

# TRATTAMENTO DIGITALE DEL SEGNALE

→ sistemi spettroscopici DIGITALI (HPGe grande volume e alti rate)

Essi forniscono

- le FUNZIONI DI AMPLIFICATORE (amplif. e formatura)

- la CORREZIONE AUTOMATICA DEL POLO ZERO

- il RISTABILIMENTO DELLA LINEA DI BASE

- il CONTROLLO DELLA STABILITÀ DI GUADAGNO

+ ...

PUNTO FONDAMENTALE: Velocità di campionamento dell'ADC

→ OCCORRE CAMPIONARE CON MOLTI PUNTI L'IMPULSO (anche sulla salita!) per preservare TUTTE le info. contenute nella FORMA DELL'IMPULSO

VANTAGGI ✓ Flessibilità nella scelta dei parametri per la formatura

✓ Possibilità di FORMATURE SPECIALI

✓ Stabilità

✓ Non introducono ulteriore rumore

✓ Linearità

✓ Possibilità di introdurre ritardi SENZA DISTORSIONI

SVANTAGGI Accuratezza temporale QUANTIZZATA → possibili problemi con informazioni temporali veloci

# ADC (Analog to Digital Converter)

È il 1° e più critico passo nel trattamento digitale del segnale

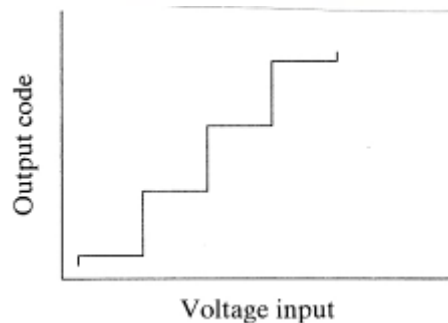


Le conversioni avvengono in **CONTINUA** ad una fissata **FREQ. DI CLOCK**

↳ UN CLOCK DA **10 MHz** PRODUCE **100 milioni** DI CAMPIONAM. AL SEC. (**100 MSPS**) cioè 1 campionamento ogni **10 ns**

**LINEARITÀ** La natura DISCRETA del numero DIGITALE fa sì che AD OGNI n. CORRISPONDA  $\Delta V$  ANCHE UN **V PRECISO**

**Lin. INTEGRALE** È LA MASSIMA DEVIAZIONE del plot di conversione **V-D** da UNA LINEA RETTA, espressa in % del range tot. dell'ADC



**NB** Le ADC usate negli MCA  
richiedono DNL minori  
ampiezza ottenuta con 1 SOLO PUNTO

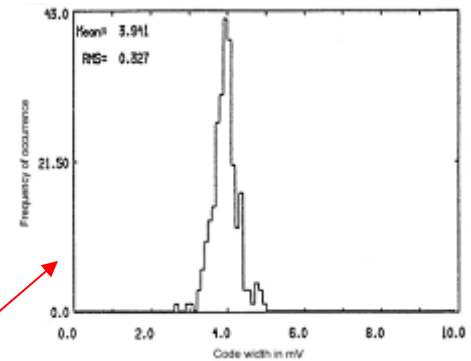
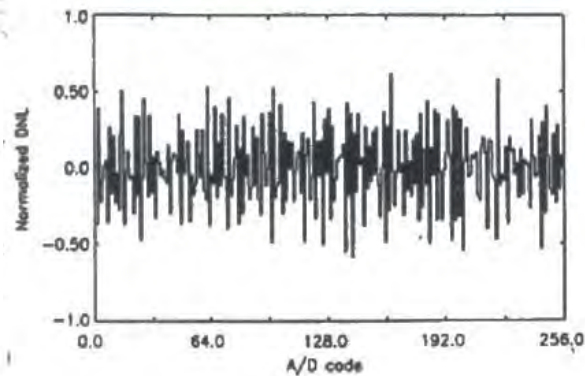
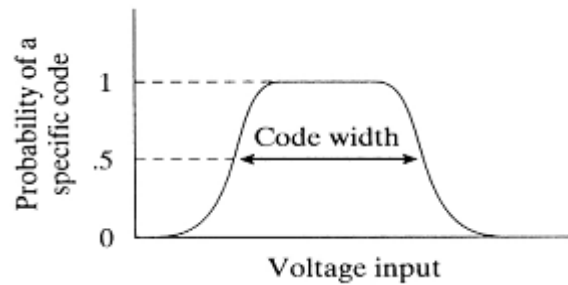


LIN. DIFFERENZIALE Definita in tanti modi differenti:

① È il valore + grande che assume  $DNL(k)$   $\forall k$

$$DNL(k) \equiv \frac{W(k) - Q}{Q} \quad \text{con } W(k) \text{ larghezza del can. } k$$

$Q$  larghezza IDEALE di ogni c.



② È la deviazione RMS delle larghezze di TUTTI i canali da  $\overline{W}$

③ Viene valutata così:

- ad ogni canale  $k$  corrisponde un certo  $V \pm \Delta V$  (e non  $V$ )
- Se un generatore di tensione fornisce in ingresso una RAMPA il più ideale possibile  $\rightarrow$  il n° di campionamenti della rampa a cui corrisponde lo stesso canale dovrebbe essere FIX
- Un plot n° campionam. registrati vs canale DOVREBBE ESSERE UN VALORE COSTANTE
- La deviazione MASSIMA (quotata in unità di bit meno signific.) È LA NON LIN. DIFF.

# IL FLASH ADC

~ SERIE DI COMPARATORI A SOGLIA con soglia via via più alta

↳ DIVISORE RESISTIVO con  $R_i = R_j \quad \forall i, j$

UN FLASH ADC da  $n$  bit richiede  $2^n$  comparatori

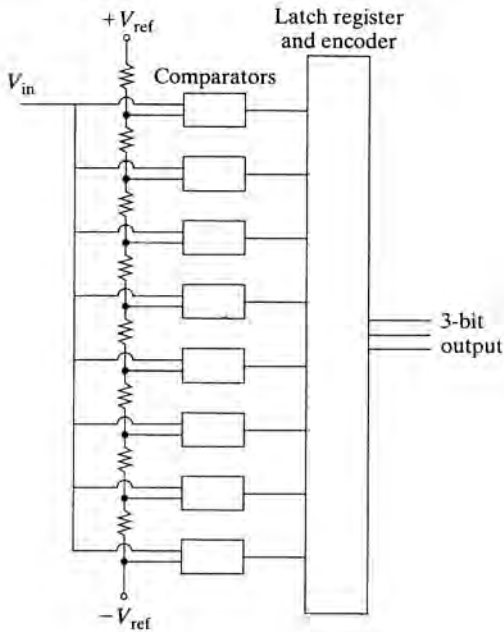
↳ max 10 bit (1024 ch)

$V_{in}$  presentata a TUTTI i COMPARATORI:  $V_{in} > \text{SOGLIA} \rightarrow 1$   
 $< \rightarrow 0$

IL PATTERN OTTENUTO LETTO DA UN REGISTRO ( $\rightarrow$  n. binario)

LA FREQUENZA DI LETTURA  $\rightarrow 1 \text{ GHz}$

DNL tendenzialmente SCARSA



**Table 17.2** Some Examples of Fast Analog-to-Digital Converters

Manufacturer	Model	Resolution [bits]	DNL [typ] [LSB]	Speed [MHz]	Power Consumption [mW]
Flash ADCs					
Harris Semiconductor	HI3246	8	0.5	120	340
	HI1166	8	0.3	250	1400
	HI1276	8	0.3	500	2800
Signal Processing Technology	SPT7750	8	0.9	500	5500
	SPT7760	8	0.9	1000	5500
Analog Devices	AD9048	8	0.3	35	550
	AD9020	10	1	60	2800

