

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

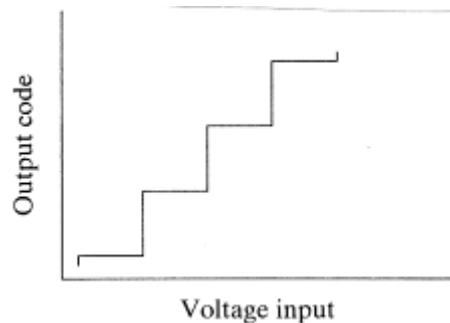


Le conversioni avvengono in CONTINUA ad una fissata FREQ. DI CLOCK

↳ 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 ΔV ANTECITE 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



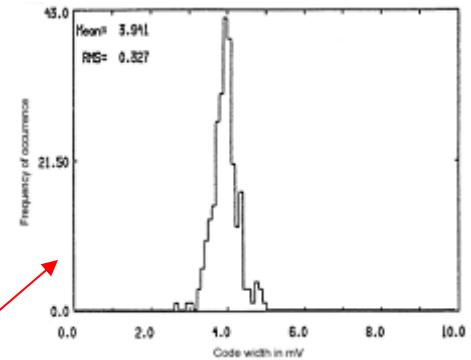
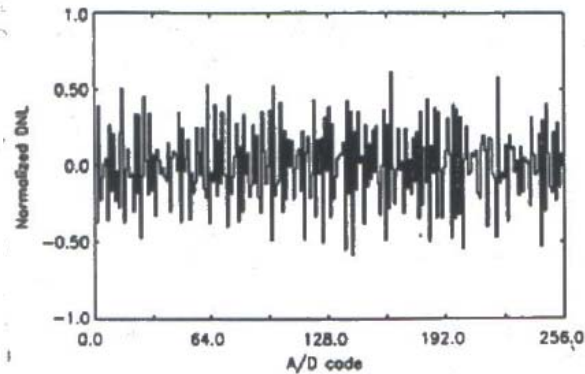
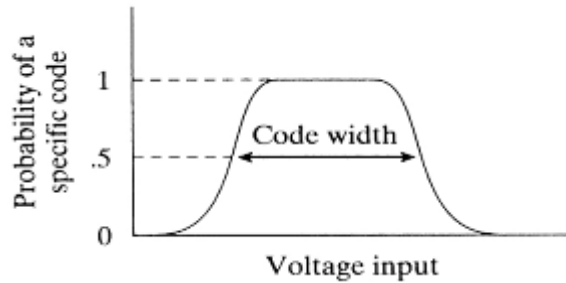
NB Le ADC usate negli MCA
richiedono DNL minori
ampiezza ottenuta con 1 SOLO PUNTO

