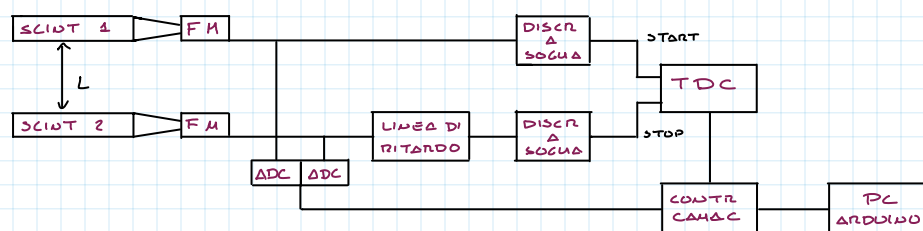
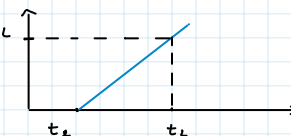


## MUONI

PER LO STUDIO DEI MUONI SI UTILIZZANO UNA SERIE DI SCIINTILLATORI POSTI UNO SOPRA ALL'ALTRO A CUI SONO COLLEGATI DEI FOTOMULTIPLICATORI E TUTTA L'ELETTRONICA

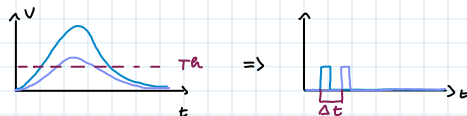


=> CON QUESTA CONFIGURAZIONE POSSO STUDIARE IL  $\Delta t$  E LA CARICA PRODOTTA ( $\Delta Q$  E DEPOSITATA)

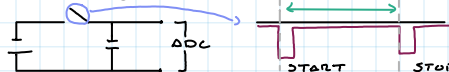


STUDIAMO ORA I VARI COMPONENTI DELLA CIRCUITERIA:

- 1) **DISCRIMINATORE A SOGLIA**: GENERA UN OUTPUT LOGICO OGNI QUAL VOLTA CHE UN SEGNALE SUPERA UN CERTO VALORE DI TENSIONE =>  $\Delta t = \text{AMPLITUDE WALK}$  (DIFFERENZA TRA RISE TIME), CONCORRENTE ALLA RISOLUZIONE TEMPORALE => SI USA SOGLIA BASSA E **CONSTANT FRACTION DISCRIMINATOR**.



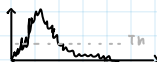
- 2) **TIME TO DIGITAL CONVERTER (TDC)**: RICEVE DUE SEGNALE LOGICI DI INPUT E CREA UN SEGNALE IN PROPORZIONALE ALLA  $\Delta t$ .



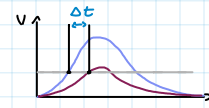
- 3) **ADC DI CARICA**: CAMPIONAMENTO DEL SEGNALE CARICANDO UNA CAPACITA CHE POI VIENE FATTA SCARICARE IL  $\Delta t$  DI SCARICA E PROPORZIONALE ALL'AMPIETRA DEL SEGNALE.

ADDESSO VOGLIAMO FARE UNA PARARENTESI SU QUALI SONO I VARI FATTORI DELLA RISOLUZIONE TEMPORALE:

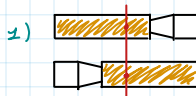
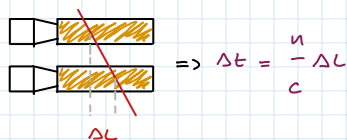
- 1) **TIME JITTER**: FLUTTUAZIONI CASUALI CHE INIZIANO A TEMPI DIVERSI IL SEGNALE LOGICO CAUSANDO FLUTTUAZIONI STATISTICHE SULLA RISOLUZIONE.