# ADC A MULTI PASSO

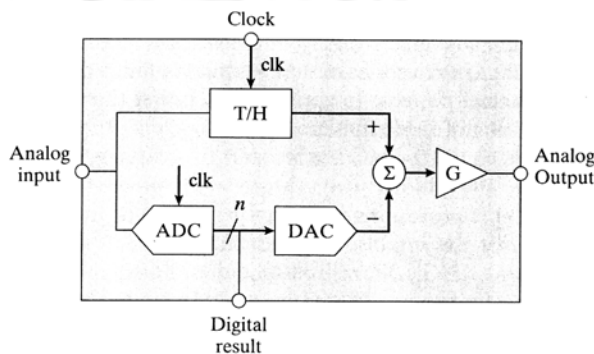
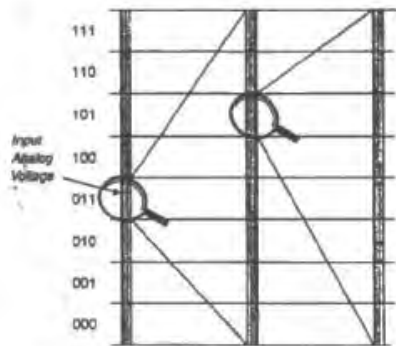
Seie di SCALE DI ESPANSIONE RIS.  $\uparrow$ , POTENZA  $\downarrow$ , FREQ. DI C.  $\downarrow$

Es (tip) n° a 9 bit (0-511) con  $8 \times 3$  comp. anziché  $2^9 = 512$

Seie di MODULI EQUIVALENTI SINCRONIZZATI con OUTPUT combinati e corretti da un BLOCCO LOGICO che dà OUTPUT FINALE

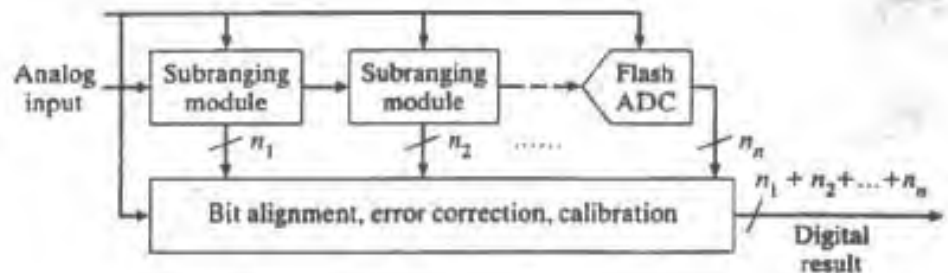
Il processo richiede tempo  $\rightarrow$  RITARDO TEMPORALE IN-OUT

Ris. MAX = 16 bit con clock a centinaia di MHz



Sub-ranging ("Multi-Pass or Pipelined") ADCs

Analog Devices	AD9283	8	0.5	100	90
	AD9051	10	0.75	60	250
	AD9224	12	0.33	40	415
Burr-Brown	ADS931	8	0.7	30	69
	ADS823	10	0.25	60	265
	ADS807	12	0.5	53	324
Harris Semiconductor	HI5714/8	8	0.4	80	325
	HI5766	10	0.5	60	320
Signal Processing Technology	SPT7861	10	0.5	40	160
	SPT7935	12	0.6	20	80





# FORMATURA E FILTRAGGIO DIGITALE

Filtri lineari  
costanti nel t

Filmaggio ANALOGICO = integrale di CONVOLUZIONE

$$S(t) = \int_{t-L}^t V(t') H(t-t') dt' \quad H = \text{funzione di risposta del sistema}$$

(con  $-L < t < 0$ )  
↑  
durata del filtro

Ma  $V(t) = V(i)$  segnale GIÀ DIGITALIZZATO

$$\rightarrow S(T) = \sum_{i=T-L}^T V(i) H(T-i) \quad \text{FILTRO DIGITALE}$$

Es Filtro trasversale

$$\begin{array}{cccccccccccc} H(3) & H(2) & H(1) & H(0) & & & & & & & & \\ & & & & V(0) & V(1) & V(2) & V(3) & V(4) & V(5) & V(6) & \\ S(0) = & V(0) & H(0) & & & & & & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccccccccc} H(3) & H(2) & H(1) & H(0) & & & & & & & & \\ & & & & V(0) & V(1) & V(2) & V(3) & V(4) & V(5) & V(6) & \\ S(1) = & V(0) & H(1) & + & V(1) & H(0) & & & & & & \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccccccccc} H(3) & H(2) & H(1) & H(0) & & & & & & & & \\ & & & & V(0) & V(1) & V(2) & V(3) & V(4) & V(5) & V(6) & \\ S(2) = & V(0) & H(2) & + & V(1) & H(1) & + & V(2) & H(0) & & & \end{array}$$

...

Il tempo di TRATTAMENTO del segnale resta suff. corto perché il filtraggio di un treno di campionamenti possa esser fatto in TEMPO REALE

Filtro adattivo Si campiona anche  $N$  → scelta di  $H \times \text{best } S/N$  IN QUEL MOMENTO PER QUEL SEGNALE

Stesso discorso per RATE VARIABILI (pile-up + o - importante)

## ANALISI DELLA FORMA DELL'IMPULSO

La FORMA dell'impulso può CONTENERE INFORMAZIONI:

- il tipo di radiazione
- la posizione SPAZIALE dell'evento
- interazioni singole o MULTI-COMPTON



ESTRAZIONE DELL'INFORMAZIONE DAI DATI DIGITALI (Algoritmi sofisticati)

SPESSE: tempi morti TROPPO LUNGI

→ IMP. DIGITALIZZATO, MEMORIZZATO E ANALIZZATO OFF LINE

## RISTABILIMENTO DELLA LINEA DI BASE

SI CAMPIONA LA L.d.b. → SOTTORAZIONE CORRETTA ALL'  $A_{MAX}$

Campionam.  $\Delta t_{imp}$  o  $\Delta t$  SCADENTE REGOLARI

Molti campionamenti (STATISTICA) in conflitto con  $\Delta t$  tra 2 impulsi

→ OTTIMIZZAZIONE A seconda del RATE e della NECESSITA'

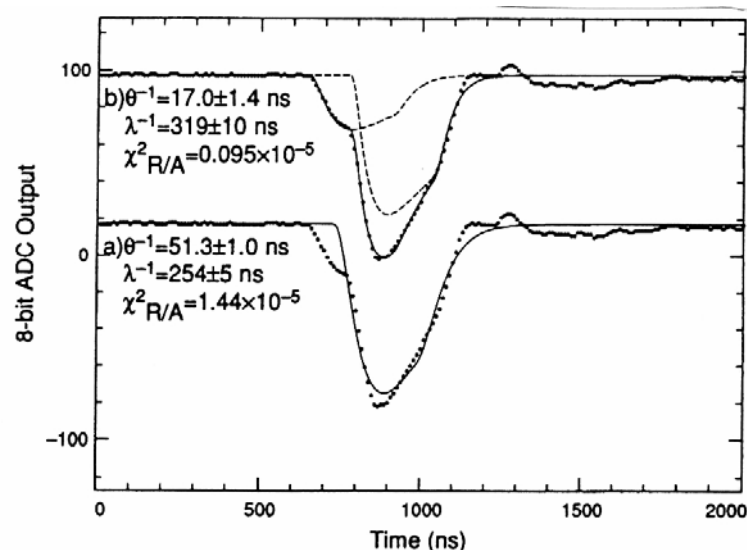
## DECONVOLUZIONE DI IMPULSI DI PILE-UP

Se impulso TOTALMENTE DIGITALIZZATO → • RICONOSCIM. PILE-UP

• DECONVOLUZIONE

ricostruisco i 2 imp. originali con  
procedure iterative di deconvolut. di impulsi sovrapposti

