

Sviluppo di un setup sperimentale per riprodurre il background luminoso di JEM-EUSO

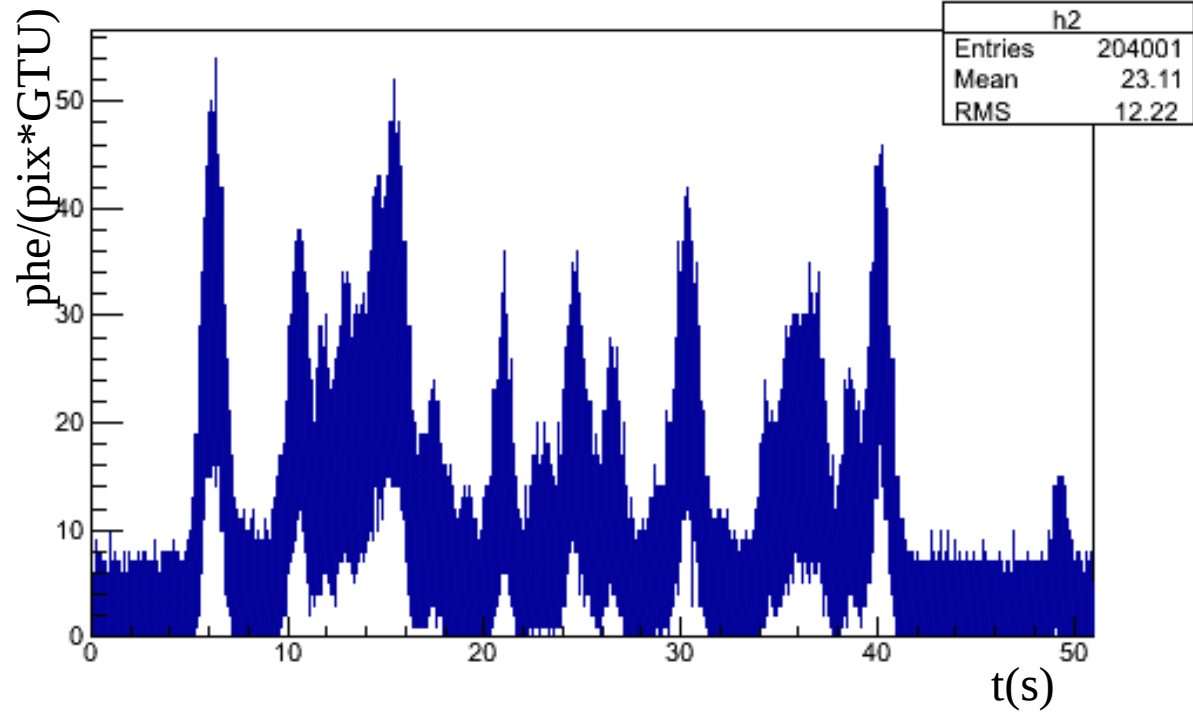
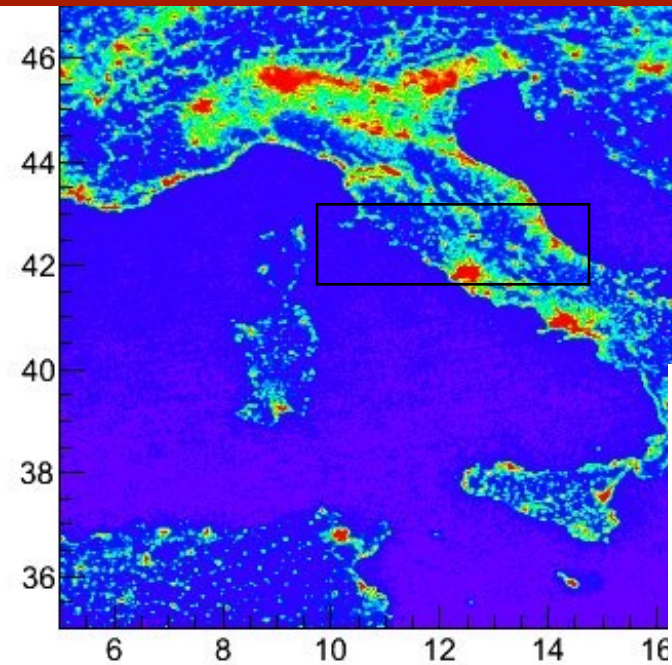
Laureando: Gregorio Suino

