

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 dim. 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 registrato

IMPULSI LINEARI

3 tipi principali:

- Veloci
- Lenti
- dopo formatura

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

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

- Durata complessiva dell'imp. \leq qualche μs
- S/N peggiore dei segnali LENTI
- Utile se c'interessano informazioni TEMPORALI
- Polarità data dall'alimentazione del rivel.

Impulsi LENTI ... $\tau_{caratt.}$ GRANDE

↳ salita dell'imp. data dal tempo di raccolta di carica data da $\tau_{caratt.}$ (\gg tempo di raccolta per evitare il deficit balistico)

↳ CODA LUNGA (\rightarrow "tail pulses")

- Ampiezze di segnale ALTE risp. agli imp. veloci
- Polarità $+0-$ (la più comune è la $-$)
- Parametri importanti: AMPIEZZA e RISE TIME (10% - 90%)

Impulsi dopo formattivo

E' un impulso lento con T_0 ridotta a pochi μs

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 $\leq 1 \mu s$

FORMA: 

Veloce

$t_{rise} \sim ns$ Attenzione alla RIFLESSIONE

→ matching INPUT, OUTPUT, COAX @ 50 Ω

POLARITÀ: -

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







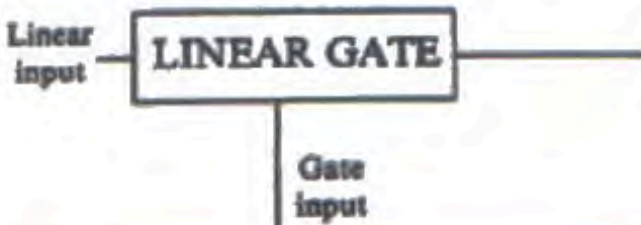
$(-14, -18) mA$ 1

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
	PREAMPLIFIER	Linear charge pulse from the detector	Linear tail pulse
	LINEAR AMPLIFIER	Linear tail pulse	Amplified and shaped linear pulse
	BIASED AMPLIFIER	Shaped linear pulse	Linear pulse proportional to amplitude of input pulse that lies above input bias level
	PULSE STRETCHER	Fast linear pulse	Conventional shaped linear pulse of amplitude equal to input pulse
	SUM AMPLIFIER	Two or more shaped linear pulses	Shaped linear pulse with amplitude equal to the sum of coincident input pulses
	DELAY	Fast linear or shaped linear pulse	Identical pulse after a fixed time delay
	LINEAR GATE	(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 Δt	Shaped linear pulse with amplitude proportional to Δt
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 τ (resolving time)
ANTI-COINCIDENCE		Logic pulses at two inputs	Logic pulse only if pulse appears at one input <i>without</i> pulse at second input within time τ
SCALER		Logic pulses	One logic pulse for every N input pulses

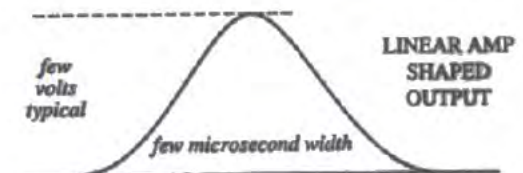
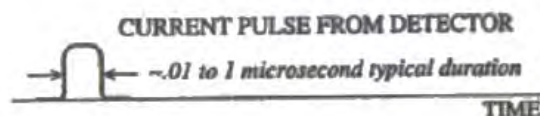
COMPONENTI COMUNI A MOLTE APPLICAZIONI

PREAMPLIFICATORI

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

IN TUTTI GLI ALTRI CASI: PRE

- Oss
- più vicino possibile (C_{cavo} piccola)
 - bassa R_{out} : $\tau \equiv R_o C$ con C spesso grande
 $\rightarrow \tau$ piccolo sse R_{out} piccolo
 \uparrow non vogliamo integrare il segnale!
 - alta impedenza d'ingresso R_{in} (x garantire la raccolta completa)
 - Non s'usa per la formatura
 - segnale in uscita di tipo "a coda lunga"
 τ_R più **COMTO** possibile compatib. con il tempo di raccolta
 $\tau_o \sim 50-100 \mu s$ CARATTERISTICO DEL PRE; si suincola dal tipo di riv. 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 $V_{in}^{MAX} = \frac{Q}{C}$

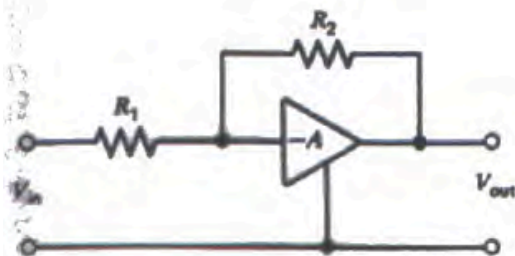
perché C sia costante $V_{out}^{MAX} \propto Q$ OK!!