QUESTO TIPO DI ANALISI PUÒ ESSERE FATTA SOLO OFF LINE





## SISTEMI PER INFORMAZIONI TEMPORALI SULL' IMPULSO

I casi in cui il TEMPO DI ARRIVO è un PARAMETRO IMPORTANTE (principale)

↳ TRATTAMENTO DEL SEGNALE  $\neq$  DA QUELLO PER SPETTROSCOPIA

accuratezza della misura temporale

Dipende • DAL RIVELATORE (r di raccolta delle  $a_i$ , n° coppie prodotte)

• DALL' ELETTRONICA (range DINAMICO del sistema  $\equiv \frac{\text{MAX}(V_i)}{\text{MIN}(V_i)}$ )

 R piccolo  $\rightarrow$  tutto facile

R grande  $\rightarrow$  accuratezza temporale spesso sacrificata

## METODI DI ESTRAZIONE DELL' INFORMAZIONE TEMPORALE

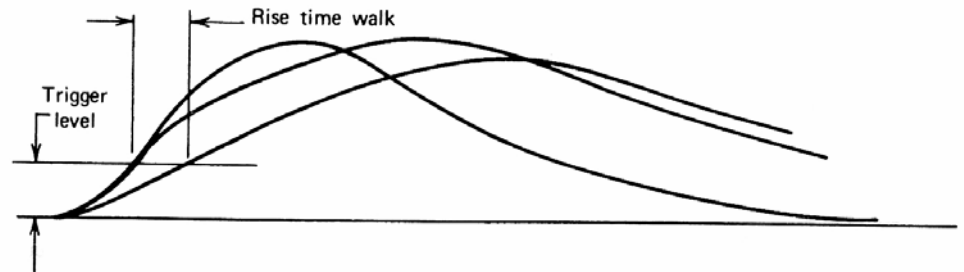
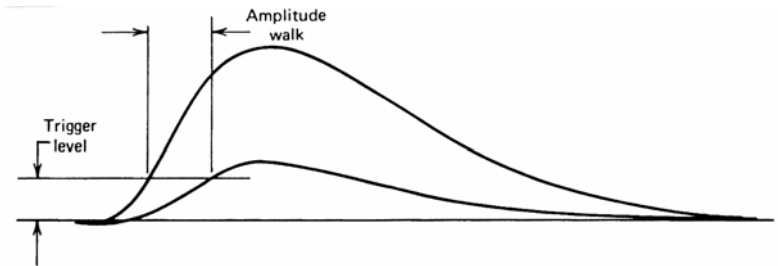
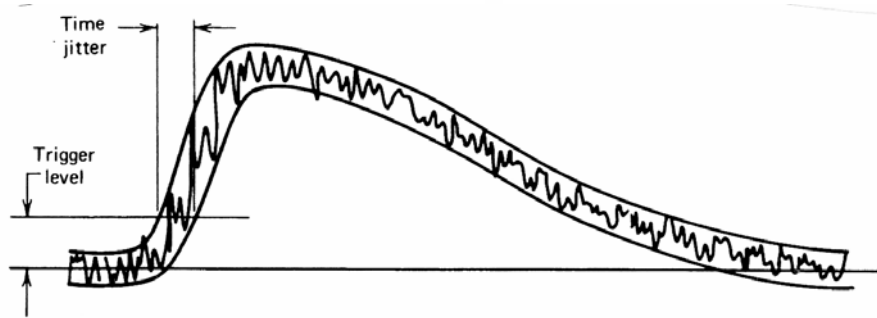
Unità di trigger (TIME PICK-OFF)

Genera un impulso logico la cui salita indica l'istante di arrivo al suo ingresso di un impulso lineare

Fattori che introducono incertezze sulla misura temporale

① PRESENZA DI **TIME JITTER** riguarda solo impulsi ad amp. costante.  
Sorgenti: fluttuazioni RANDOM nella DM. e FORMA dell'impulso  
ad es. dovute a RUMORE e/o STATISTICHE dei portatori  $\eta$

② PRESENZA DI **AMPLITUDE WALK** È dovuta alla VARIABILITÀ DI  $A_{max}$  degli impulsi in ingresso  
→ legata al **RANGE DINAMICO**



## ① TRIGGER SULLA SALITA DELL'IMPULSO

Fissa il momento in cui l'impulso SUPERA una certa SOGLIA FISSATA

OK se RANGE DINAMICO NON TROPPO GRANDE

fb del time jitter: l'errore AUMENTA se la pendenza della salita DIMINUISCE

amplitude walk: ANCHE MOLTO GRAVE

rise time walk: anche ad AMPIETÀ COSTANTI (l'istante di trigger può variare MOLTO con la FORMA dell'impulso)

Per i "walk" SOGLIE BASSE (imp. ~ tutti simili)

ma per il "time jitter" SOGLIA + ALTA (pendenza già elevata)

↳ COMPROMESSO: soglia a 10-20% di  $A_{max}$



## ② TRIGGER SULL'ISTANTE DI Crossover

Se l'imp. è BIPOLARE  $\rightarrow$  imp. con  $A_{max} \neq$  attraversano la l.d.b. allo STESSO ISTANTE

FILTRI CR-RC-CR  
o DDL

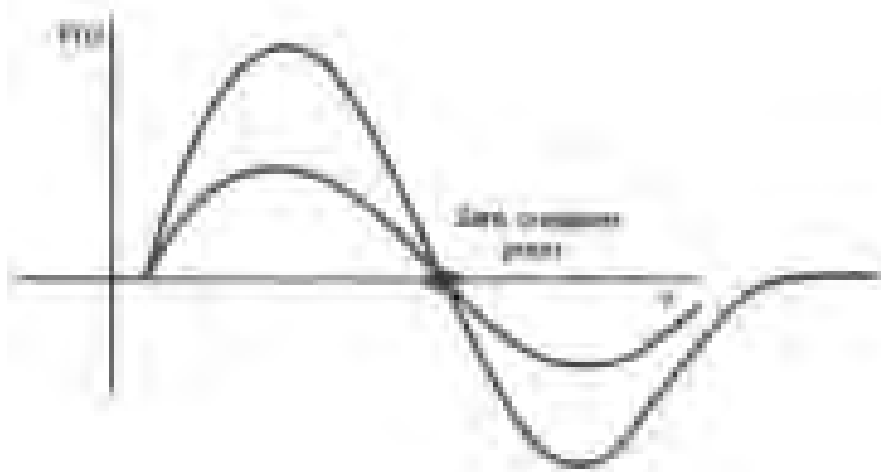
$\rightarrow$  AMP. WALK <  
TIME JITTER > (maggiore rumore  
maggiore flutt. stat. stoc.)

## CON SCINT. VELOCI

Segnale BIPOLARE VELOCE tramite SDL (cavo coax connesso all'anodo con una T)

$\rightarrow$  il crossover DIPENDE da  $L_{cavo}$   
NON DIPENDE da  $A_{max}$

Funziona BENE purché la forma degli impulsi non vari TROPPO



③ TRIGGER SU FRAZIONE COSTANTE DELL' AMPIEZZA

• e il RANGE DINAMICO è piccolo  $\rightarrow$  ① MEGLIO CHE ② (T.F. MINORE)

Se triggeriamo il segnale a  $f_{A_{max}}$  con  $f_{FIX}$  ci SINCOLIAMO DA  $A_{max}$