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 $R_i = R_j \forall i, j$

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

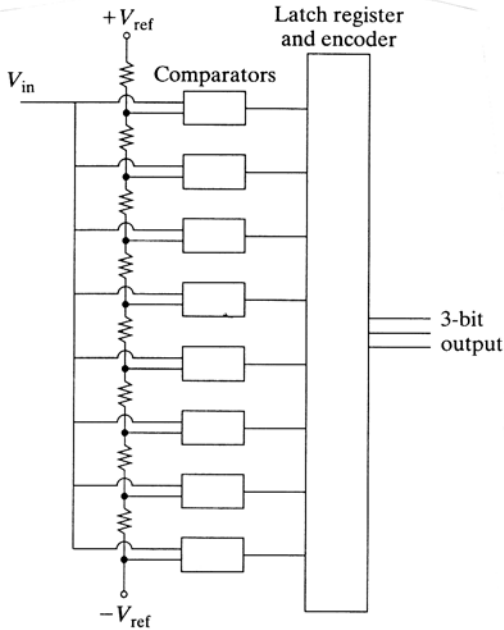


Table 17.2 Some Examples of Fast Analog-to-Digital Converters

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

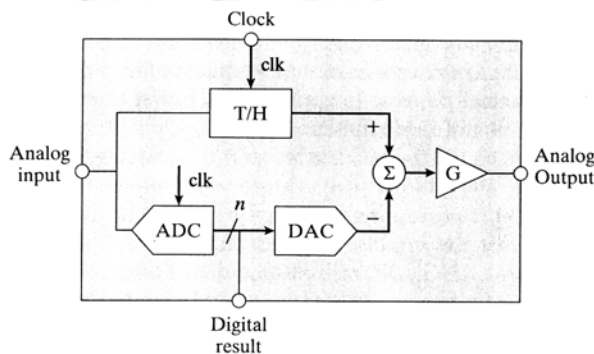
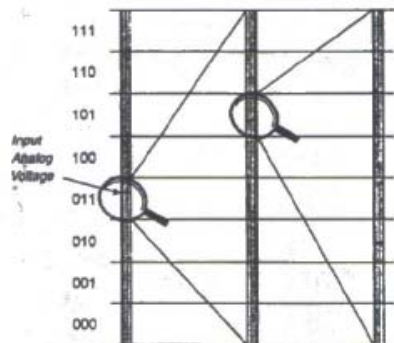
Seie di SCALE DI ESPANSIONE RIS. \uparrow , POTENZA \downarrow , FREQ. DI C. \downarrow

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

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

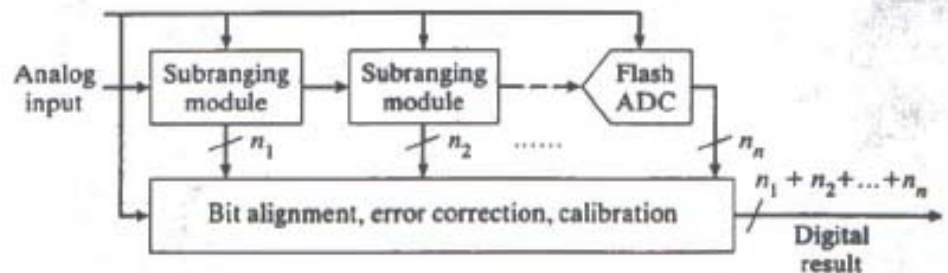
Il processo richiede tempo \rightarrow RITARDO TEMPORALE IN-OUT

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

Filtraaggio 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 può 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. → sottrazione corretta ALL' A_{MAX}

Campionam. Δt_{imp} o Δt SCADENTE REGOLARI

Molti campionamenti (STATISTICA) in conflitto con Δt tra 2 impulsi

→ OTTIMIZZAZIONE A seconda del RATE e delle NECESSITA'