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

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

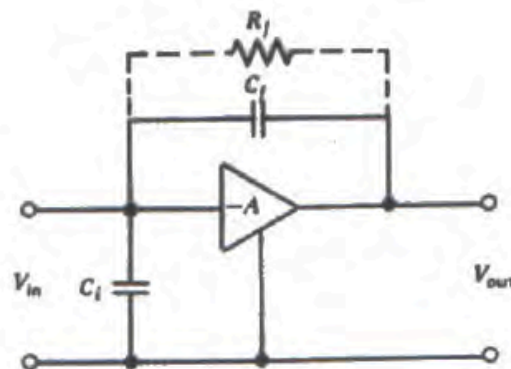
perché $A \gg \frac{C_i + C_f}{C_f}$

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



Assume $A \gg R_2/R_1$

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



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

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

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

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

TENSIONE DI POLARIZZAZIONE DEL RIVELATORE

Spesso fornita dal pre

2 configurazioni tipiche, a seconda che il pre sia accoppiato al riv.
in AC ① o in DC ②

Caso 1 - Rivelatore A MASSA

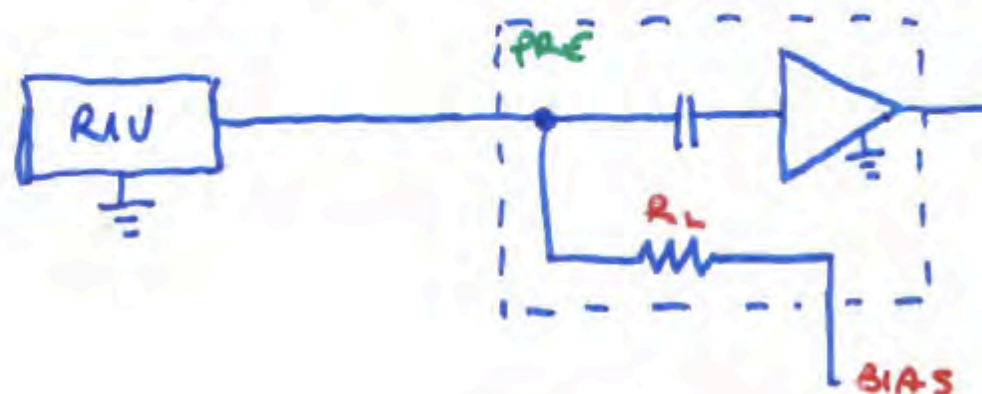
- 1 solo cavo x BIAS e SEGNALE

- $R_L C_i = \tau_R$

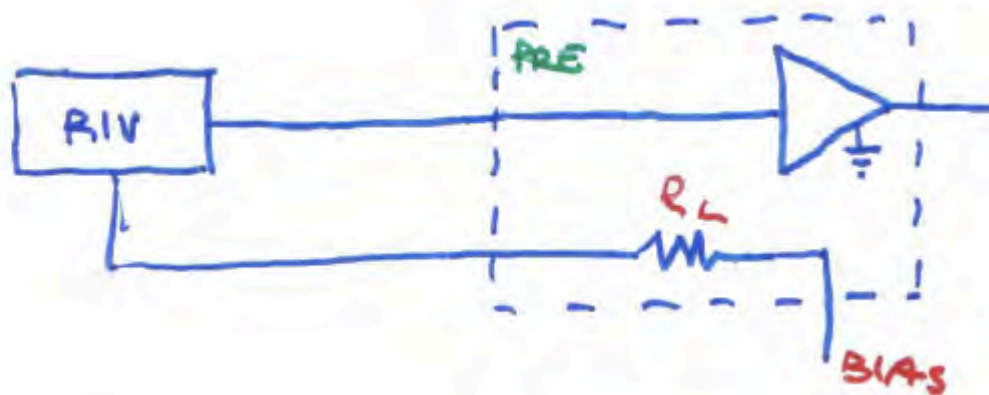
- $R_L \sim 1 \text{ k}\Omega$ MA NON OLTRE ($I_{\text{leak}} \rightarrow V_{\text{bias}}^{\text{reale}} < V_{\text{bias}}^{\text{nominale}}$)

↑
VALORE ALTO
PER RUMORE BASSO

↑
CADUTA DI TENSIONE
AI CAPI DI R_L



Caso 2 Se $C'E' R_f \rightarrow$ pboluti a V_{Rf}
 se **NON** $C'E'$ \rightarrow i gradini sono con pendenza +
 \rightarrow si raggiunge prima V_m
 \rightarrow maggior TEMPO RORTO