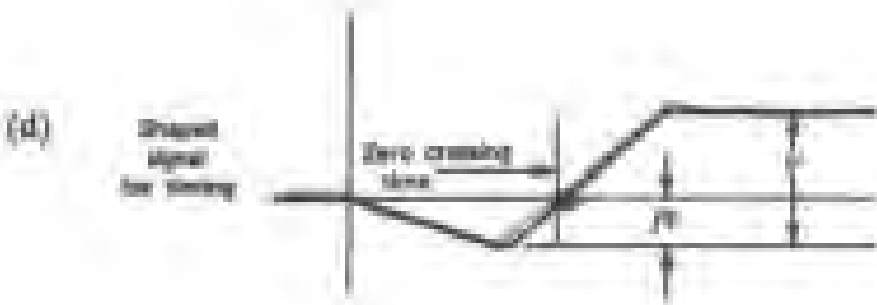
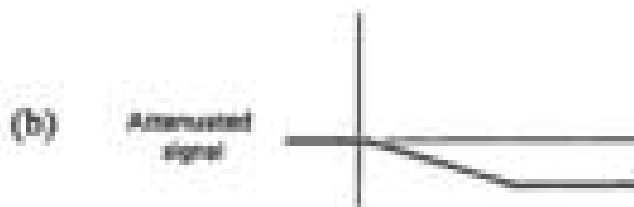
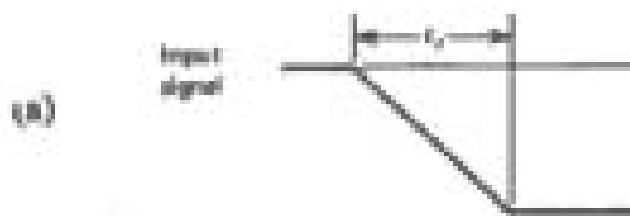
↳ NO "AMPLITUDE WALK"

Aurcha la FONIA ha sempre la stessa

OCCORRE • SODDPIARE  $V_{in}$  (a e b) a) INVERTIRLO E ALTARANDO ( $t_D > t_R$ )

b) MOLTIPLICARLO PER 6

- e poi SOMMARE a) e b); L'ISTANTE DI ZERO-CROSSOVER DA' IL TRIGGER



④ ARC TIMING (trigger con compensazione di slew rate e risetime)

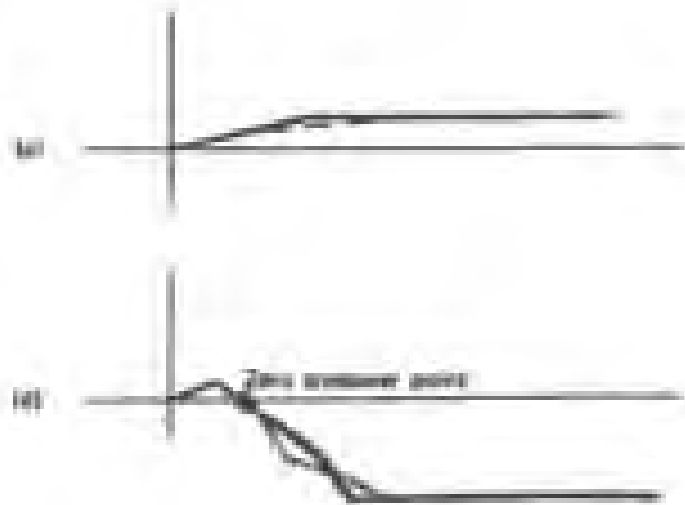
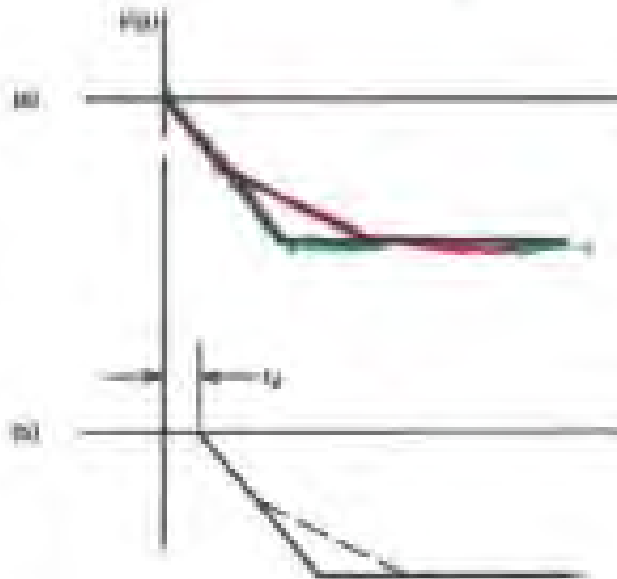
SE FORMA E/O RISE TIME VARIANO (HPGe!)

↳ ③ NON EFFICACE nell'eliminare l' "amplitude walk"

**Hip** La FORMA della salita sia COSTANTE almeno all'inizio

↳ • SDOPPIO IL SEGNALE 1) e 2)

- RITARDO 1) di  $t_D \ll t_R$  (velocità costante)
- INVERTO E ATTENUO 2)
- SOMMO 1) e 2) E USO LO "ZERO CROSSOVER" come istante da trigger





## ⑤ ELET TIMING (estrapolazione della salita)

Ancona per HPGe (rise time  $\neq$ )

Hip PARTE INIZIALE DELLA SALITA: **COSTANTE**, **LINEARE**

→ 2 DISCRIMINATORI A SOGLIA con  $\frac{S_1}{S_2}$  FIX →  $(\Delta t)_1$

• ESTRAPOLAZIONE INDIETRO →  $(\Delta t)_0$  →  $t_0$

QUESTA TECNICA UTILIZZATA DEI TAC

## ⑥ FPET TIMING (trigger del primo fotoelettrode)

Per gli SCINTILLATORI nel caso di richiesta di TRIGGER Istantaneo

L'unico rischio è triggerare impulsi di rumore

→ FUNZIONA SOLO con PH a bassissimo rumore

prob. di triggerare rumore  
"qualche" impulso vero **STATISTICAMENTE** molto piccola

## CONFRONTO FRA I VARI SISTEMI DI TRIGGER

① È IL MIGLIORE per imp. con RANGE DINAMICO PICCOLO  
e FORMA IMPULSO COSTANTE

③ È IL MIGLIORE ALTO  
COSTANTE

④ e ⑤ si usano per HPGe in cui il RISE TIME VARIA

Risoluzioni temp  $\neq$  per metodi  $\neq$  e rivelatori  $\neq$

THE BEST rivelatori con rise time VELOCE e COSTANTE  
e segnale ALTO  $\rightarrow$  SCINTIL. PLASTICI  
( $\rightarrow$  100 ps per imp. ALTI)

SCINT. INORGANICI: vis. temp  $\sim$  1-2 ns e RANGE DIN. PICCOLO

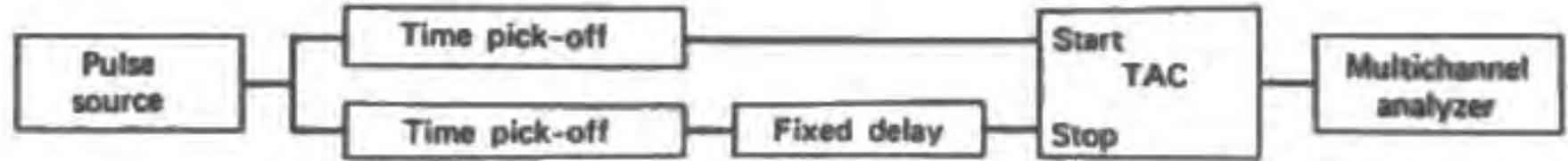
HPGe: 2-10 ns

# FIGURA DELLE PROPRIETÀ TEMPORALI

Spettroscopia temporale con MCA

TAC OUT con  $A \div \Delta t$  IN (start, stop)