Relatore: Mario Bertaina

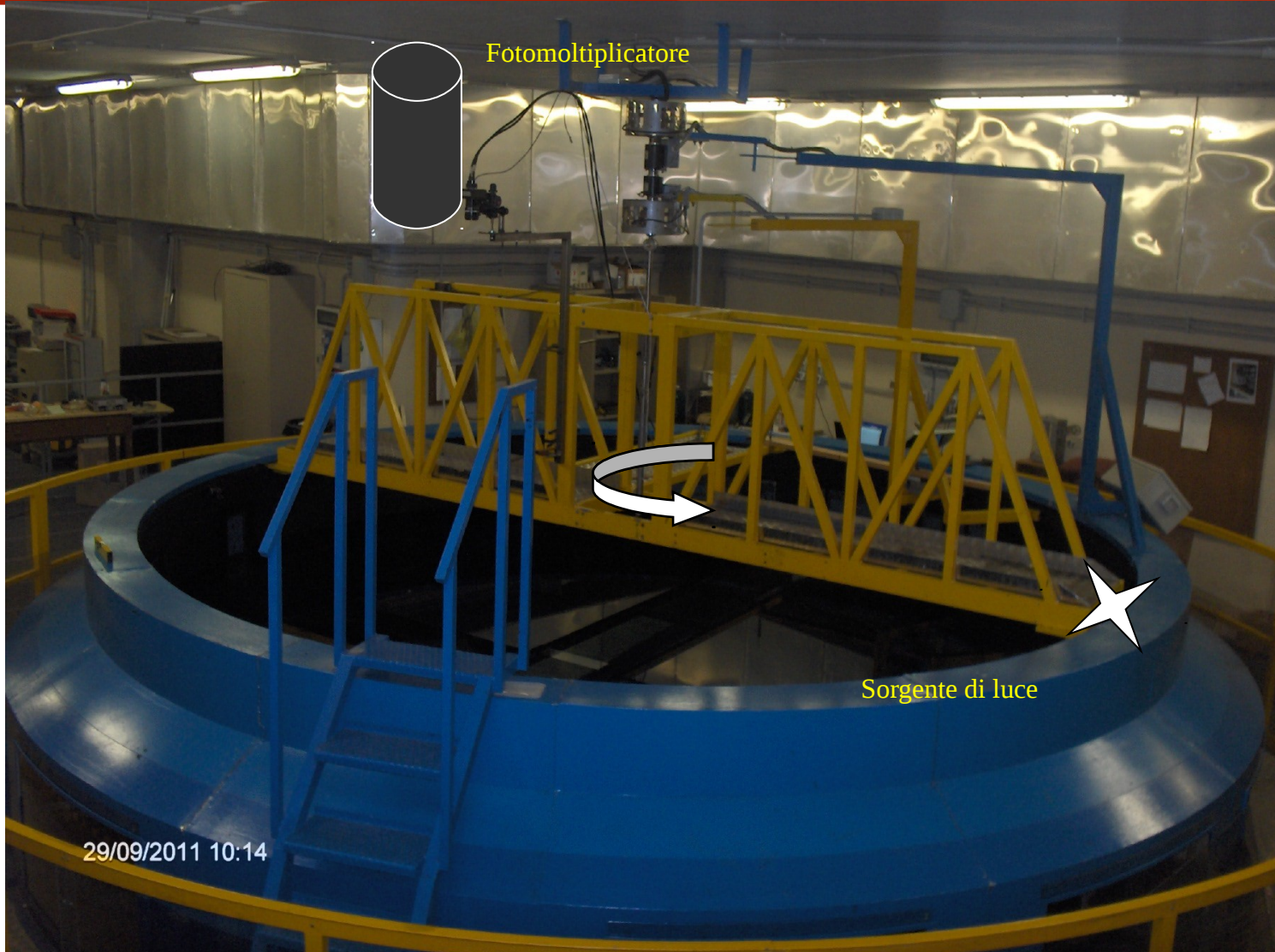
Correlatore: Marco Aglietta

Stage presso: Istituto Nazionale di Astro Fisica e Osservatorio Astrofisico di Torino