ATTENZIONE Alimentare il rivelatore SEMPRE molto lentamente
 (le V di transiente potrebbero uccidere il FET in ingresso)
 \rightarrow A VOLTE ; circuiti di protezione per sovratensione
 MA rumore aggiuntivo

CONSIDERAZIONI GENERALI

- Nella catena per il trattamento dei segnali, la sezione del pre è simile sia che venga usata per semiconduttori che per camere a gas

1^a diff. VALORE DI R_L $\begin{cases} > \text{ per n.v. a gas (} I_{\text{leak}} < \text{)} \\ < \text{ per n.v. a semic. (} I_{\text{leak}} > \text{)} \end{cases}$

2^a diff. CURA NELL'ISOLAMENTO DEL SISTEMA DI ALTA TENSIONE

$\begin{cases} > \text{ HPGe} \\ \text{camere prop} \end{cases} \text{ (H.V. } \sim 2-3 \text{ kV)} \quad \begin{cases} < \text{ Si} \end{cases} \text{ (H.V. } \sim \text{qualche } 100 \text{ V)}$

- I pre per SCINTILLATORI sono molto diversi (segnale dopo PM già alto)

Pre più GROSSOLANO, serve principalmente per **FISSARE ?**

ALTRIMENTI $\tau = RC$ con $R = \text{imp. d'ingresso della catena}$
 $C = \text{dato da LUNGHEZZE CAVI}$

\uparrow
NON NECESSARIAMENTE OTTIMO

Inoltre NON FORNISCONO LA TENSIONE DI ALIM. DELLO SCINTILL.

LIMITE SUL TASSO DI CONTEGGI CHE NON SATURA IL PRE

- Un pre può saturare per un impulso molto alto o a causa di forte pile-up (MEMO: gli impulsi in uscita al pre sono a coda lunga)
- Diminuire τ_p è bene (abbasso R_f) ma fa aumentare il rumore
- Se il pre è saturato $V_{out} \propto Q$, ma $V_{out} = V_m \forall$ impulso

CALCOLO r_m : ① Se il pre è accoppiato in DC $I_{sat} = \frac{V_m}{R_f} = \frac{E \cdot r_m}{E}$
 $\rightarrow E \cdot r_m = \frac{V_m E}{e R_f}$ LIMITE ENERGIA-RATE
legata quindi al rivelatore con cui il pre viene accoppiato tramite E

Es Un pre con $R_f = 1 \text{ G}\Omega$ e $V_m = 10 \text{ V}$ usato con un HPGe ($E = 3,96 \text{ eV/coppia}$) ha:

$$E \cdot r_m = 1.85 \times 10^5 \text{ MeV/s}$$

Cioè **SATURA** per $r_m = 1.85 \times 10^5 \text{ c/s}$ con $E = 1 \text{ MeV}$
ma anche per $3.7 \times 10^5 \text{ c/s}$ con $E = 0.5 \text{ MeV}$

② Se il pre è accoppiato in AC

$$V_m = \sigma_v \div E^2 \cdot r_m$$

LIMITE ENERGIA²-RATE
 \uparrow valore fornito come CARATTERISTICA DEL PRE

AMPLIFICATORE LINEARE

2 funzioni: FORMATURA e AMPLIFICAZIONE (100-5000)

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

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

SCELTA DELLA FORMATURA

Influenzata da rate di conteggio e riduzione $\Leftrightarrow \begin{cases} S/N \\ \text{defect bolistico} \\ \text{pile-up} \end{cases}$

imp. bipolari di larghezza
limitata

imp. unipolari abbastanza
lenti

Il tempo di formatura può essere ottimizzato in funzione della FWHM

- Il pre è normalmente alimentato dalla scheda dell'AMP. LIN.
con messa a terra COMUNE con lo chassis di quest'ultimo
Se ciò CREA PICK-UP o LOOP DI MASSA, conviene alimentare il
pre in modo INDIPENDENTE

Osservazioni

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

L'iniziale miglioramento in risol. aumentando τ_{sh} è dovuto a:

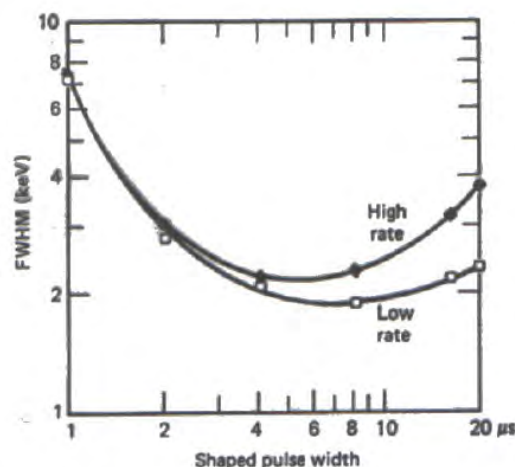
- diminuzione di deficit balistico
- riduzione del rumore serie