- 2) **AMPLITUDE WALK**: SUPPLEMENTO DELLA SOGLIA DIPENDE DALL'AMPIETRA DEL SEGNALE

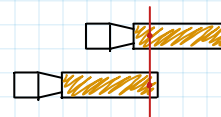


- 3) **DISPERSIONE NEI TEMPI DI RACCOLTA**: UN FATTORE CHE "FALSA" I TEMPI E LA TRAIETTORIA CON LA I MUONI INTERAGISCONO CON LO SCIINTILLATORE E PER CARATTERIZZARE LA FURDICE DEI TEMPI SI STUDIA UN DOPPIO SET UP.



$$t_2 \sim t_1$$

2)



$$t_2 \sim t_1 + \Delta t$$

- 4) **DISPERSIONE NEI TEMPI DI PERCORRENZA**:  $\frac{D}{r \cos(\theta)} \Rightarrow \Delta t = \frac{D}{r \cos(\theta)} \Rightarrow$  EFFETTO GEOMETRICO DOVUTO ALLA TRAIETTORIA.

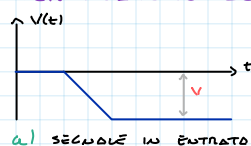
## CORREZIONE DEL AMPLITUDE WALK

UTILIZZIAMO UN MODELLO SEMPLICE: NOI LAVORIAMO NELLA SITUAZIONE DI **FORMAZIONE VELOCE** ( $RC \ll \tau_{\text{scint}}$ ) E IN QUESTO

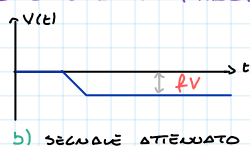
REGIME POSSIAMO APPROSSIMARE L'ANDAMENTO DEL SEGNALE IN SALITA CON  $V(t) = A \left( 1 - e^{-\frac{t-t_0}{RC}} \right)$  CON  $t_0$  = TEMPO A CUI SI INIZIA A FORMARE IL SEGNALE. ORA IL DISCRIMINATORE A SOGLIA INIZIA A LAVORARE DOPO UN TEMPO  $t_3$ :  $V(t_3) = A_3 \Rightarrow$

$$A \left( 1 - e^{-\frac{t_3-t_0}{RC}} \right) = A_3 \Rightarrow t_3 = t_0 + RC \ln \left( \frac{A}{A-A_3} \right). \text{ QUINDI SE REGISTRIAMO CONTEMPORANEAMENTE SIA } t_3 \text{ (TDC) E } A \text{ (ADC) POSSIAMO RISALIRE A QUELLO CHE } t_0, \text{ CIOE' IL VERO TEMPO DEL SEGNALE}$$

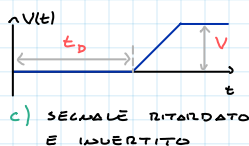
## DISCRIMINATORE CON IL CONSTANT FRACTION



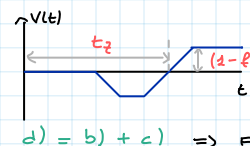
a) SEGNALE IN ENTRATO



b) SEGNALE ATTENUATO



c) SEGNALE RITARDATO E INVERTITO



d) = b) + c)

QUALSIASI SEGNALE ARRIVA RIMANE UGUALE

$t_2$  = ZERO CROSSING TIME NON DIPENDE DALLA FORMA (E AMPIETRA DEL SEGNALE)

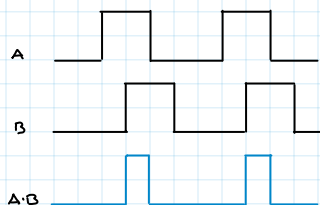
=> FORMAZIONE SEGNALE PER TIMING

## ALGEBRA BOOLEANA E COINCIDENZE

PER STUDIARE LE COINCIDENZE È BENE STUDIARE L'ALGEBRA BOOLEANA E DUE PONTE LOGICHE:

### 1) "AND" (COINCIDENZE)

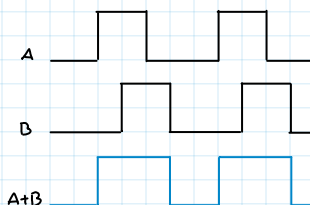
A	B	A · B
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