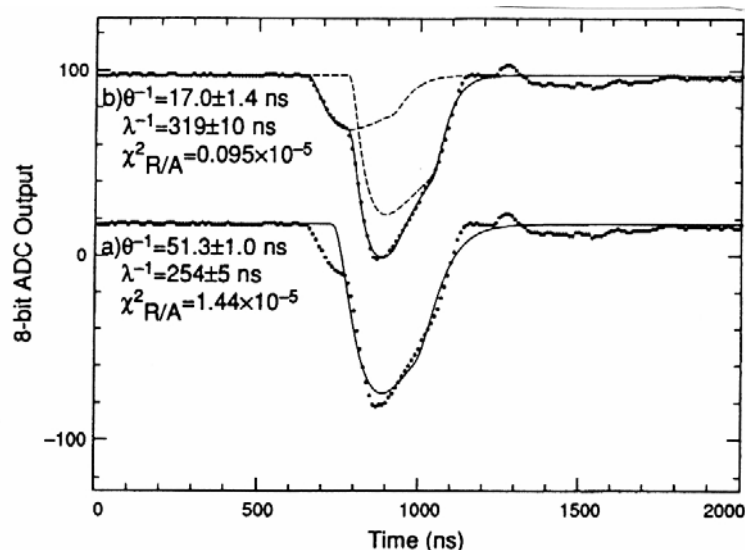
DECONVOLUZIONE DI IMPULSI DI PILE-UP

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 → tutto facile

R grande → accuratezza temporale spesso sacrificata

METODI DI ESTRAZIONE DELL' INFORMAZIONE TEMPORALE

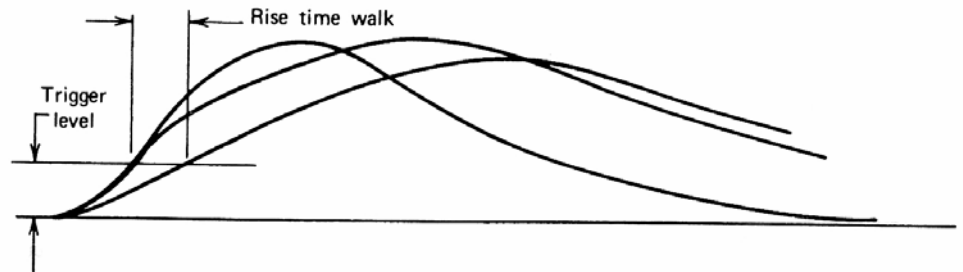
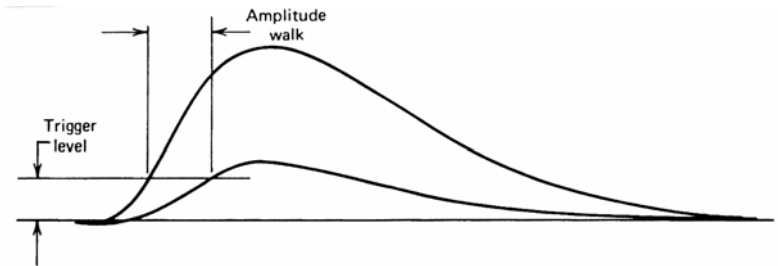
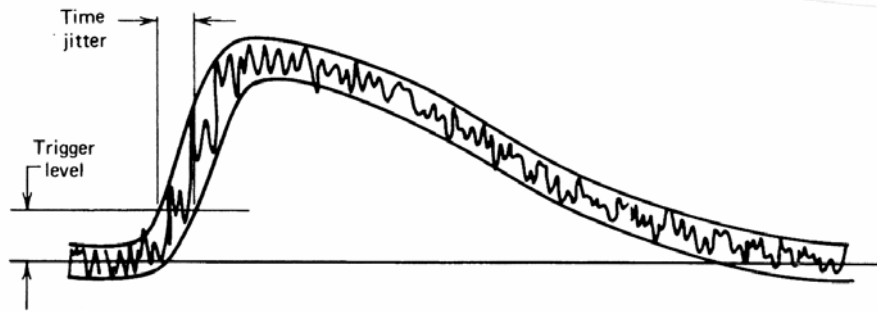
Unità di trigger (TIME PICK-OFF)

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 DIN. e FORMA dell'impulso
ad es. dovute a RUMORE e/o STATISTICA dei portatori η

② PRESENZA DI **AMPLITUDE WALK** **TIME** È dovuta alla VARIABILITÀ DI Amm 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 \bar{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

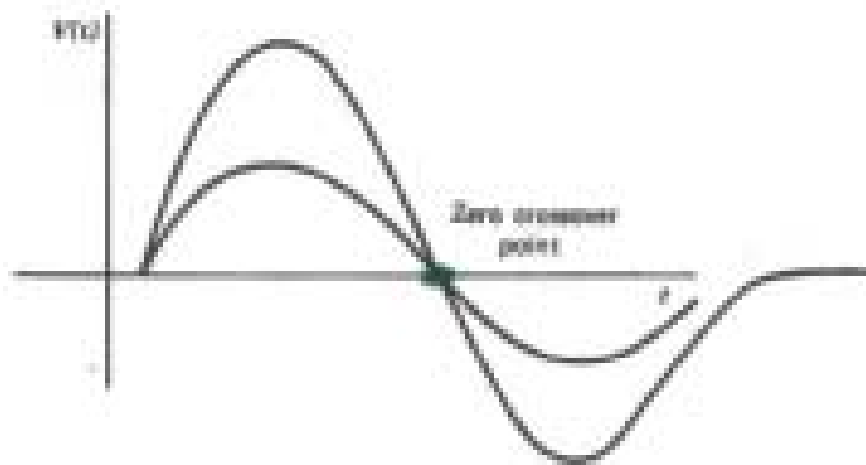
\rightarrow AMP. WALK <
TIME JITTER > (maggiore rumore
maggiori flutt. stat, stoc.)

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 purchè la forma degli impulsi non vari TROPPO