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

- maggiore sensibilità al rumore parallelo

RATE ALTO: Il minimo è a τ_{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 τ_{sh} molto piccoli



SULLA FORMATURA: per sistemi con **BASSA RISOLUZIONE**
BASSI RATE → QUALUNQUE FORMATURA
ALTI → DDL

per sistemi con **ALTA RISOLUZIONE**
BASSI RATE → FORMATURA GAUSSIANA
TRIANGOLARE
ALTI → BIPOLARE
oppure RISTABILIM. DELLA L. di B.
oppure INTEGRATORE A BARRIERA
(vedi Kndl)

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

↗ ≠ DA QUELLO PER IMP. NON SATURATI
↳ **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, τ_r, τ_d)
 - 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 SPESSO SEQUITO DA UNO "STIRATORE D'IMPULSI" (PULSE STRETCHER) PER RIDARE ALL' IMPULSO LA LARGHEZZA NECESSARIA PER L'ANALISI SUCCESSIVA

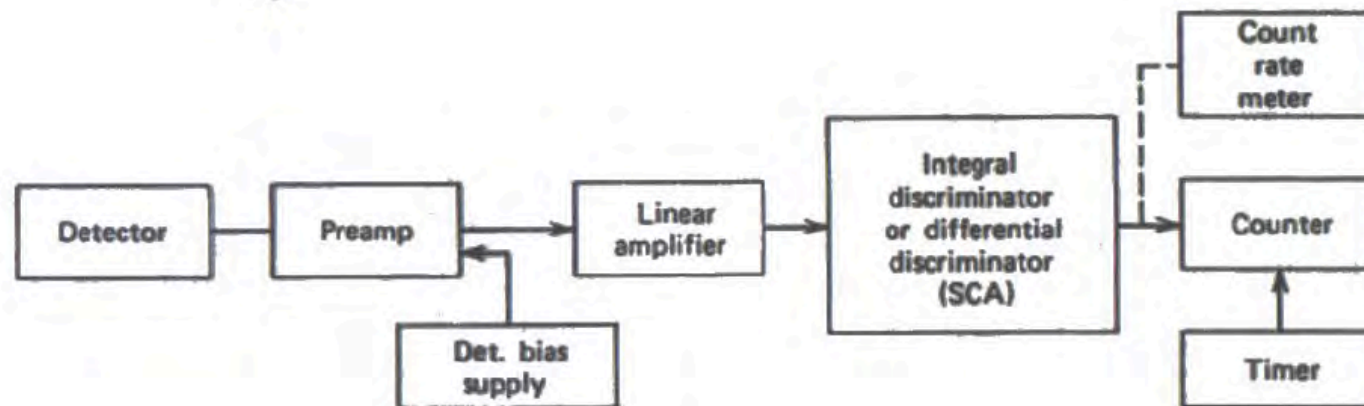
AMPLIFICATORE SOMMA o DIFFERENZA

Si definisce da sè

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

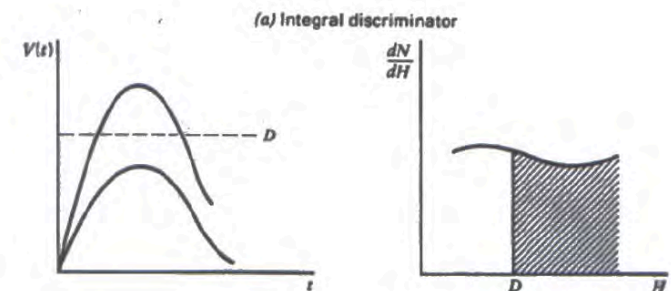
SISTEMI DI CONTEGGIO

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



DISCRIMINATORE INTEGRALE

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

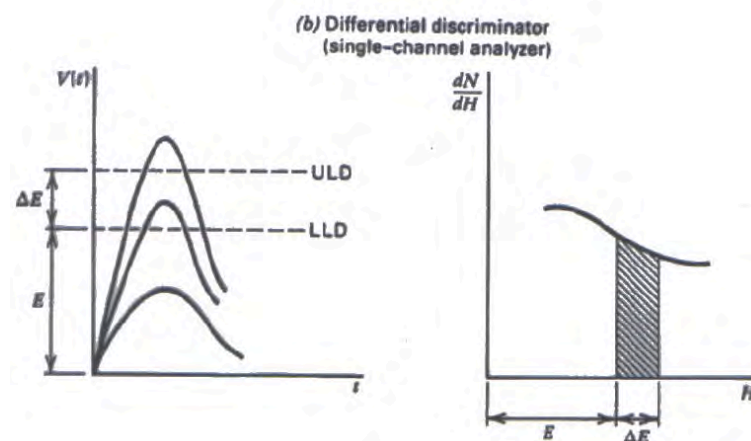


DISCRIMINATORE DIFFERENZIALE (SCA single channel analyzer)