SEGNALE IN COINCIDENZA

### 2) "XOR"

A	B	A + B
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	0

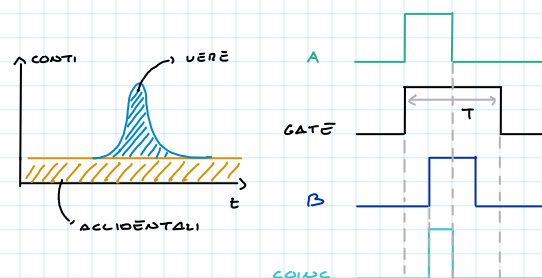


STUDIAMO ORA IL CASO DI COINCIDENZE ACCIDENTALI, MA PER FAR CIÒ DOBBIAMO STUDIARE LE COINCIDENZE IN GENERALE. SE CONSIDERIAMO UN RIVELATORE CHE GENERA  $\nu$  IMPULSI CASUALI, LA PROBABILITÀ CHE IO TROVI UNO O PIÙ EVENTI IN

UN INTERVALLO DI TEMPO  $T$  È DATA DA  $P_0(\nu, T) = 1 - e^{-\nu T}$  ⇒ SE CONSIDERIAMO UNA COPPIA DI RIVELATORI CON  $\nu_A$  E  $\nu_B$  COLLEGATI AD UNITÀ DI COINCIDENZE AVENTE RESOLVING TIME  $T$  (TEMPO DI APERTURA DEL GATE UNA VOLTA TRIGGERATO DA UN EVENTO) SI AVrà CHE LA PROBABILITÀ DI VEDERE DUE EVENTI PROVENIENTI UNO DA A E UNO DA B,

DETTO RATE DI COINCIDENZE SPURIE, È  $R_{dt} = P(\text{TRIG A IN } dT)P(\text{ricevo da B in } T) + P(\text{TRIG B IN } dT)P(\text{ricevo da A in } T)$   
 $= \nu_A dT \cdot P(T, \nu_B) + \nu_B dT \cdot P(T, \nu_A) \Rightarrow$  ESSENDO NORMALMENTE  $\nu T \ll 1 \Rightarrow P(T, \nu) \approx 1 - (1 - \nu T) = \nu T \Rightarrow$   
 $\Rightarrow R_{dt} = \nu_A dT \cdot \nu_B T + \nu_B dT \cdot \nu_A T \Rightarrow R = 2\nu_A \nu_B T \Rightarrow$  NEL CASO ABBIA SOLO UNO DEI DUE RIVELATORI COME TRIGGER DEL GATE  $R = \nu_A \nu_B dT$ .

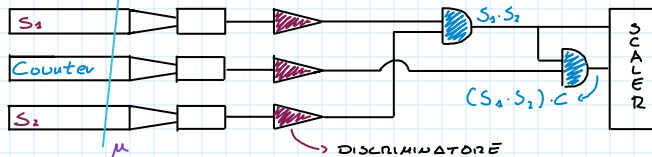
LE COINCIDENZE ACCIDENTALI AVVENGONO CON LA STESSA PROBABILITÀ PER OGNI  $t_{delay}$  (Δt tra invio sig. A e sig. B), MENTRE QUELLE VERE AVVENGONO AD UN  $t_{delay}$  PRECISO, CON ANNESSI FLUTTUAZIONI È POSSIBILE MISURARE QUELLE ACCIDENTALI FACENDO VARIARE IL RITARDO TRA A E B.



## MISURE DI EFFICIENZA IN COINCIDENZA

COME OGNI STRUMENTO DI RIVELAZIONE, L'APPARATO DI MISURA DELLE COINCIDENZE HA UNA SUA EFFICIENZA DATA DA:

$$\epsilon = \frac{N_{\text{true}}}{N_{\text{inc}}}$$



$N_{S_1 S_2}^0$  = NUMERI RIVELATI SIA DA  $S_1$  CHE DA  $S_2$  E QUINDI PASSANTI PER IL COUNTER  
 $N_{S_1 S_2 C}^0$  = NUMERI RIVELATI SIA DA  $S_1$ ,  $S_2$  E DEL COUNTER