③ TRIGGER SU FRAZIONE COSTANTE DELL' AMPIEZZA

• 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}

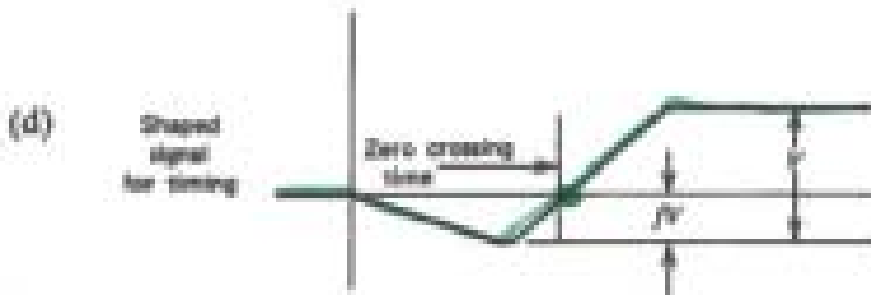
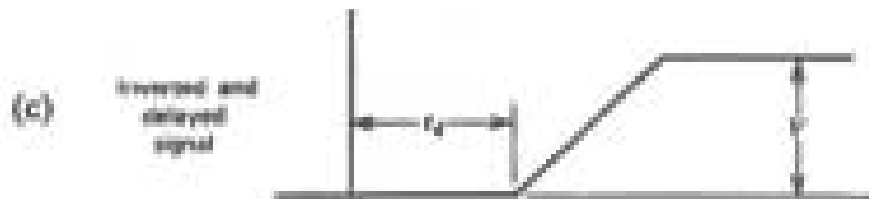
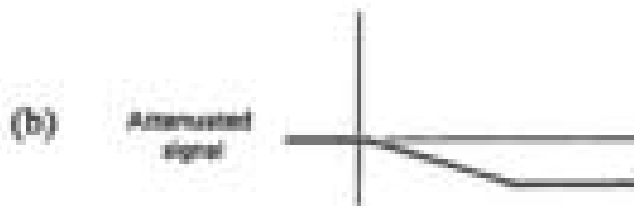
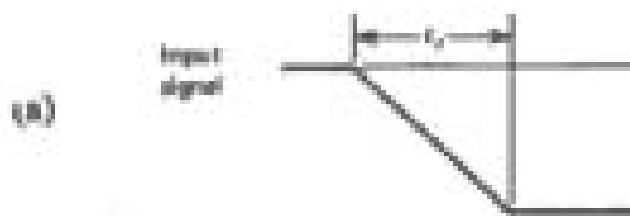
↳ NO "AMPLITUDE WALK"

Purchè la FONIA ha sempre la stessa

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

6) MOLTIPLICARLO PER 6

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



④ ARC TIMING (trigger con compensazione di altezza e risetime)

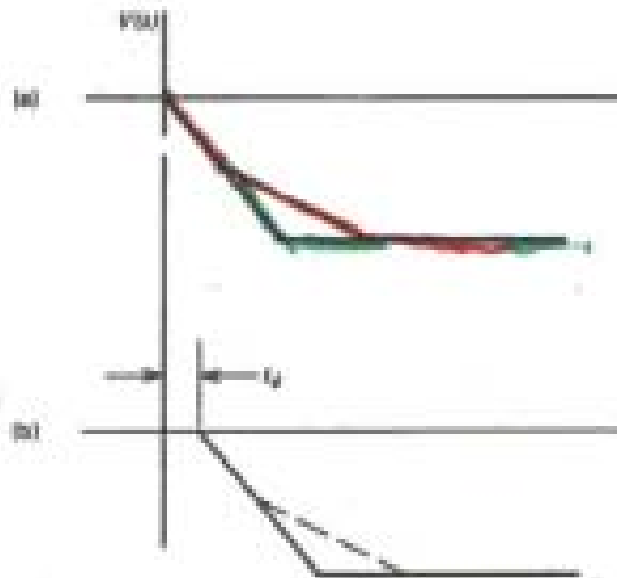
SE FORMA E/O RISE TIME VARIANO (HPGe!)

↳ 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 (extrapolation 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 $\rightarrow (\Delta t)_1$

• ESTRAZIONE INDIETRO $\rightarrow (\Delta t)_0 \rightarrow t_0$

QUESTA TECNICA UTILIZZATA DEI TAC

⑥ FPET TIMING (trigger del primo fotodetettore)

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
quando l'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 ↑ SCINTIL. PLASTICI
(\rightarrow 100 ps per imp. ALTI)