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

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

NON CORRELATO TEMPORALMENTE con $V_{imp.}$ 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 Δt tra 2 imp. logici x siano contati ≠

↔ MASSIMO RATE DI CONTEGGIO ACQUISIBILE

TEMPORIZZATORI

Danno lo "start" e lo "stop". Sono sincronizzati:

- alla $\frac{1}{5042}$ di rete
- tramite un quarto interno

MISURATORE DI RATE

Si ottiene con un circuito tipo "pompa a diodi" (vedi Knoll)
La sua $\langle V_{out} \rangle \div r$ (in alcuni casi $\div enr$)

TEMPO MORTO NEI SISTEMI DI CONTAGGIO

- A volte il tempo morto è caratteristico del rivelatore (GTC tubes)
- Più spesso c'è un componente della catena che lo determina
- In una catena di CONTAGGIO tale componente è SPESSO il DISCRIMINAT. ($\sim 1-2 \mu s + (\Delta E)_{tot}$ dell'impulso)

MEMO Le correzioni al T.M. possono essere apportate SSE È COSTANTE

↳ se non lo è, usi FOR 24 con un gate lineare che blocca il sistema dopo ogni impulso per un TEMPO FISSO $>$ del T.M. di ogni componente

GATE LINEARE

- È un interruttore
- L'apertura del gate è controllata dalla presenza o assenza di un impulso di \overline{LE} 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 SOMMARSÌ all'impulso
↳ i GATE IDEALI ce l'hanno a ϕ

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

SISTEMI PER L'ANALISI DELL'ALTEZZA DEGLI IMPULSI

CONSIDERAZIONI GENERALI

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

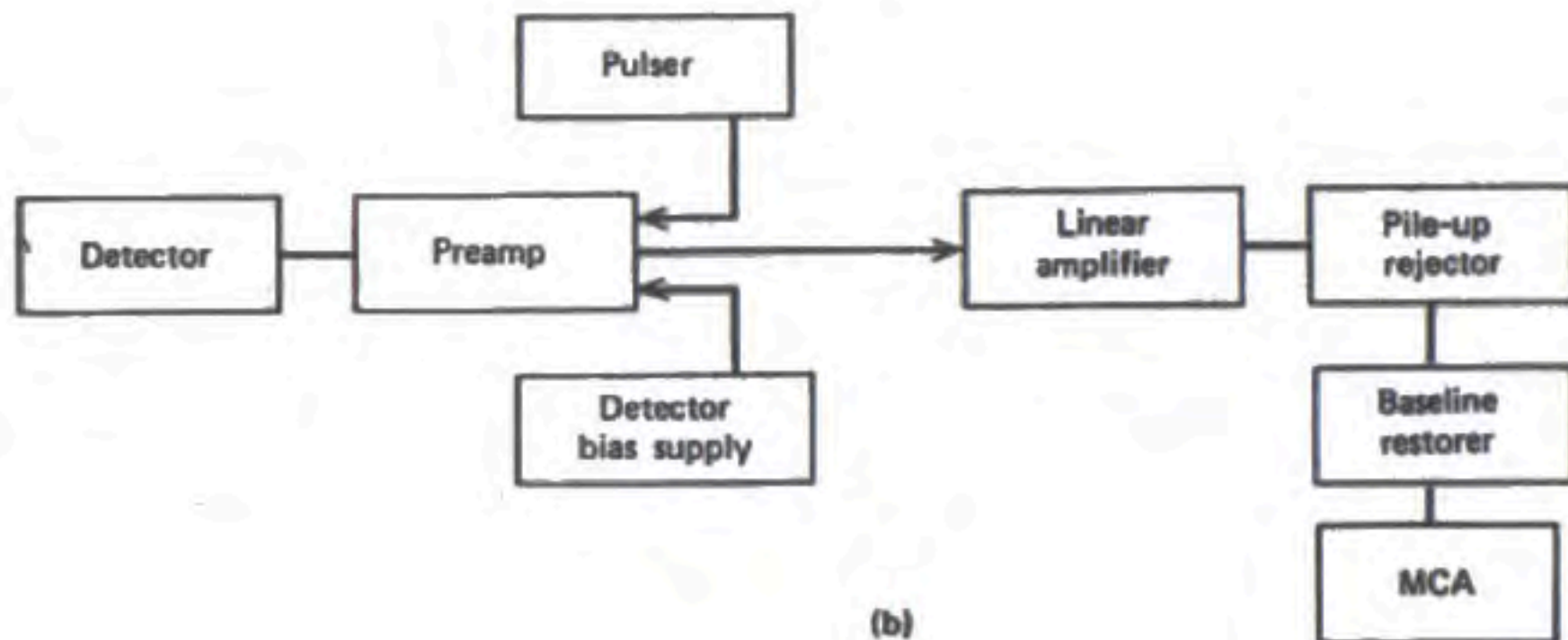
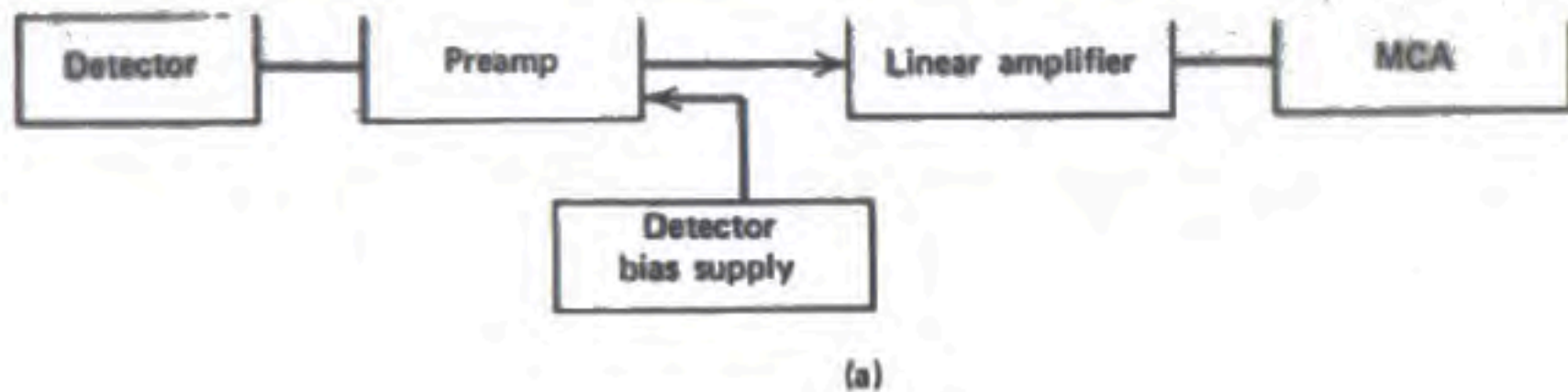
Componente PRIORITARIO: AMPLIFICATORE LINEARE

