



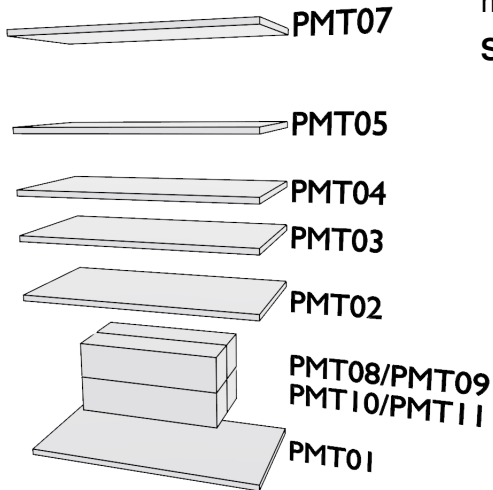
UNIVERSITÀ DI PISA

# Misura della vita media del muone

Alberto Montanelli

Laboratorio di Interazioni Fondamentali  
Facoltà di Fisica

# Obbiettivi dell'esperienza e Setup sperimentale



**Obbiettivo:** Misura della vita media del muone.

## Setup sperimentale:

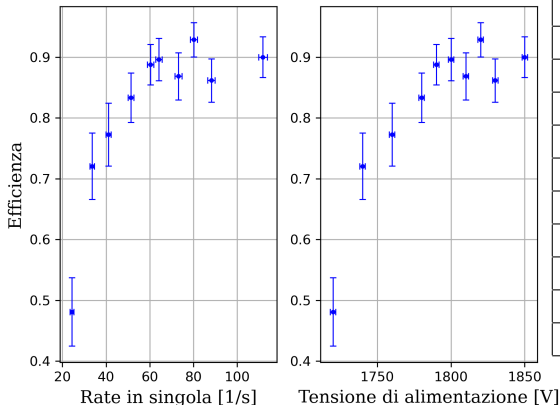
- Scintillatori plastici posti in sequenza verticale;
- Scintillatori bersaglio: PMT08-11;
- Moduli NIM: discriminatore, moduli logici AND, OR, DUAL TIMER, convertitore TTL-NIM;
- FPGA: campionamento di segnali temporali con frequenza di acquisizione max di 50Mhz. Richiede in ingresso segnali di durata almeno di 20ns.

# Punti di lavoro PMT ed efficienze

Punto di lavoro: Plot  $\epsilon$  vs  $V_{\text{alimentazione}}$  e vs  $R_{\text{singola}}$ .

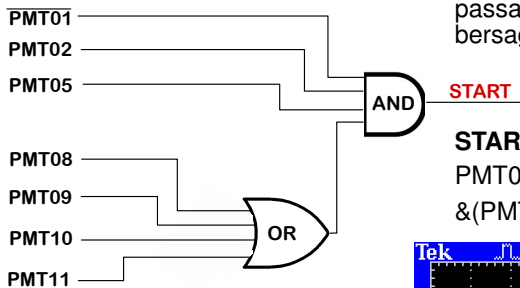
- Efficienza:  $\epsilon = \frac{N_{\text{triple}}}{N_{\text{doppie}}}$ ; ex.  $\epsilon_{\text{PMT02}} = \frac{\text{PMT01\&PMT02\&PMT03}}{\text{PMT01\&PMT03}}$ .
- Errore su efficienza:  $\sigma_{\epsilon} = \frac{\sqrt{(1-\epsilon)\epsilon \cdot N_{\text{doppie}}}}{N_{\text{doppie}}}$ ;  $\sigma_R = \sqrt{N}/T$
- Doppie accidentali:  $R_{1\&2 \text{ accidentali}} = R_1 R_2 (\omega_1 + \omega_2 - 2\Delta t)$ .