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

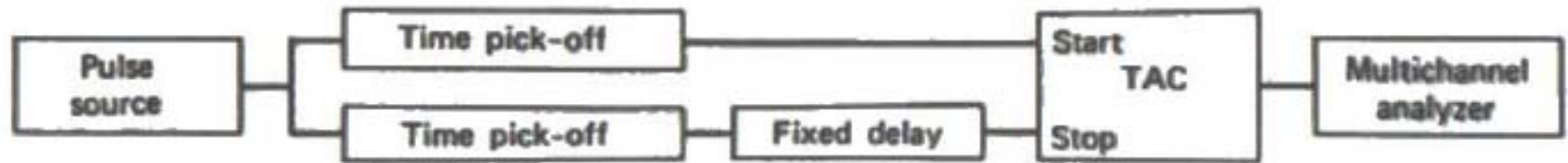
HPGe : 2-10 ns

FIGURA DELLE PROPRIETÀ TEMPORALI

Spettroscopia temporale con MCA

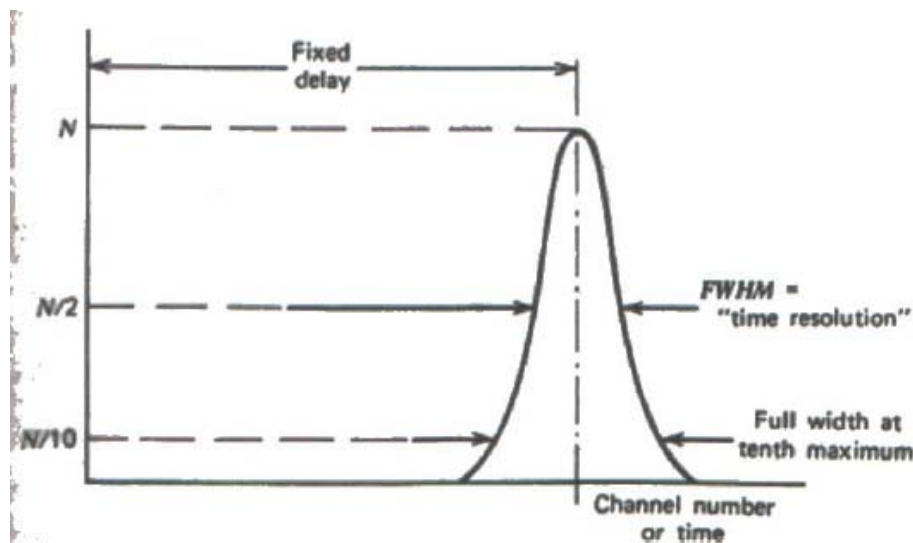
TAC OUT con $A \div \Delta t$ IN (start, stop)

\uparrow
MCA = SPETTROSCOPIA TEMPORALE



Misura della R.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.s. temp. del sistema

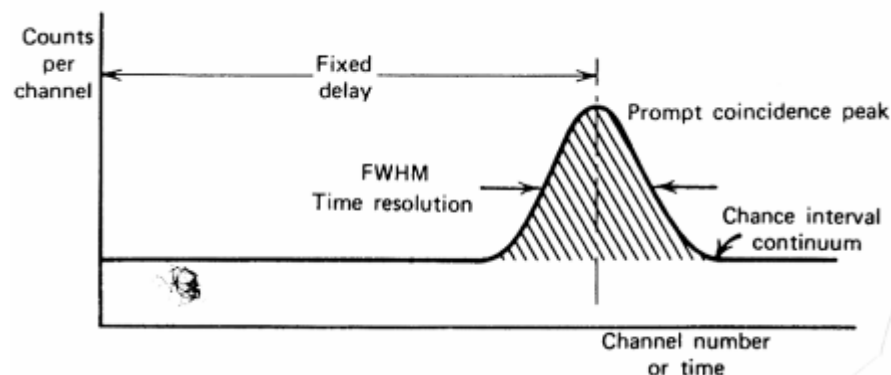
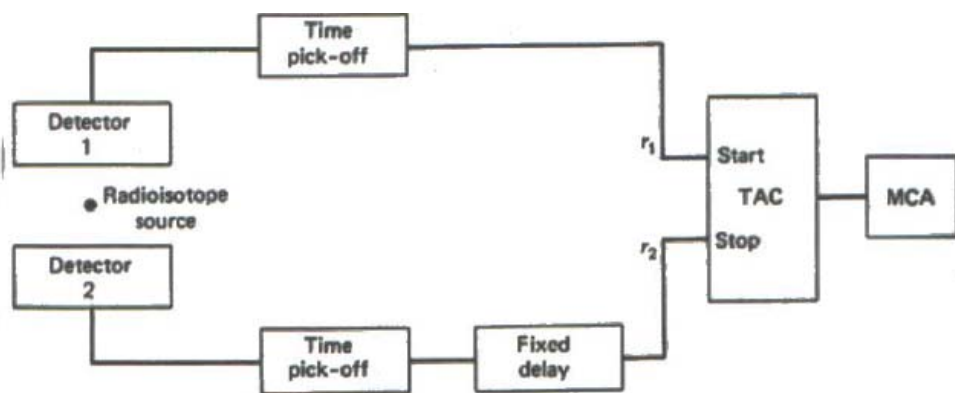


Spettri di coincidente vere e casuali

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 ΔT 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. ANZICHÉ TAC + RCA posso usare ^{unità di} COINC + CONTATORE

TAC: 2 imp SÉQUENZIALI (start stop)