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

STRATEGIE \neq PER RATE \neq

Def. DUTYCYCLE $\equiv (Ae)_{imp} \times r$

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



DEFICIT BALISTICO

Se il tempo di raccolta delle cariche nel r.v. **SOSTANTIE**

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

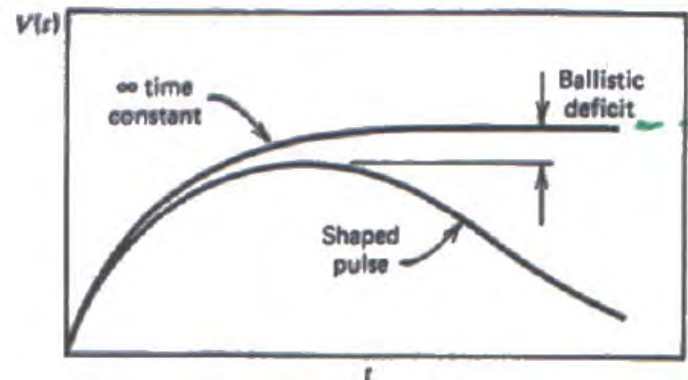
↳ correzione **POSSIBILE**

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

ALTERNATIVA Allungare T_R della formatura
a discapito dell'ottimizz. x S/N e pile-up

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

↳ **TEORICAMENTE** posso correggere impulso x impulso



CONSIDERAZIONI SUL RAPPORTO S/N

- Il **RUMORE** è ogni fluttuazione indesiderata che appare sovrapposta ad un segnale. La **FIDELTÀ** può essere degradata sia da **N** a **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 **ASSIEME** al segnale → sorgenti di **N** critiche nello stadio d'ingresso del pre