POSSIAMO QUINDI SCRIVERE L'EFFICIENZA DEL CONTATORE NEL SEGUENTE MODO  
 COSÌ 1) NON SERVE L'EFFICIENZA DI  $S_1$  E  $S_2$   
 2) LA MISURA È AFFETTA DALLA STATISTICA DI CONTAGGIO (BINOMIALE)

$$\epsilon_c = \frac{N_{S_1 S_2 C}^0}{N_{S_1 S_2}^0} \Rightarrow \text{SI POSSONO NOTARE DUE}$$

SI PUÒ VARIARE L'EFFICIENZA MANTENENDO STABILE LA SOGLIA DEL DISCRIMINATORE E FACENDO VARIARE LA TENSIONE DI

ALIMENTAZIONE: ⇒ IL PLATEAU CHE SI RAGGIUNGE CONSENTI DI RIVELARE TUTTE LE PARTICELLE

INCIDENTI, QUESTO FA SÌ CHE AUMENTANDO LE COINCIDENZE ACCIDENTALI, VISUALIZZABILI ATTRAVERSO I CONTAGGI DI SINGOLA

PARTICELLA: QUINDI PER RILEVARE TROPPE COINCIDENZE ACCIDENTALI BISOGNA TROVARE UN

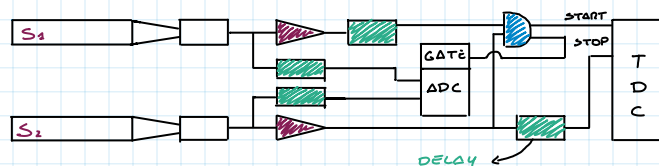
COMPROMESSO TRA LA SOGLIA E LA TENSIONE DI ALIMENTAZIONE.

DOPO LO STUDIO DELLE COINCIDENZE È IMPORTANTE ANALIZZARE IL FUSCO DEI NUMERI E COME VARIA A SECONDA DELL'INCLINAZIONE DELLO SCINTILLATORE RISPETTO ALL'ASSE ZENITALE.

DAL PUNTO DI VISTA DELLE FORMULE SI HA CHE L'INTENSITÀ INTEGRALE È DATA DA:  $I(\theta) = I_0 \cos^2(\theta)$  con  $I_0 = 70 \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{sr}}$  (QUESTO VALE PER  $p_\mu \geq 1 \text{ GeV}/c$ ) PER TROVARE IL FLUSSO SU UNA SUPERFICIE ORIZZONTALE SI DEVE INTEGRARE I:  $\Phi = I_0 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/2} \cos^2(\theta) d(\cos(\theta)) = \frac{2\pi}{3} I_0 \Rightarrow \Phi_\mu \approx 1 \frac{1}{\text{cm} \cdot \text{min}}$

SPESSIMENTALMENTE QUESTE MISURE SI SVOLGONO FACENDO RUOTARE GLI SCINTILLATORI CAMPIONANDO IL FLUSSO A VARI  $\theta$ .

### MISURA DELLA VELOCITÀ DEI MUONI



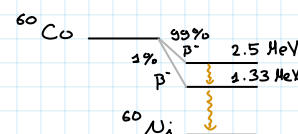
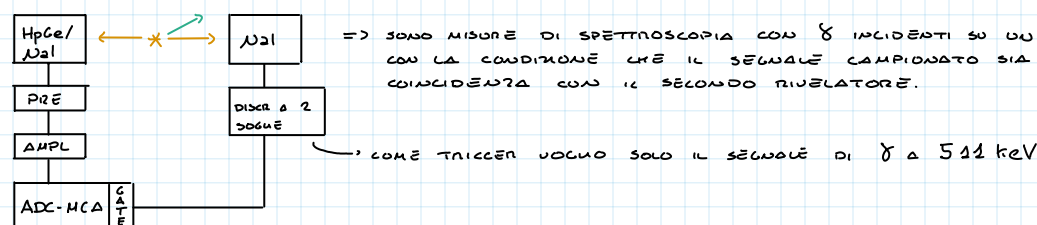
$\Rightarrow$  PER LA MISURA DELLA VELOCITÀ SI UTILIZZA LO SCHEMA A LATO ATTRAVERSO QUESTI STEP:

- 1) START  $\Rightarrow$  COINCIDENZA TRA  $S_1$  RITARDATO E  $S_2$  ( $S_2$  APRE LA FINESTRA DI COINCIDENZA)
- 2) STOP  $\Rightarrow$   $S_1$  RITARDATO PIÙ DELLO START.