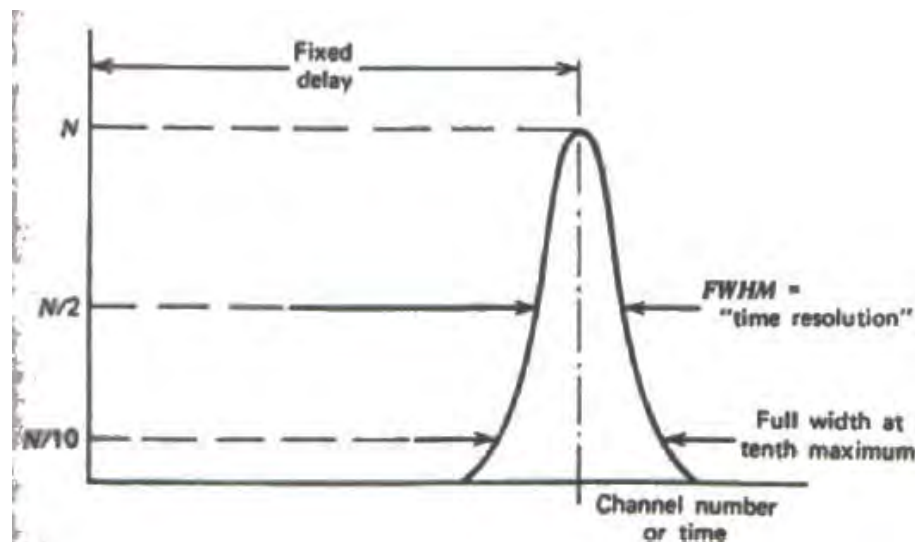
$\uparrow$   
MCA = spettroscopia temporale





## Misura della R.I.S. TEMPORALE di un sistema di misura

- Si SDOPPIA il segnale  $\rightarrow$  INPUT di 2 sistemi di trigger IDENTICI  
 $\rightarrow$  OUTPUT: 2 imp LOGICI IDENTICI
- Si RITARDA uno dei 2  $\times \Delta t$  FIX  $\rightarrow$  START, STOP di un TAC
- OUTPUT TAC  $\rightarrow$  INPUT MCA  $\rightarrow$  SPETTRO  
 $\rightarrow$  IN ASSENZA di t.f e/o w. 1 picco in 1 solo canale dell'MCA  
IN PRESENZA picco deformato  $\rightarrow$  GAUSSIANA  $\rightarrow$  FWHM  
r.i.s. temp. del sistema

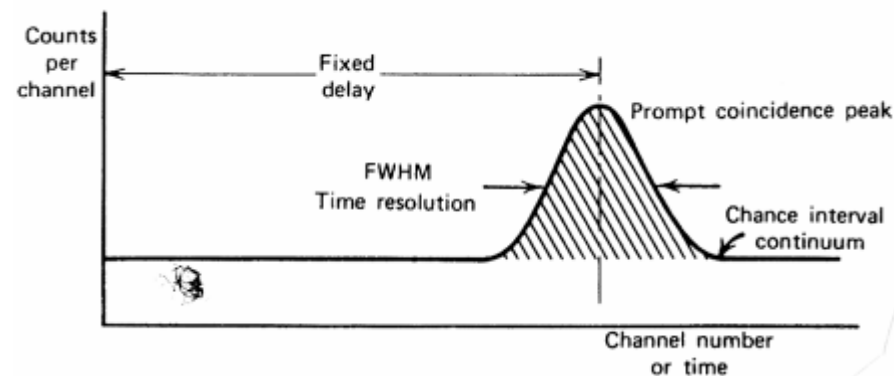
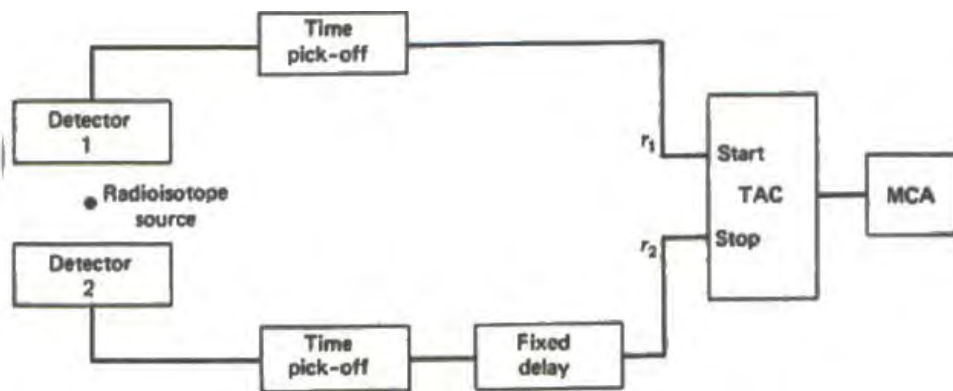


## Spettri di coincidente vere e casuali

Sorgente radioattiva che emette 2 quanti di radiaz. in COINCIDENZA

**Spettro** • 1 PICCO (coincidente prompt) spostato di  $t_f$  (Ritardo)  
L'AREA dà il n. di coinc. rivelate  
LA LARGHEZZA FWHM è una mis. della RIS. TEMP. di sistema  
Se il picco è ASIMM.  $\rightarrow$   $\neq$  fra le 2 catene (es:  $\neq$  ampl. u.)

- 1 CONTINUO dovuto ad intervalli VARIABILI di COINCIDENTE CASUALI entro il range temporale  $\Delta T$  del TAC, uniforme su tutto il range purché i rate  $r_1, r_2$  dei 2 rami non siano  $\gg \frac{1}{\Delta T}$



Nota bene: Se  $r_1, r_2 \gg r_c$  (rate di COINC. VERE) e  $r_1 < \frac{1}{\Delta T}$

↳  $r_1$  e  $r_2 \sim$  rate singoli dei 2 canali

Poiché:  $P(T) = e^{-Tr_2}$  dato uno START è la prob. che NON ci sia uno STOP entro un tempo  $T$

$dP(T) = r_2 dT$  ... lo STOP avviene tra  $T$  e  $T+dT$

↳  $r_1 r_2 e^{-Tr_2} dT$  è il RATE di COINC. CASUALI con  $\Delta t \in (T, T+dT)$

Se  $r_2 T \ll 1 \rightarrow e^{-Tr_2} \sim 1$  e  $\frac{dr}{dT} \sim r_1 r_2 \forall T$

larghezza  
temporale  
di un canale

nello spettro avrà un CONTINUO costante pari a  $r_1 r_2 \Delta T$

Come migliorare il rapporto  $\frac{\text{AREA PICO}}{\text{FONDO CONT.}}$

- migliorando la RIS. TEMP. singola di ciascun canale
- applicando CRITERI DI SELETT. IN AMPIEZZA nei 2 canali
- poiché le coinc. vere  $\div n$  (attività sorgente)  
canali  $\div r_1 r_2 \div n^2$   
↳ scegliendo  $n$  più piccolo possibile



## MISURE CHE UTILIZZANO UNITÀ DI COINCIDENZA

Nelle mis. prec. ANZICHÈ TAC + RCA posso usare <sup>unità di</sup> COINC + CONTATORE

TAC: 2 imp SEQUENZIALI (start stop)

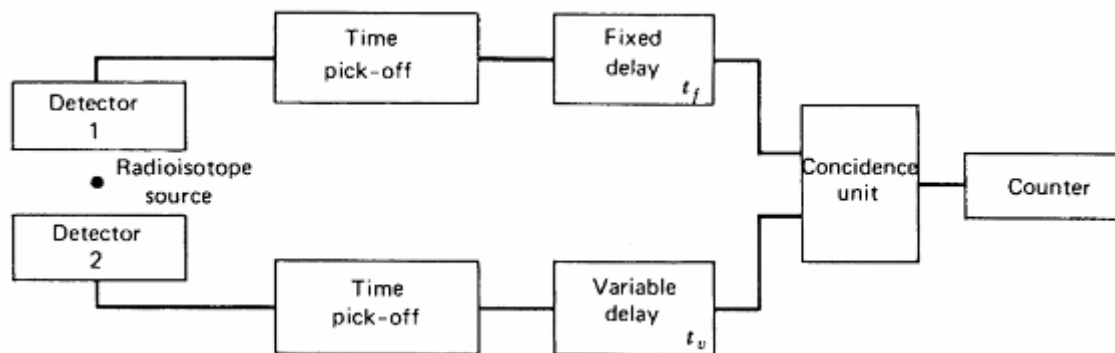
COINC.: 2 IN EQUIVALENTI  $\rightarrow$  OUT sse  $|\Delta t_{1,2}| < \tau$