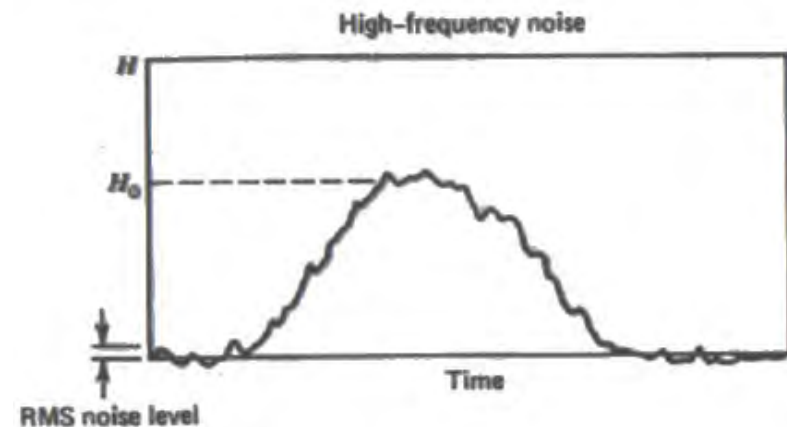
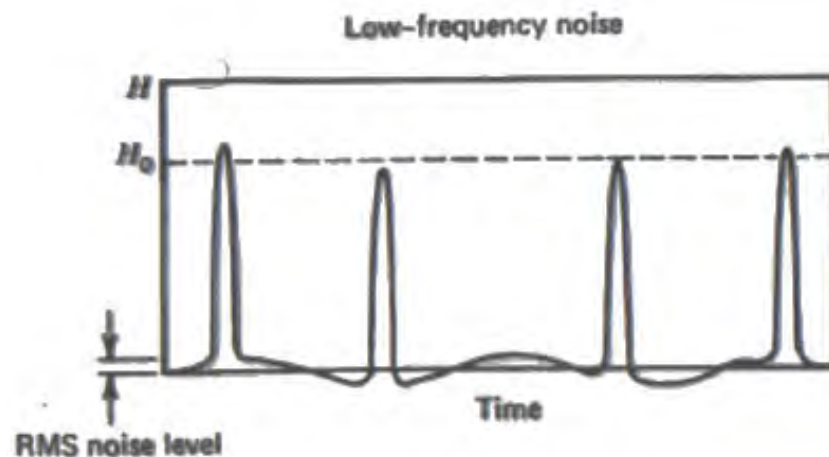
RUMORE SERIE

rumore Johnson di R
rumore termico del FET

RUMORE PARALLELO

fluttuazioni della I_{leak}

rumore **BIANCO** (spettro in ν molto ampio)



Ai 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 porta in ingresso al pre ed 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