QUESTA CONFIGURAZIONE È COMODA PERCHÉ È PIÙ EFFICIENTE: SI APRE LA FINESTRA SOLO QUANDO ARRIVA UN SEGNALE SU  $S_2$  E CON TUTTA PROBABILITÀ ANCHE SU  $S_1$  E TUTTO PARTE SOLO SE HO UNA COINCIDENZA. SE AVVIENE UNA COINCIDENZA IL GATE VIENE APERTO E L'ADC REGISTRA SU  $S_2$  CHE  $S_1$  (CONTROLLARE CHE I PICCHI SIANO ALL'INTERNO DEL GATE).

### COINCIDENZE E CORRELAZIONI ANGOLARI $\gamma\gamma$

COME PER I MUONI, SI POSSONO STUDIARE SORSENTI RADIOATTIVE ATTRAVERSO LE COINCIDENZE DEI PRODOTTI DI DECADIMENTO. LE SORSENTI UTILIZZATE SONANDO IL  $^{27}\text{Al}$  ( $\beta^+$ ) E IL  $^{60}\text{Co}$  ( $\beta^-$ ) E SI STUDIERÀ SÌ LO SPETTRO, MA ANCHE CORRELAZIONI ANGOLARI ( $\gamma\gamma \Rightarrow$  B-T-B PER  $^{27}\text{Al}$ , MENTRE  $\gamma_1\gamma_2$  CORRELAZIONE  $\sim 10\%$  PER  $^{60}\text{Co}$ )



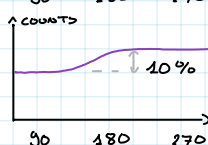
PER LO STUDIO DELLA CORRELAZIONE ANGOLARE SI DARÀ RUOTARE IL RIVELATORE ATTORNO A UNA SORGENTE, COSÌ CI SI ASPETTA?

PER IL  $^{27}\text{Al}$  CI SI ASPETTA



1. EMISSIONE DI  $\gamma\gamma$  B-T-B
2. GRANDEZZA DELLA FWHM È LA RISOLUZIONE ANGOLARE

PER IL  $^{60}\text{Co}$  CI SI ASPETTA



QUESTO MASSIMO È CAUSATO DAL POPOLAMENTO DEGLI STATI DI MULTIPLICITÀ DURANTE QUESTA TRANSIZIONE IFATTI SI HA CHE LA CORRELAZIONE ANGOLARE DIPENDE DAL POLINOMIO DI LEGENDRE PER

$$\text{TRANSIZIONI DI QUADRUPOLO: } W(\theta) = F \left[ 1 + \frac{1}{8} \cos^2(\theta) + \frac{1}{24} \cos^4(\theta) \right]$$

PET: LE MISURE SONO ANALOGHE A QUELLE APPENA DESCRITTE, SI USERÀ SOLO IL  $^{27}\text{Al}$  COME SORGENTE E DUE  $\text{NaI}$  COME RIVELATORI. ANDRÀ STUDIATO IL PICCO A 511 keV, IN PARTICOLARE LA SUA INTENSITÀ, FACENDO VARIARE L'ANGOLO. PLOTANDO I DATI SI PUÒ RICAVARE PER QUALE ANGOLO IL PICCO HA INTENSITÀ MASSIMA, IL DISCONSO VERRÀ RIPETUTO PER DIVENIRI UGUALI DI ASSONBIVEMENTO INTERPOSTI TRA SORGENTE E RIVELATORE (ARIA, ACQUA, SALE...).