Ricapitolando



Il laboratorio



Lo scopo del mio lavoro

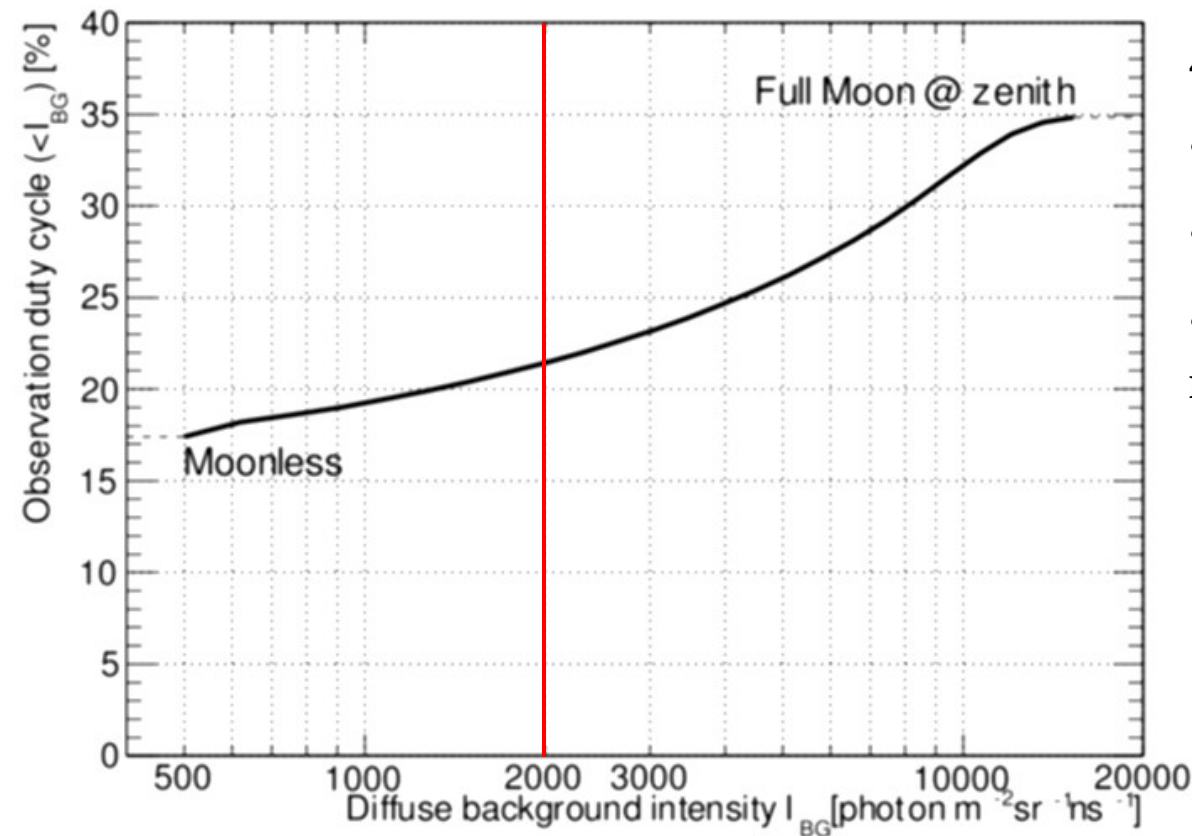
- Studio dell'ambiente del laboratorio:
 - L'ambiente è abbastanza buio?
 - Possiamo utilizzare la vasca rotante per simulare l'orbita del satellite?
- Studio del setup di misura:
 - Realizzazione della catena elettronica per la taratura del fotomoltiplicatore e per le misure successive
 - Studio della risposta del fotomoltiplicatore ad un segnale in movimento

Le condizioni in orbita per JEM-EUSO

Modalità di presa dati: single photon counting

I dati sono riferiti ad 1 GTU = 2,5 μ s

500 fotoni/($\text{m}^2\text{sr}^{-1}\text{ns}^{-1}$) \approx 1,4 fotoelettroni/(pixel*GTU)