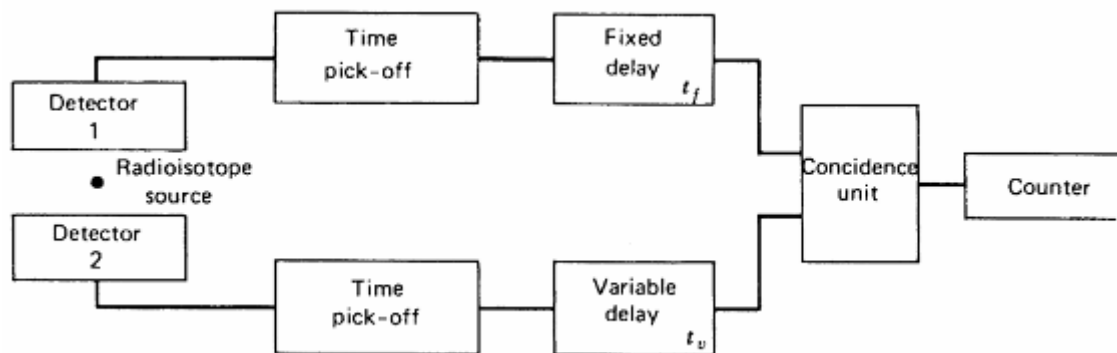
COINC.: 2 IN ÉQUIVALENTI \rightarrow OUT sse $|\Delta t_{1,2}| < \tau$

- Shift del picco nello spettro: RITARDO FISSO t_f

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

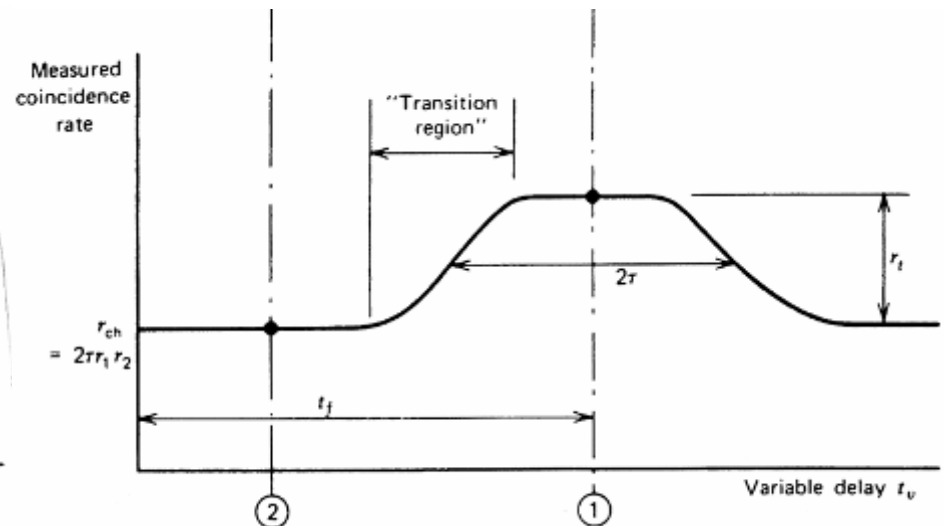
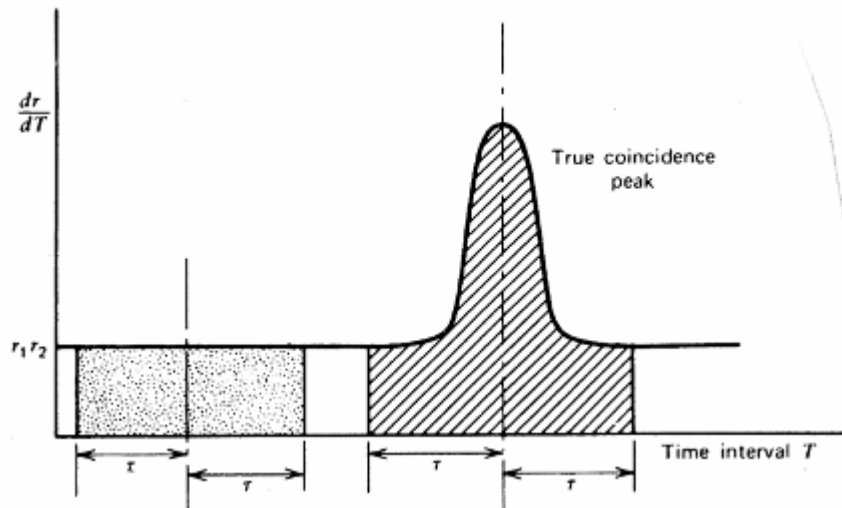
- SULL' ALTRO RAMO: ritardo variabile t_v