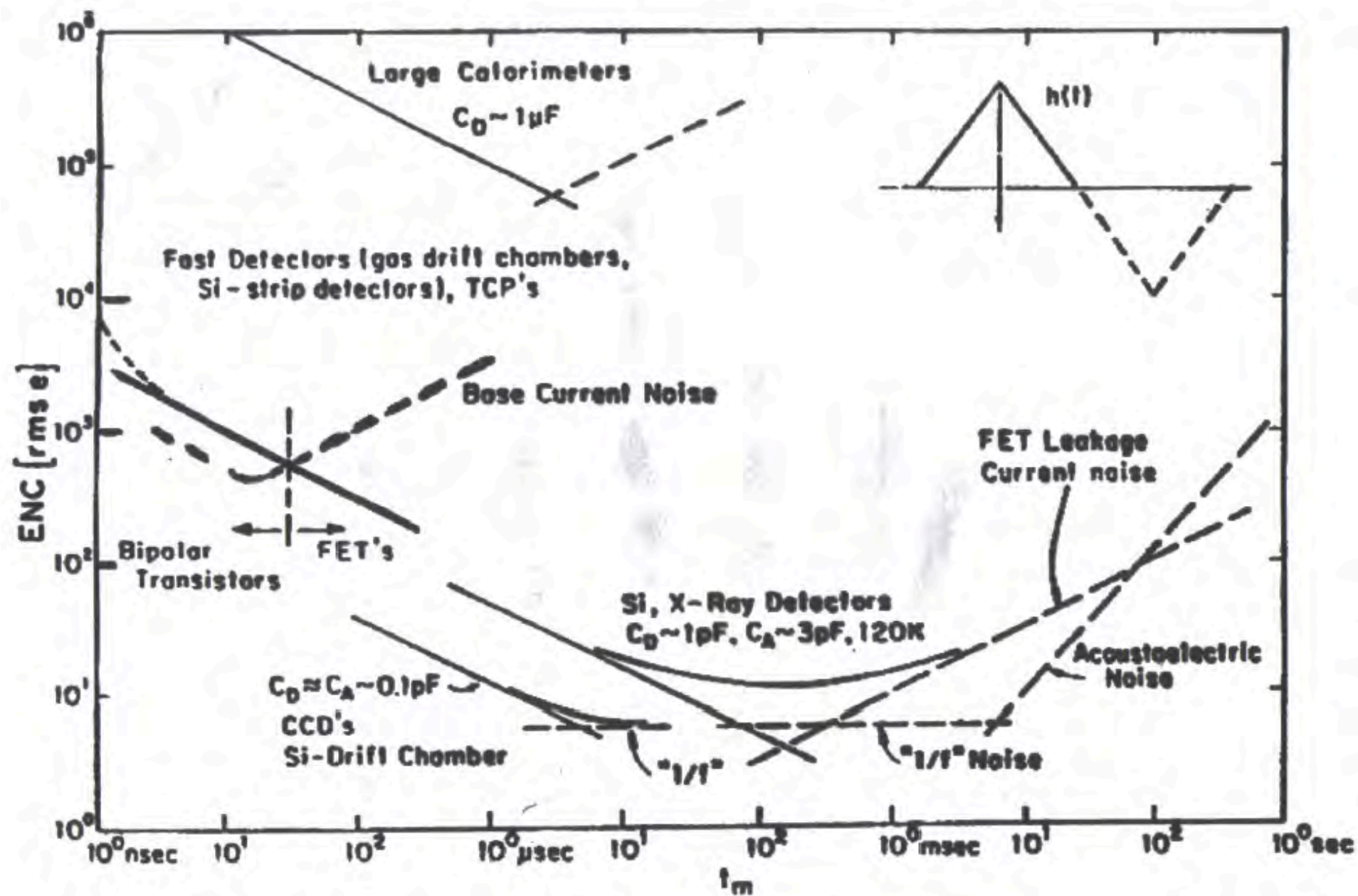
diminuisce N_{serie}

aumenta $N_{||}$

(N_{\perp} INDIPENDENTE da t_{sh})

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

Il tempo di formazione OTTIMO CRESCE se C_{det} CRESCE



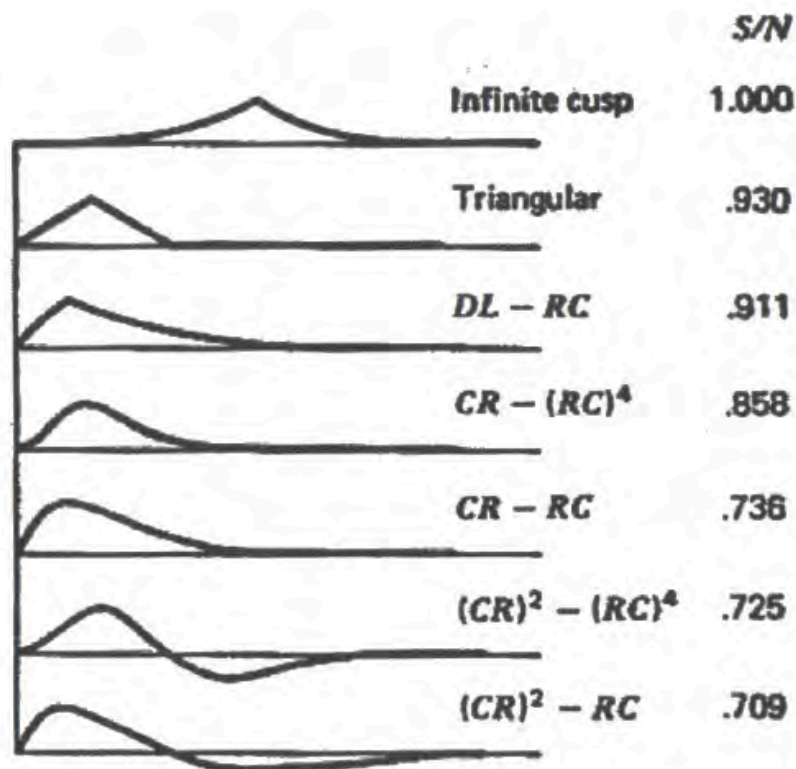
Effetti della formatura sul S/N vedi figura

BEST Cuspide ∞ (o finita)

MA • Massimo a punta (difficile da misurare bene)

• punta ∞ (o comunque MOLTO LUNGA)
↳ pb col pile-up

• Difficile da ottenere in pratica



RUMORE CARATTERISTICO DI UN PRE

Tipicamente quotato come FWHM dovuta al solo pre

Fortemente dipendente da C_i

$$E_s(\delta_i) \text{ pre da } 1.6 \text{ KeV se } C_i = 0$$
$$3.2 \text{ KeV} = 100, F$$

Noise pre spesso TRASCURABILE (eccezione: riv. a semiconduttore)

Contributo importante: RUMORE JOHNSON di R_f (res. di retroazione)

$N_{pre} \searrow$ se $R_f \nearrow$ e/o se $T(R_f) \searrow$
cresce anche τ ! \nearrow facile con riv. raffreddati \nearrow
code lunghe