400000 GTU/s

- Luna nuova: 600 kHz ogni pixel
- Luna piena: 24 MHz ogni pixel
- Condizioni di lavoro per misure di raggi cosmici < 2,4 MHz ogni pixel

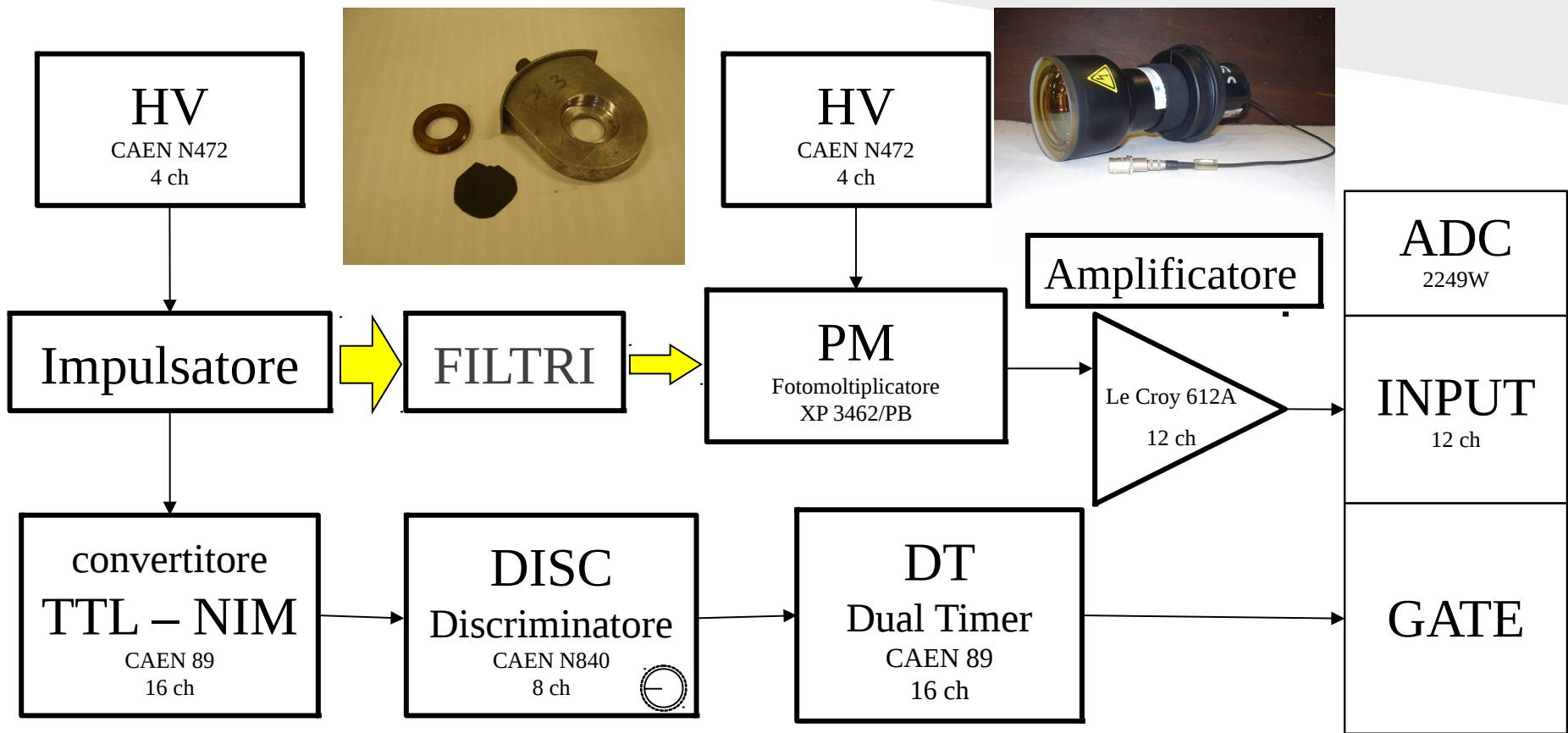
Setup sperimentale

Lo sviluppo del setup prevede tre passi:

- Allestimento della catena elettronica per la taratura del fotomoltiplicatore al singolo fotoelettrone
- Definizione di una soglia di discriminazione per separare gli eventi dal rumore
- Preparare il setup presso la vasca

Taratura del fotomoltiplicatore

catena elettronica



Il segnale analogico in uscita dal fotomoltiplicatore viene integrato dall'ADC su un tempo regolabile mediante il dual timer, il risultato di ogni misura può essere visualizzato su un istogramma detto spettro.