\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 $r_t \rightarrow \tau \gg$ vis. temp. sistema
 \rightarrow il rate = Area spettro $\frac{dr}{dT}$ nella lin $(t_v - t_f - \tau, t_v - t_f + \tau)$

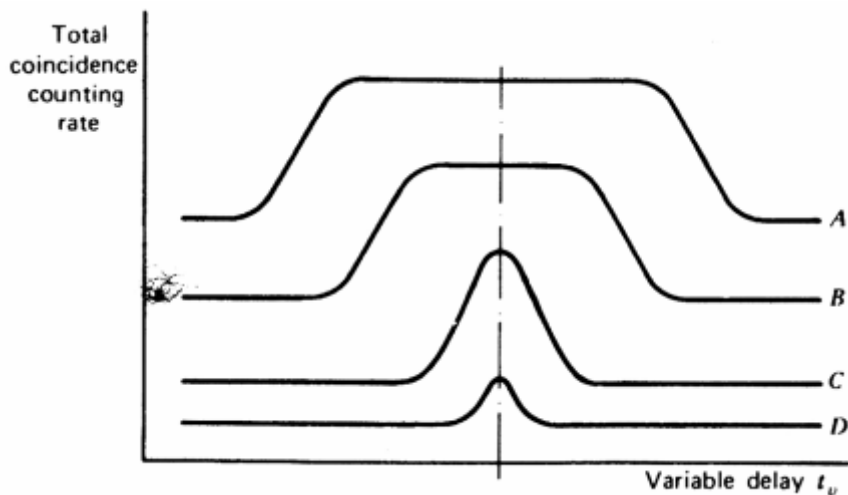


Commento Valore MINIMO di τ x misurare $r_t = \frac{1}{2}$ FWH alla base del picco nello spettro $\frac{dr}{d\tau}(\tau)$

→ rate GIUSTO osservato solo per $|t_v - t_f| = t_f$

Qualsiasi deriva temporale $\rightarrow r_{mis} \leq r_t$

→ 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 τ

- Posso misurare r_{ch} , r_1 , r_2 ed estrarre τ 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 γ 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. segue 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. RITARDATA)

- 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 Δt 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_{α} e E_{β}

Hip. S 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 , τ

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 t ZERO tra le 2 rivelat.

PRATICAMENTE

- La richiesta di **NON CORRELATIONS** si ottiene misurando una delle 2 radiations su 4π