- Shift del picco nello spettro: RITARDO FISSO  $t_f$

$\rightarrow (-\tau, \tau)$  DIVENTA  $(t_f - \tau, t_f + \tau)$

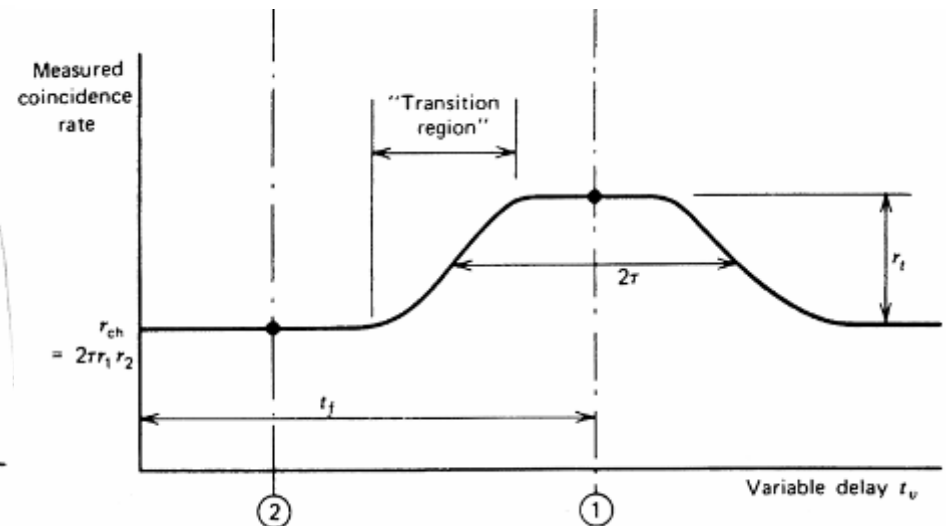
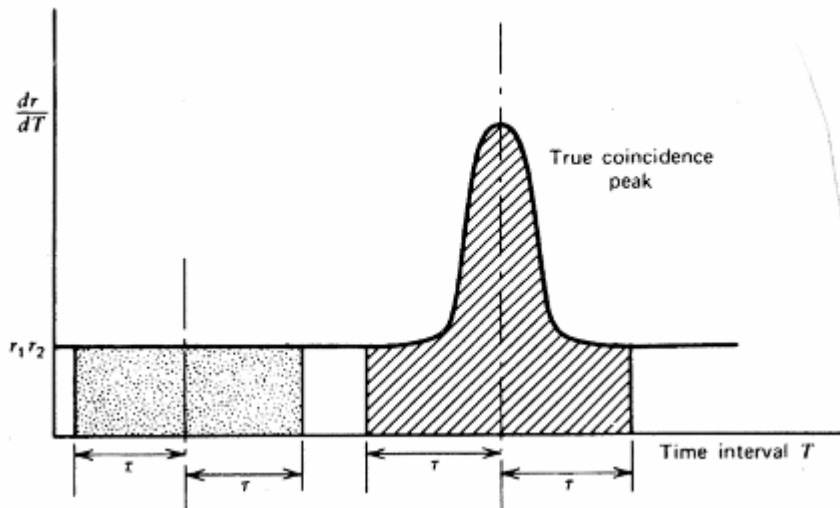
- SULL' ALTRO RAMO: ritardo variabile  $t_v$

$\rightarrow$  COINCIDENZA QUANDO  $\Delta t_{1,2} \in (t_v - t_f - \tau, t_v - t_f + \tau)$



larghezza temporale di 1 ch dell' MCA

- se  $\tau = \frac{\Delta T}{2}$  e  $(t_v - t_f) \leftrightarrow$  valore CENTRALE di 1 ch. dell' MCA  
 $\rightarrow$  rate osservato dall'unità di C. =  $r$  del ch dell' MCA
- serie di misure variando  $t_v$  a passi pari a  $2\tau = \Delta T$   
 $\rightarrow$  spettro = a quello registrato con MCA  
 (purché  $\tau \gg$  vis. temporale del sistema)
- Uso principale: misura di  $r_f \rightarrow \tau \gg$  vis. temp. sistema  
 $\rightarrow$  il rate = Area spettro  $\frac{dr}{dT}$  nella lin  $(t_v - t_f - \tau, t_v - t_f + \tau)$

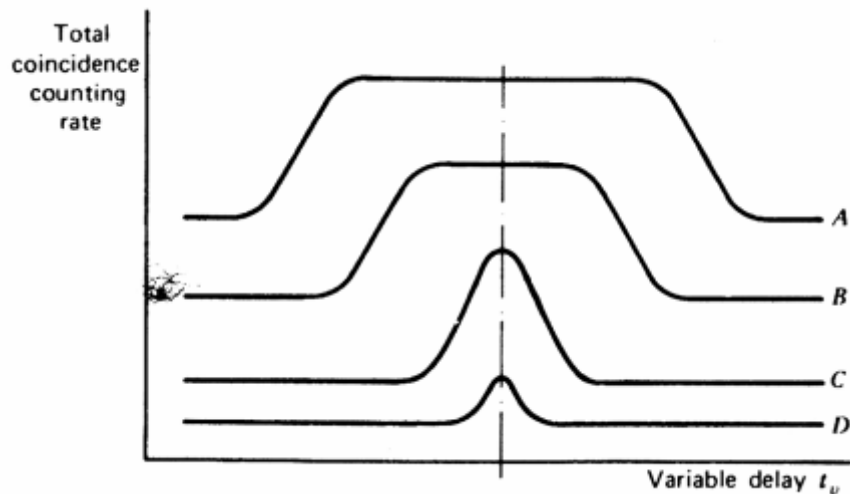


**Commento** Valore **MINIMO** di  $\tau$  x misurare  $r_t = \frac{1}{2}$  FWH alla base del picco nello spettro  $\frac{dr}{d\tau}(\tau)$

→ rate **GIUSTO** osservato solo per  $|t_v - t_p| = t_p$

Qualsiasi deriva temporale →  $r_{mis} < r_t$

→ scegliamo  $\tau > \tau_{min}$  (ricordando che  $r_{ch} \propto \tau$ !)  
 tipicamente  $\tau = n(\text{vis. temp.})$  con  $n \sim \text{poche unite}$





## CORREZIONI PER LE COINCIDENZE CASUALI

- Coincidenze a 2 - Formula matematica  $2\tau r_1 r_2$
- Misura a seguito di ritardo molto grande

Coincidenze multiple Molto + complicato. Ad es. le coine. casuali a 3 sono date da

- 3 imp. NON CORRELATI che CASUALMENTE arrivano entro il resolving time dell' U.d.C.  
 $\rightarrow r = 3\tau^2 r_1 r_2 r_3$
- 1 imp. casuale che capita ACCIDENTALMENTE in COINC. con una VERA coine. di 2 imp.  
 $\rightarrow$  NON PIU' VALUTABILE A PRIORI

$\rightarrow$  UNICA STRADA Valutazione Sperimentale del rate di coine. casuali multiple

## DETERMINAZIONE DI $\tau$

- Posso misurare  $r_{ch}$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  ed estrarne  $\tau$  da  $r_{ch} = 2\tau r_1 r_2$

Occorre assicurarsi dell' ASSENZA di coincidenze VERE;

- la sorgente NON DEVE avere quanti in COINC.
- Oppure si utilizzano 2 sorgenti  $\neq$  BEN SCHERIMATE
- occorre assicurarsi CONTRO il rischio di RAD. SCATTERATA

- Posso misurare la LARGHEZZA DEL PLATEAU. In questo caso la sorgente deve avere un'alta prob. di emissione di  $\gamma$  in coine.