Taratura del fotomoltiplicatore

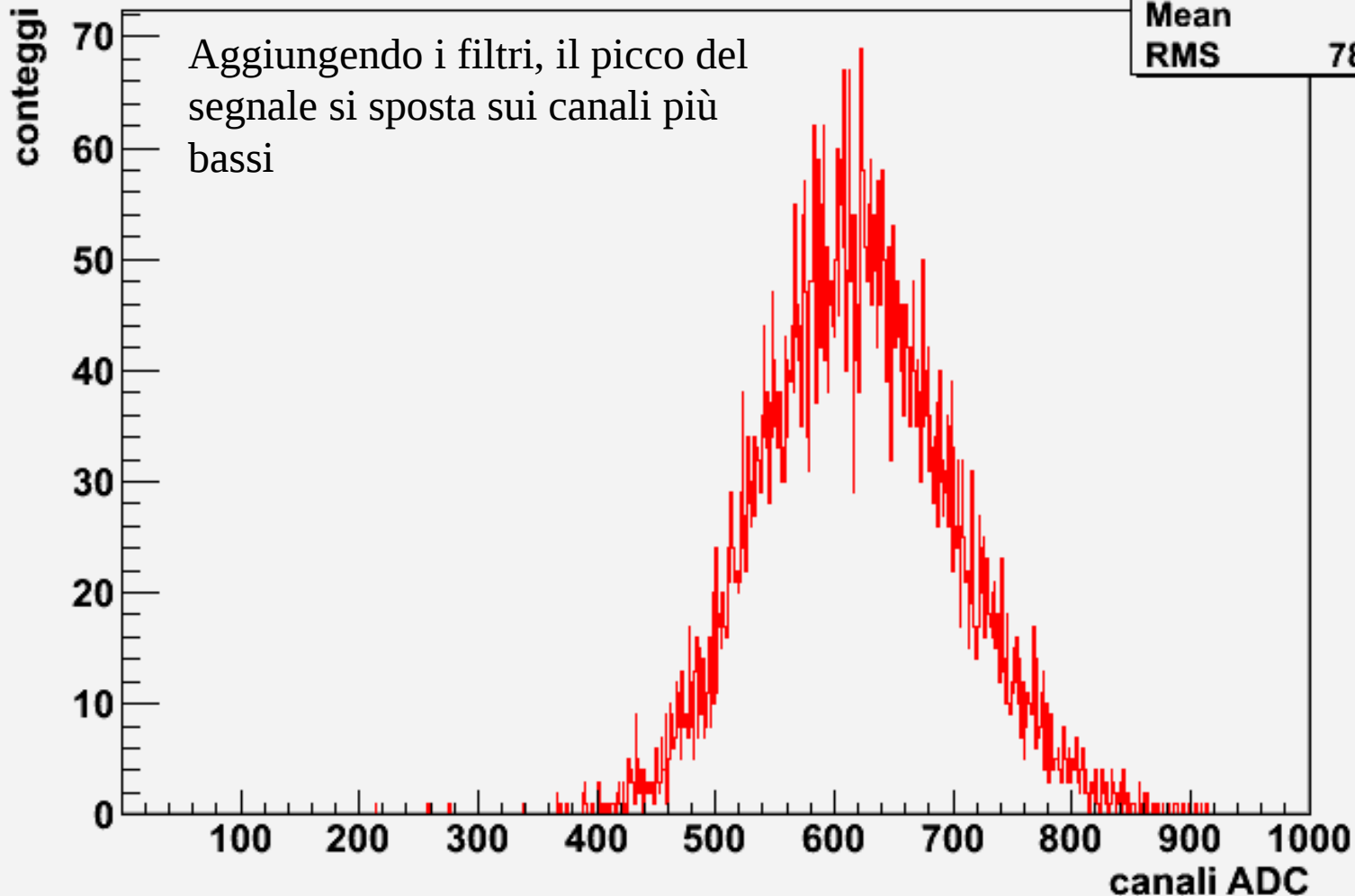
Individuazione del picco

I grafici che seguiranno hanno scale diverse

Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Spettro Segnale



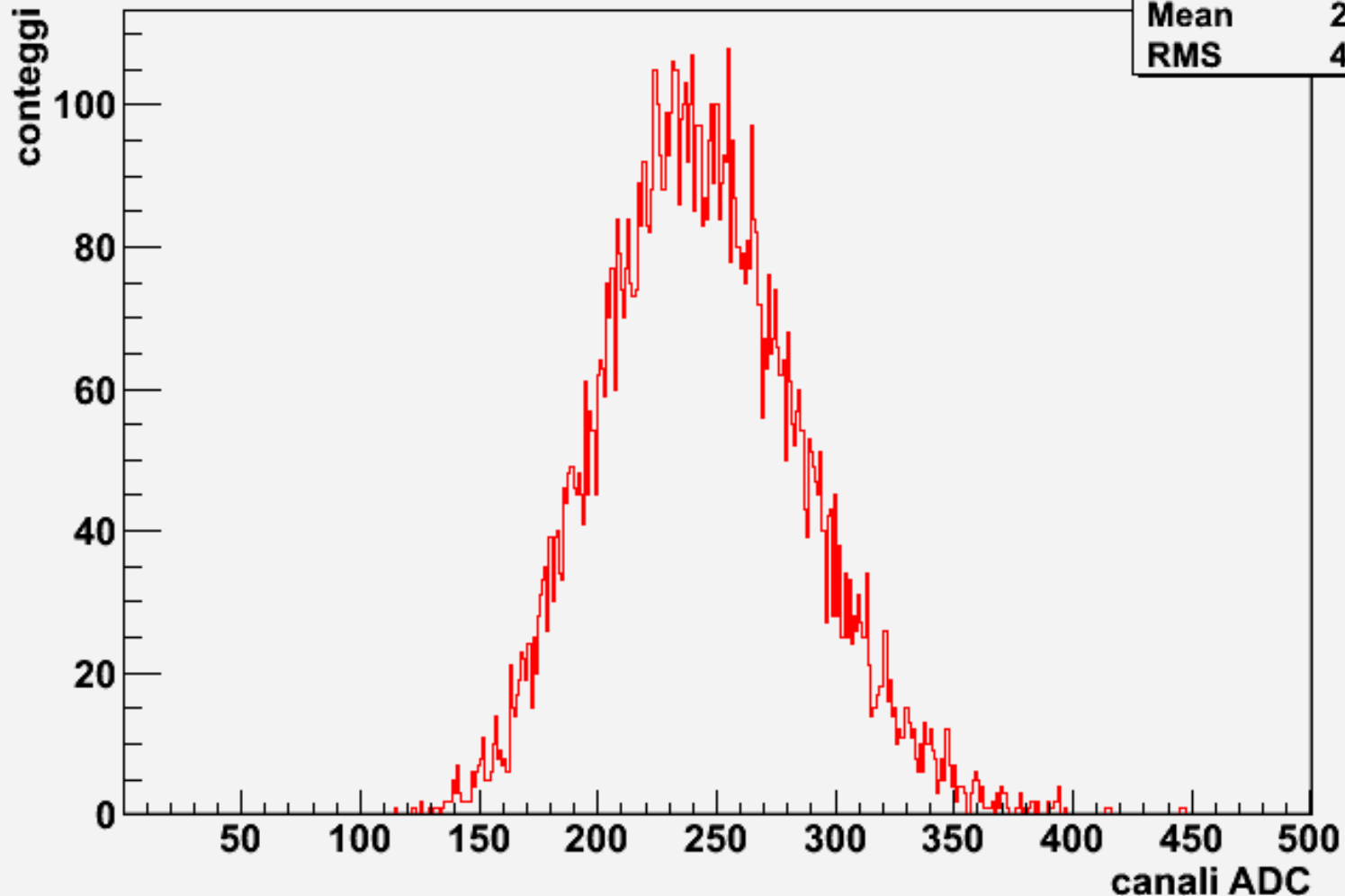
Histogram

Entries	10001
Mean	619
RMS	78.79

Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

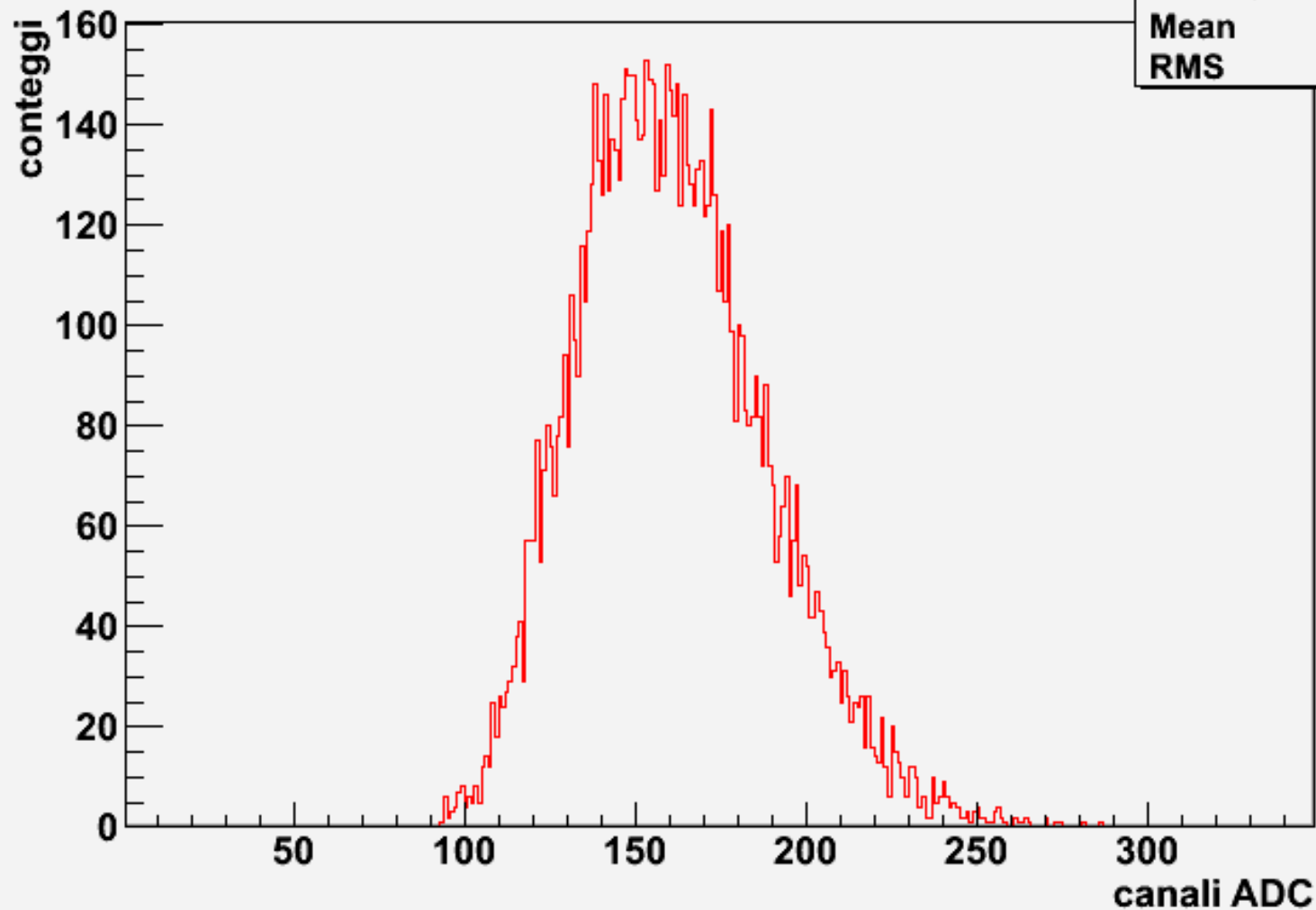
Spettro Segnale



Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Spettro Segnale