Punto di lavoro per PMT02



V[V]	Rate singola [Hz]	Efficienza
$1720 \pm 2$	$24 \pm 1$	$0.48 \pm 0.06$
$1740 \pm 2$	$34 \pm 1$	$0.72 \pm 0.05$
$1760 \pm 2$	$41 \pm 1$	$0.77 \pm 0.05$
$1780 \pm 2$	$51 \pm 1$	$0.83 \pm 0.04$
$1790 \pm 2$	$60 \pm 1$	$0.89 \pm 0.03$
<b><math>1800 \pm 2</math></b>	<b><math>64 \pm 1</math></b>	<b><math>0.90 \pm 0.03</math></b>
$1810 \pm 2$	$73 \pm 2$	$0.87 \pm 0.04$
$1820 \pm 2$	$80 \pm 2$	$0.93 \pm 0.03$
$1830 \pm 2$	$88 \pm 2$	$0.86 \pm 0.04$
$1850 \pm 2$	$112 \pm 2$	$0.90 \pm 0.03$

# Segnale di START



Segnale di START: una particella è passata nell'apparato e si è fermata nel bersaglio.

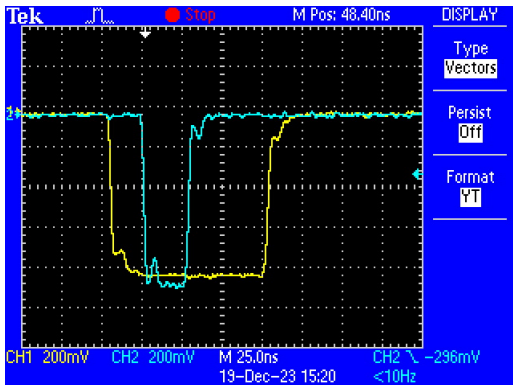
**START:**

$$\text{START} = \text{PMT02} \& \text{PMT05} \& \overline{\text{PMT01}} \\ \& (\text{PMT08} \vee \text{PMT09} \vee \text{PMT10} \vee \text{PMT11})$$

**VETO:**  $\overline{\text{PMT01}}$ .

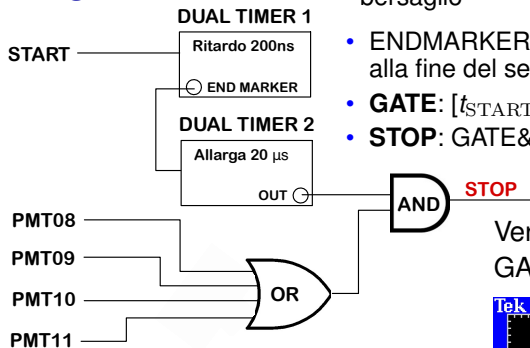
Il veto deve contenere tutto il segnale: il segnale di veto (CH1 in giallo) contiene il segnale di START (CH2 in blu).

$R_{\mu}$  livello mare  $\sim 1 \mu \cdot \text{cm}^2/\text{min}$ ;  
 $A_{\text{PMT}} \sim 200 \text{cm}^2 \rightarrow R_{\text{atteso}} \sim 3 \text{Hz}$ .  
Si ottiene un rate di  $1.57 \pm 0.12 \text{ Hz}$ .



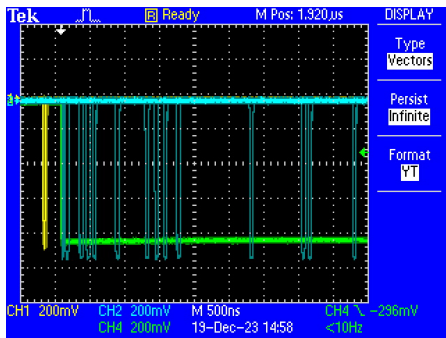
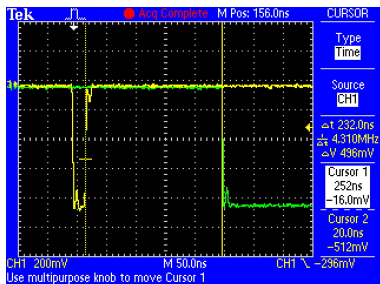
# Segnale di STOP

Segnale di STOP: la particella è decaduta nel bersaglio

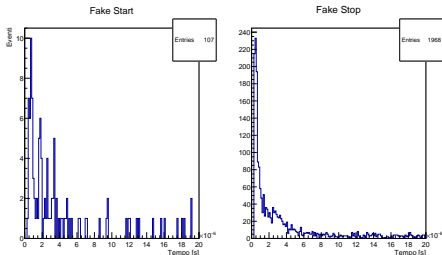


- **ENDMARKER**: impulso di durata  $\sim 50\text{ns}$  che scatta alla fine del segnale generato dal DUAL TIMER 1;
- **GATE**:  $[t_{\text{START}} + 200\text{ns}, t_{\text{START}} + 20\mu\text{s}]$ ;
- **STOP**:  $\text{GATE} \& (\text{PMT08} \vee \text{PMT09} \vee \text{PMT10} \vee \text{PMT11})$