## MISURE DI COINC. RITARDATE E DI ALTRI INTERVALLI

- ① Coinc. PROMPT in realtà dovute ad un dec. IN CASCATA con  $t_{1/2}$  (stato intermedio)  $\ll$  vis. temp. del sistema

↳ picco delle coinc. vere con CODA ESPONENZIALE sulla destra  
La misura della costante di t. di tale exp serve a calcolare  $t_{1/2}$

Si può - analizzare lo spettro del MCA temporale  
- usare l'unità di c. facendo uno "scanning" della regione d'interesse (METODO DELLA COINC. RITARDATE)

- ② Misure di spettroscopia di neutroni con T, O, F.

START = istante di prod. del n

STOP = istante d'interazione in un rivelatore LONTANO

Il  $\Delta t$  è una MISURA DEL T, O, F.  $\Leftrightarrow$  MISURA DELL'ENERGIA

## MISURE DI ATTIVITÀ ASSOLUTA DI SORGENTE CON COINCID.

Se la sorgente emette 2 QUANTI in coine, che possono essere distinti si può calcolare l'attività SENZA CONOSCERE  $E_{\alpha}$  e  $E_{\beta}$

Tip. 5 attività della sorgente, QUANTI in coine, NON CORRELATI

rio 1  $\rightarrow$  solo quanti di tipo 1  
2  $\rightarrow$  2

Trattamento dei segnali opportuno: unità di C. con res.  $t$ ,  $\tau$

Si misura  $r_1, r_2, r_{12} (\equiv r_t + r_{ch})$

cometti x il fondo  
ed il tempo morto

Vale che

$$r_1 = E_1 S \quad r_2 = E_2 S \quad r_t = E_1 E_2 S$$

Allora 
$$S = \frac{r_1 r_2}{r_{12} - r_{ch}} \leftarrow \text{questa quantità si misura introducendo un ritardo}$$
  
 $\gg$  A 0 VERO tra le 2 rivelat.



## PRATICAMENTE

- La richiesta di **NON CORRELATIONS** si ottiene misurando una delle 2 radiazioni su  $4\pi$

Tipicamente:  $\beta - \gamma$  con riv.  $\beta$  a  $4\pi$

riv.  $\gamma$  di angolo solido  $\ll$

ACCURATEZZA SU  $\delta \rightarrow 1\%$

La DIFFICOLTÀ sta nel richiedere che

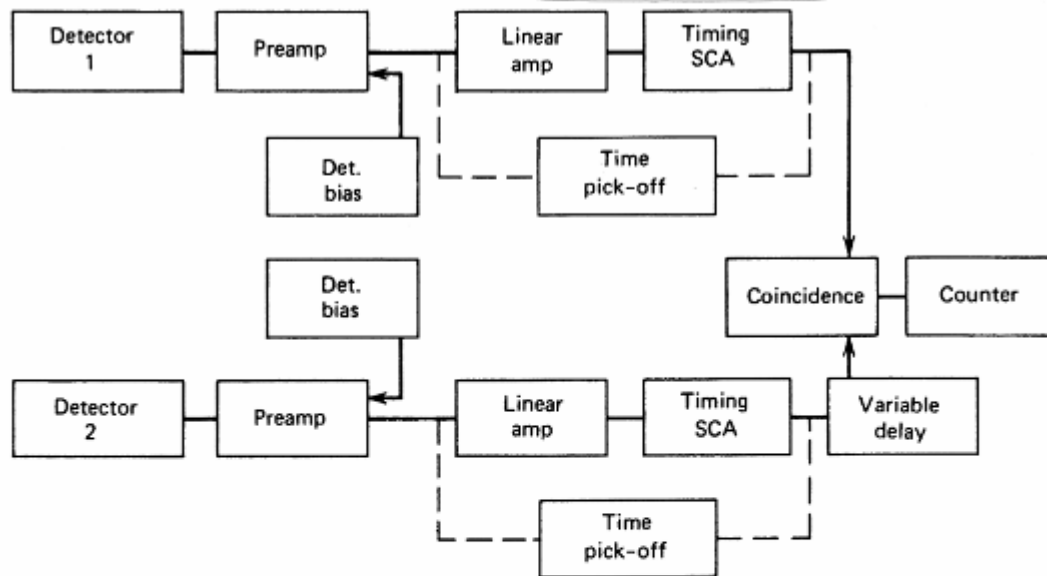
riv. 1 vede solo quanti di tipo 1  
2 2

→  $\gamma - \gamma$  QUASI IMPOSSIBILE

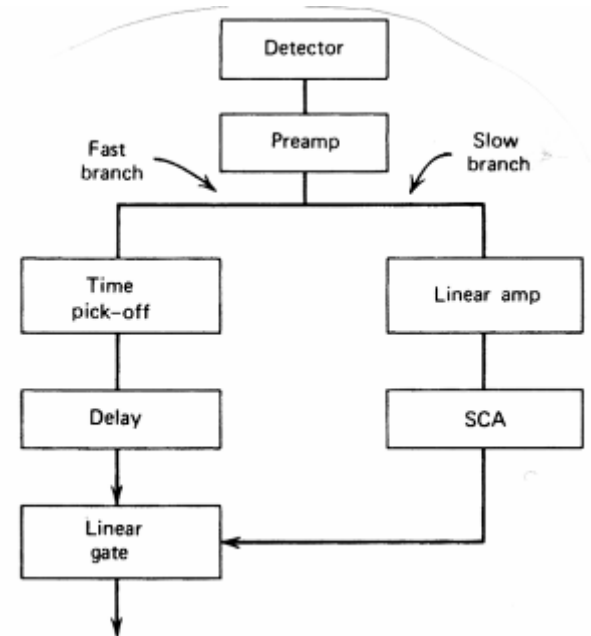
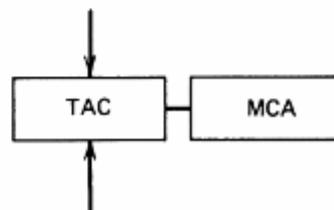
$\beta - \gamma$  DELICATO MA FATTIBILE

# STRUMENTI MODULARI PER MISURE TEMPORALI

La catena elettronica necessaria per misure temporali sarà  $\neq$  se, assieme ad esse occorrerà mantenere la possibilità di estrarre le informazioni di ampiezza del segnale, OPPURE NO



ALTERNATE SYSTEM FOR  
TIME SPECTROSCOPY:



## MODULO DI TRIGGER

**IDEALMENTE** subito dopo il rivelatore  $\rightarrow$  PEGGIORARE DI FWHM(5)

**Eccezione** scintillatore con PM con 2 uscite

ANODO

$$R_L = 50 \Omega$$

$$\tau_{caratt.} < t_{coll.}$$

imp. LINEARE VELOCE

inform. TEMPORALI

POLARITÀ -

DINODO

$$R_L \text{ tra DINODO e PARTITORE di V} >$$

$$\tau_{caratt.} \gg t_{coll.}$$

imp. LENTO con CODA

inform. di AMPIEZZA

POLARITÀ +

**NORMALMENTE** dopo il PRE e lavoro sulla SALITA dell'imp. a coda  
Se il pre NON HA INTEGRATO il segnale  $\rightarrow$  la SALITA rispecchia  $t_{coll}$

SE TRIGGER VUOLE FORMATURA  $\rightarrow$  POSTO DOPO FORMATURA

INTEGRATO NEL DISCRIMINATORE O SCA purché le richieste di performance non siano troppo strette, a vantaggio della n.b. in ampiezza, che non viene sacrificata



## UNITÀ DI COINCIDENZA

- Se il funzionamento si basa su un principio di sovrapposizione degli impulsi  $\rightarrow \tau$  dato dalla larghezza degli impulsi
- Se il circuito è sensibile solo alla salita del segnale e si può scegliere  $\tau$  indipendentemente.  $\rightarrow$  più flessibilità alle caratteristiche del rivelatore
- Spesso più ingressi di input (fino a 4) con possibilità di ON/OFF
  - $\hookrightarrow$  1 solo INPUT  $\rightarrow$  semplice CONTEGGIO DI RATE singolo
  - 2 segnali in INPUT  $\rightarrow$  COINCIDENZE A 2
  - 3  $\rightarrow$  3
- Almeno 1 ingresso per ANTICOINCIDENZA (utilizzo ovvio!)