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

riv γ di angolo solido \ll

ACCURATEZZA SU $\delta \rightarrow 1\%$

La DIFFICOLTÀ sta nel richiedere che

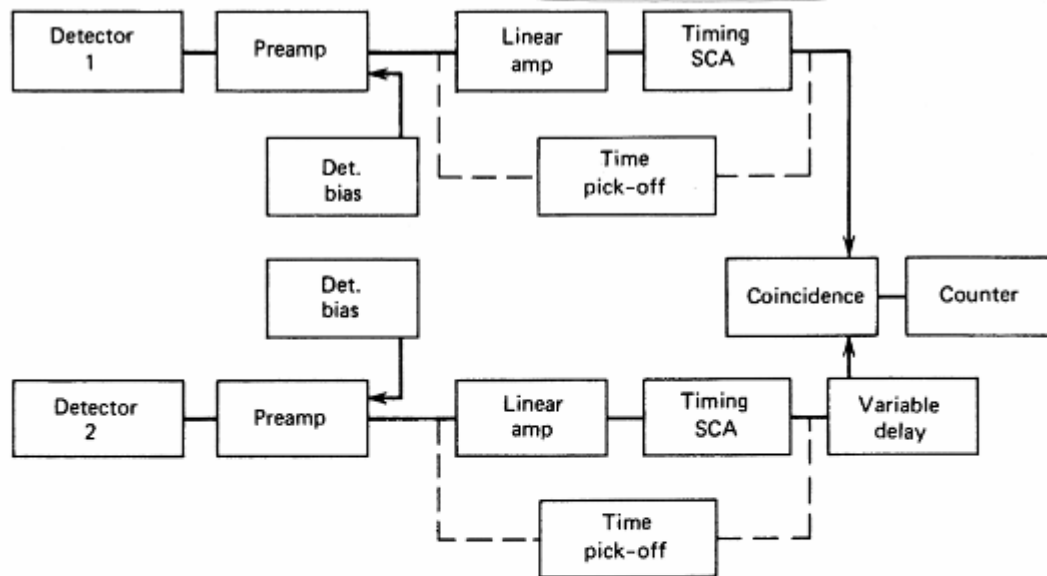
riv. 1 vede solo quanti di tipo 1
2 2

→ $\gamma - \gamma$ QUASI IMPOSSIBILE

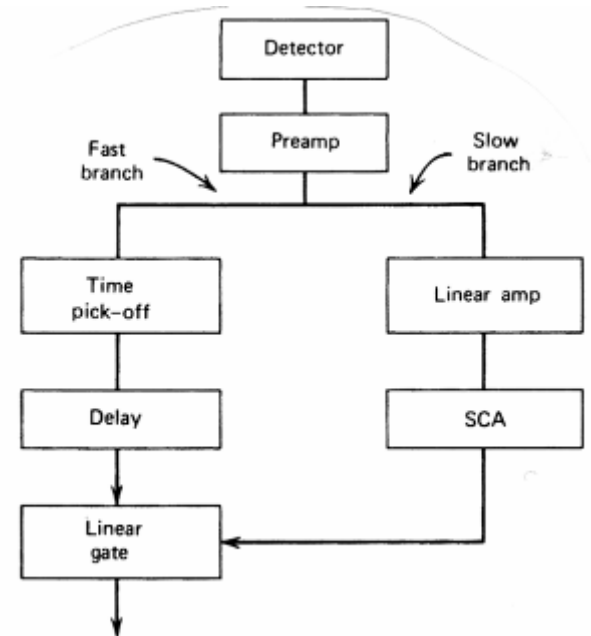
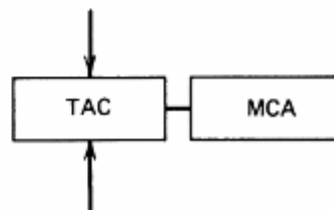
$\beta - \gamma$ DELICATO MA FATTIBILE

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, OPIUNO NO



ALTERNATE SYSTEM FOR
TIME SPECTROSCOPY:



MODULI DI TRIGGER

IDEALMENTE subito dopo il rivelatore \rightarrow PEGGIORARE DI FWHM(CS)

Eccezione scintillatore con PM con 2 uscite

ANODO

$$R_L = 50 \Omega$$

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

imp. LINEARE VELOCE

inform. TEMPORALI

POLARITÀ -

DINODO

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

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

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.s. 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 lunghezza degli impulsi
- Se il circuito è sensibile solo alla salita del segnale e si può scegliere τ 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 ≈ 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
 - \rightarrow 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 avrò una RAMPA DI TENSIONE il cui $\Delta V \div \Delta t$
 - \rightarrow 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 GHz \leftrightarrow 1 ns $\rightarrow \Delta t \propto 100$ ns con $E \sim 1\%$

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

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

SISTEMI DI RITARDO

- SULLA SCALA DEL μs \rightarrow COAX
- $> 100 \mu\text{s} \rightarrow$ ~~COAX ($> 30\text{m}$)~~
- FINO A QUALCHE $\mu\text{s} \rightarrow$ COAX SPECIALI purché
seguale 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 $\tau_{\text{caratt.}} \ll \tau_{\text{tipico}}^{\text{AMP. L.W.}}$
(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 γ 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'input)

(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'input

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

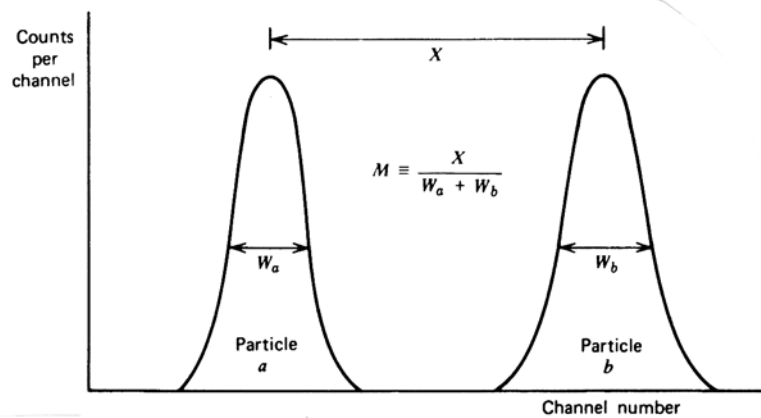
Quindi MCA (vedi fig.) o SCA (per selez. solo certi eventi)

(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

$$\pi \equiv \frac{x}{\omega_a + \omega_b}$$

Dipende dal
range dinamico



1