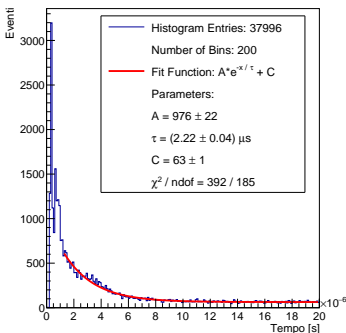
Verifica che lo STOP avvenga entro il GATE dello START.



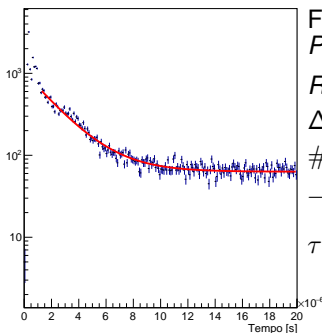
# Vita media del muone



Vita Media  $\mu$



- Istogramma diff. temporali; si prende uno START e il suo successivo STOP:  
 $\rightarrow \Delta T = t_{\text{STOP}} - t_{\text{START}}$ ;
- si scartano tutti gli START o STOP consecutivi  $| (t[i] - t[i - 1]) | < 20 \mu s$ .
- Fit: minim.  $\chi^2$ , fit function:  
 $A \exp(-x/\tau) + C$ ;
- Parametri:  $A = 976 \pm 22$ ;  $C = 63 \pm 1$ ;  
 $\tau = 2.22 \pm 0.04 \text{ (stat.) } \mu s$ ;  
 $\chi^2 / \text{ndof} = 392 / 185$ .
- Presa dati: 12/12/23-19/12/23



Fondo  $\sim \# \text{START} \cdot P$ ,  
 $P = R_{\text{OR}} \cdot \Delta_{\text{bin}}$ .

$R_{\text{OR}} \sim 400 \text{ Hz}$ ,  
 $\Delta_{\text{bin}} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{200} \text{ s}$ ;

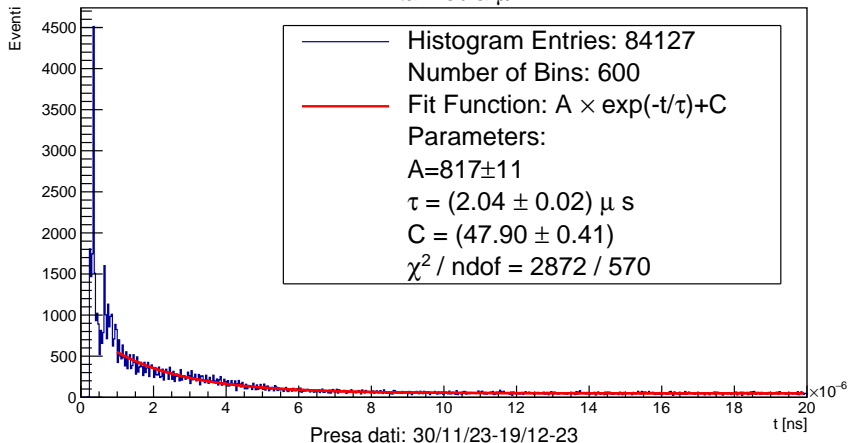
$\# \text{START} \sim 10^6$ ,

$\rightarrow \text{Fondo} \sim 40$ .

$\tau$  Eventi di fondo  $> \tau_{\mu}$ .

# Vita media del muone - Revisione

Vita Media  $\mu$



$\tau = \tau_{\text{medio}} \pm \sigma_{\text{stat}}(\text{err. stand}) \pm \sigma_{\text{sist}}\left(\frac{\tau_{\text{max}} - \tau_{\text{min}}}{2}\right)$ ; dovuto alla variazione di range e bin.

$$\tau = 2.01 \pm 0.04(\text{stat.}) \pm 0.22(\text{sist.}) \mu s$$