## TAC (time-to-amplitude converter)

- È utile in connessione con gli MCA
- È però importante che la conversione sia LINEARE
- Il TEST DELLA LINEARITÀ richiede una linea di ritardo PRECISA E BEN NOTA  $\rightarrow$  fino a  $\approx 100$  ns: COAX con  $L \neq$  altrimenti metodi + complessi

## 2 TIPI DI TAC : A SOVRAPPOSIZIONE (A) START-STOP (B)

(A) - Agli impulsi di START e STOP sono associati dei  $\square$  STANDARD

- Nel convertitore vengono SOVRAPPosti e si misura L'AREA DI SOVRAPPOSIZIONE

- L'uscita in  $V \div$  tale area

- METODO MOLTO VELOCE MA BASSA LIN. ED ACCURATEZZA

↳ INTERESSANTE SOLO PER RATE ELEVATI

(B) - IL segnale di START fa partire una qualche azione (ad es. la carica di un C con sorgente di I costante)

- Il segnale di STOP interrompe l'azione

- Ai capi del C avrà una RAMPA DI TENSIONE il cui  $\Delta V \div \Delta t$

↳ MIGLIORE LINEARITÀ

## TDC (Time-to-digital Converter)

Non ha SENSO passare da imp. LOGICI ad ANALOGICI (TAC) per n' digitalizzare tali impulsi con l'ADC dell'MCA

↳ SI TRASFORMA LA DURATA DELL'IMP. RETTANGOLARE IN UN  $GATE$  PER L'USCITA DI UN CLOCK A FREQUENZA COSTANTE

**LIMITE:**  $V_{MAX}$  a cui più imp. del clock possono essere ACCUMULATI E CONTATI,

↓  $1 \text{ GHz} \Leftrightarrow 1 \text{ ns} \rightarrow \Delta t \lesssim 100 \text{ ns}$  con  $E \sim 1\%$ .

Ma  $\Delta t \sim 20 \text{ ns}$  con  $E \sim 5\%$

**ALTERNATIVA** Si "stima" l'impulso temporale ...



## SISTEMI DI RITARDO

- SULLA SCALA DEL  $\mu\text{s}$   $\rightarrow$  COAX
- $> 100 \mu\text{s} \rightarrow$  ~~COAX ( $> 30\text{m}$ )~~
- FINO A QUALCHE  $\mu\text{s} \rightarrow$  COAX SPECIALI purché  
segua GIÀ FILTRATO in AF  
(altrimenti distorsioni troppo imp.)
- A VOLTE INCORPORATI NELL'AMP. LIN.
- Per ritardare IMP. LOGICI (non contengono info nella loro FORMA)  
si può usare una RAMPA di V:
  - START segnale in ingresso
  - STOP la rampa raggiunge una certa SOGLIA
  - OUTPUT segnale identico all'INPUT passato all'istante di STOP



## AMPLIFICATORI A BANDA LARGA E FILTRI TEMPORALI

Se l'informazione temporale è DEFINITIVAMENTE PRIORITARIA

↳ **AMP. A BANDA LARGA** (accoppiati in DC e senza tagli AF)

↓  
amplificano senza **FORMATURA** del segnale, in particolare se esso è di tipo **LINEARE VELOCE**

es Impulso da uscita **ANODICA** di un PM

A volte può essere prevista una **FORMATURA**

ma con  $\tau_{\text{caratt.}} \ll \tau_{\text{tipico}}^{\text{AMP. LIN.}}$   
(es: 100 ns)

Si ottengono impulsi con **RISETIME** più veloci e larghezza dell'impulso inferiore

SI HA UNA **PERDITA NELLA RIS. ENERGETICA** ( $S/N$  peggiore)

# PULSE SHAPE DISCRIMINATION

- Anche la FORMA di un impulso può contenere INFORMAZIONI (ad es sul profilo temporale di raccolta delle cariche)
- L'IMPULSO VELOCE LINEARE contiene questa info. in TUTTA LA SUA DURATA
- L'IMPULSO LENTO (a coda) ha tale info. SOLO NELLA SALITA

$$\rightarrow \text{PSD} \equiv \text{RTD}$$

## IL PSD È UTILE:

- 1) nella DISCRIMINAZIONE contro il fondo  $\alpha$  negli scint. organici usati come rivelatori per  $n$  veloci
- 2) nel RICONOSCIMENTO del tipo di particella in alcuni scint. inorganici (come il CsI(Tl))
- 3) nella DISCRIMINAZIONE fra particelle a range breve vs lungo nei contatori proporzionali
- 4) nell'ELIMINAZIONE di impulsi spuri in Ge e Si
- 5) nella REIEZIONE di pile-up

## 2 APPROCCI POSSIBILI:

- Metodi elettronici per sentire la differenza di risetime
- Produzione di un segnale basato sull'integraz. dell'input in ingresso su 2 periodi temporali  $\neq$

## MISURE DI RISE TIME

(A) con 2 DISCRIMINATORI TEMPORALI di frazione costante  $f_{1,2}$  di  $A_{max}$   
(se  $f_1 = 10\%$  e  $f_2 = 90\%$ ,  $\Delta t(f_1, f_2) \equiv$  RISE TIME dell'impulso)

(B) con il METODO DEL CROSSOVER. Il segnale viene prima reso BIPOLARE (filtro CR-RC-CR o DDL), l'istante di crossover NON DIPENDE da  $A_{max}$  ma dalla FORMA (risetime) dell'impulso

Ci sarà un TRIGGER alla salita con soglia + bitta posib.le  
e dare lo START di un TAC ed una seconda unità di trigger sensibile al crossover, che fornirà lo STOP

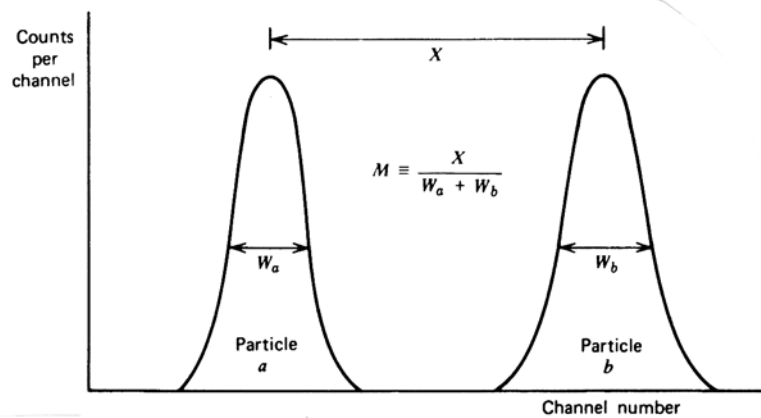
Quindi MCA (vedi fig.) o SCA (per selez. solo certi eventi)

(C) INTEGRANDO il segnale in 2  $\neq$  regioni temporali e facendone il rapporto: NON DIPENDE da  $A_{max}$  ma DIPENDE dalla forma

Def FIGURA DI MERITO  
per il PSD

$$\pi \equiv \frac{x}{w_a + w_b}$$

Dipende dal  
range dinamico



1