**  
dovuta al solo rumore del pre-amp. lin.

Es  $FWHM [V] = 2.35 V_{rms}$

$$FWHM [elettroni] = 2.35 ENC$$

$$FWHM [eV] = 2.35 ENC \times E [eV/coppia]$$

## MICROFONISMO

VIBRAZIONI MECCANICHE CHE PRODUCONO PICCOLE FLUTTUAZIONI DELLA  $C_{in}$ , CREANDO UNA MODULAZIONE DEL SEGNALE IN USCITA

EFFETTI IMPORTANTI NEL RIVELATORE CHE RICHIEDE UNA  $C_{in}$  PICCOLA

RUMORE A BASSISSIMA FREQUENZA

→ SI PUÒ ALZARE IL CUTOFF DEL FILTRO PASSA ALTO

→ TEMPI DI FORMATURA PIÙ BREVI

## DIPENDENZA DEL RUMORE DAL TEMPO DI FORMAZIONE E DA C

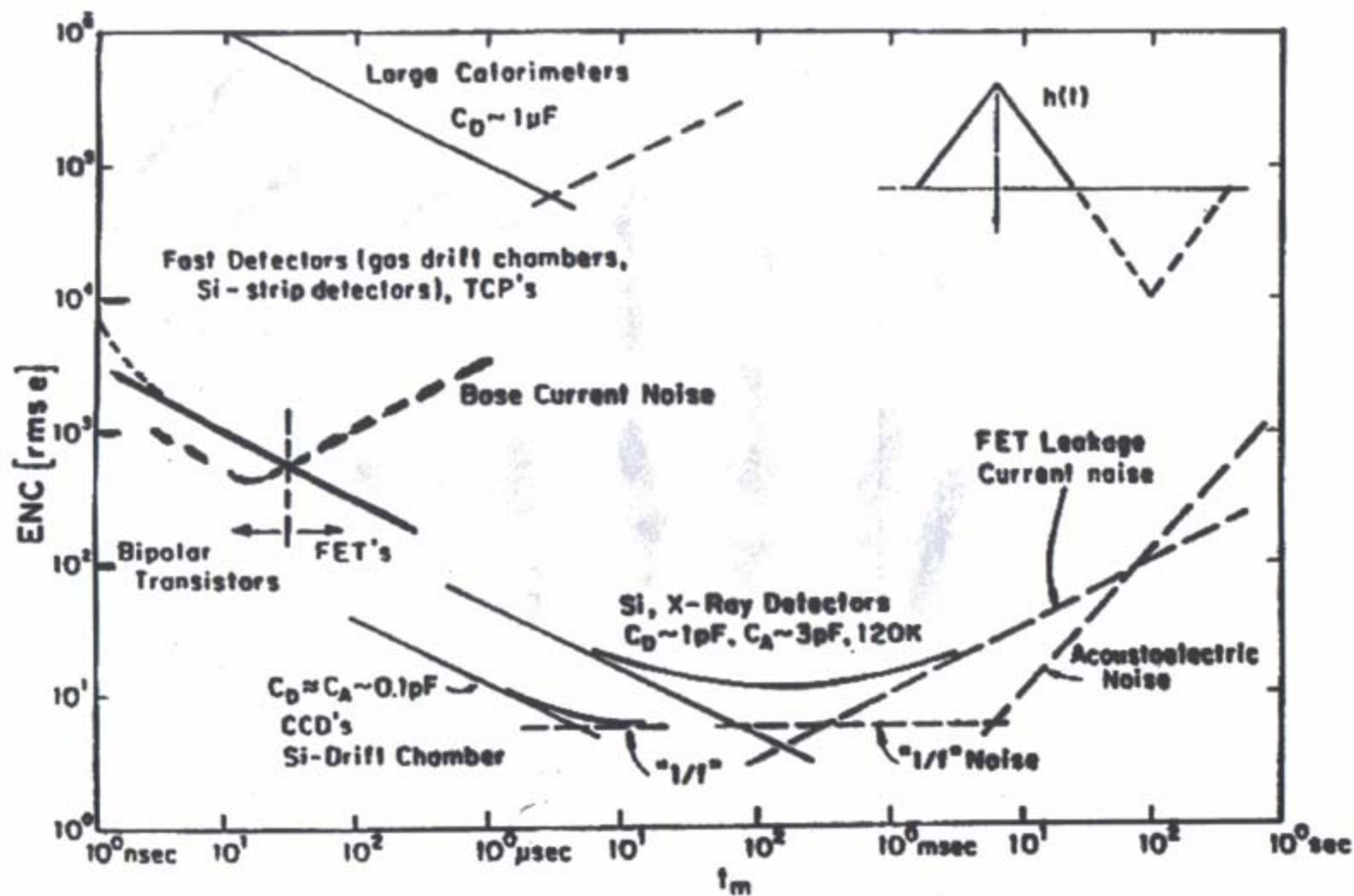
- SE AUMENTA IL TEMPO DI FORMAZIONE

diminuisce  $N_{serie}$

aumenta  $N_{||}$

(  $N_f$  INDIPENDENTE da  $t_{sh}$  )

- Si dimostra che  $N_{tot} = \sqrt{N_s^2 + N_{||}^2 + N_f^2}$  HA UN MINIMO  
per  $t_{sh}$  tale che  $N_{serie} = N_{||}$  (tipicamente 1-20 ns per Si e Ge)



Il tempo di formatura OTTIMO CRESCE se  $C_{data}$  CRESCE

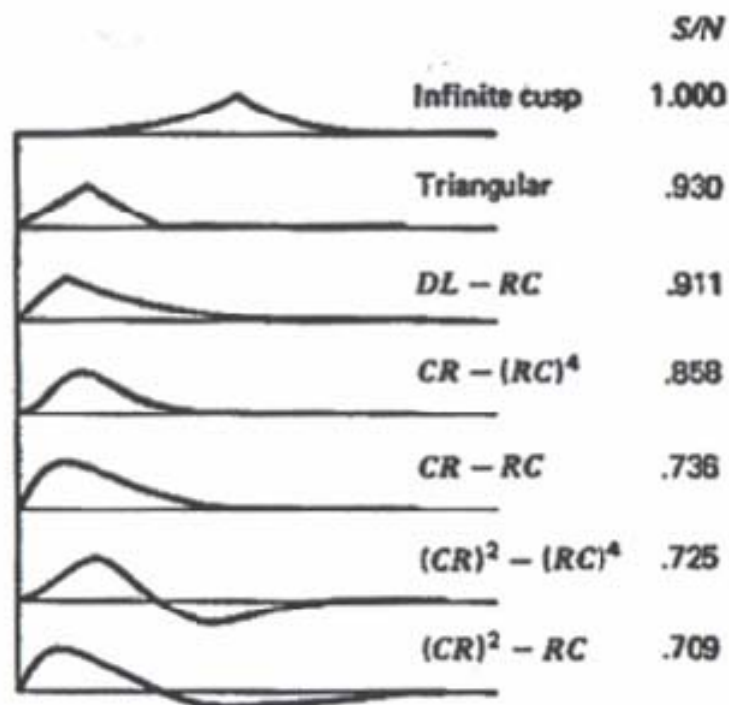
Effetti della formatura sul  $\gamma_N$  reali figura

BEST Cuspide  $\infty$  (o finita)

MA • Massimo a punta (difficile da misurare bene)

- punta  $\infty$  (o comunque MOLTO LUNGA)  
→ pb col pile-up

- Difficile da ottenere in pratica



## GATE LINEARE

- È un interruttore
- L'apertura del gate è controllata dalla presenza o assenza di un impulso di  $\Delta L$  al 2° ingresso quando al 1° ingresso si presenta un imp.
- Deve durare un po' di più dell'impulso
- Per una corretta sovrapposizione dei tempi a volte si ritarda il segnale
- Il livello BASSO del GATE (DC) può SOMMERSI all'impulso  
↳ : GATE IDEALI ce l'hanno a  $\phi$

Proprietà desiderabili

- bassa TRASMISSIONE a gate chiuso
- bassa NON LINEARITÀ
- scambio APERTO - CHIUSO veloce

## STRUTTORE D'IMPULSI

- Crea un segnale di forma STANDARD con  $A = A_{max}$  dell'impulso d'ingresso.
- Segnale x imp. VELOCI • STRETTI non compatibili con le richieste dell'ADC