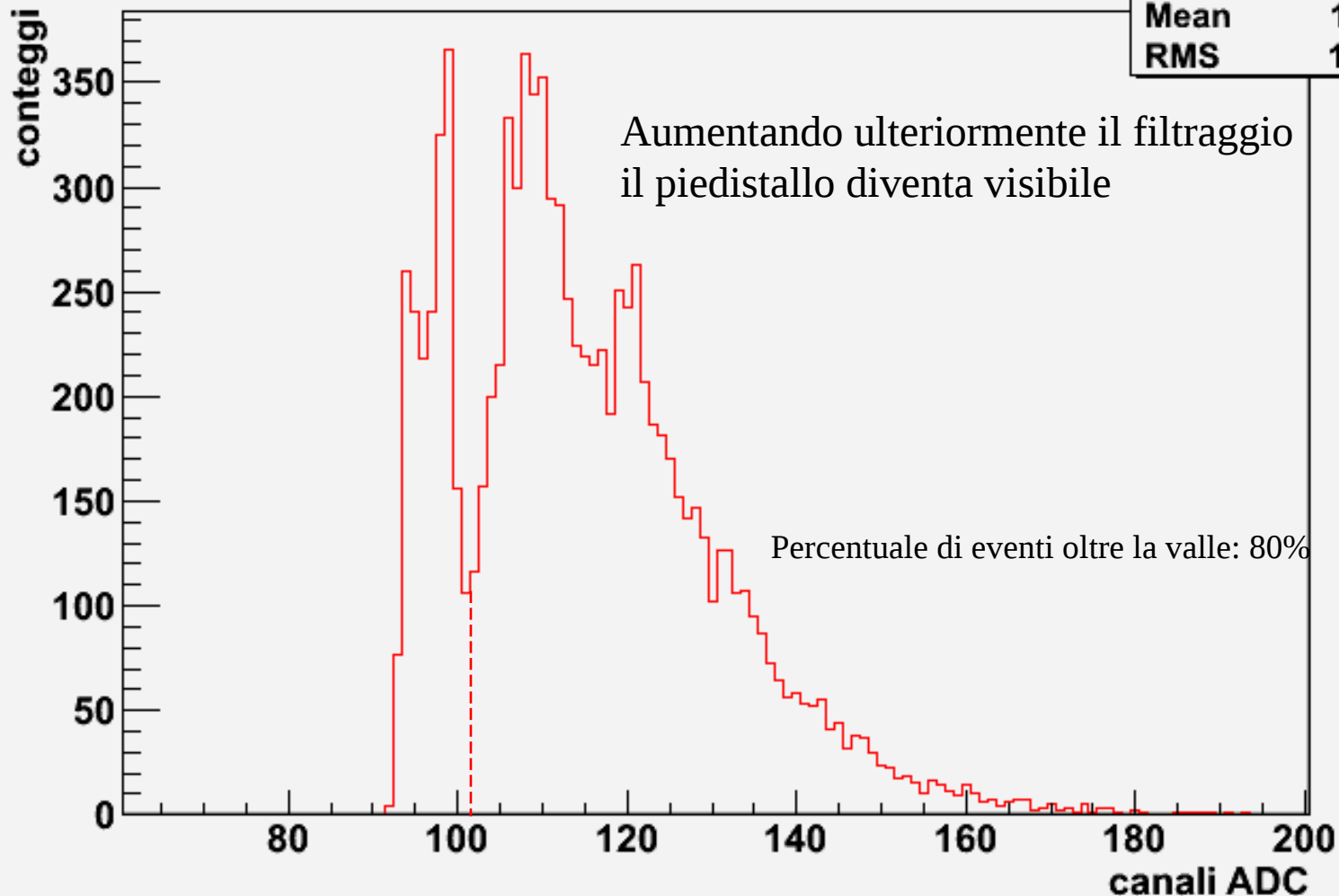
Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Spettro Segnale

Histogram

Entries	10001
Mean	115.3
RMS	14.99

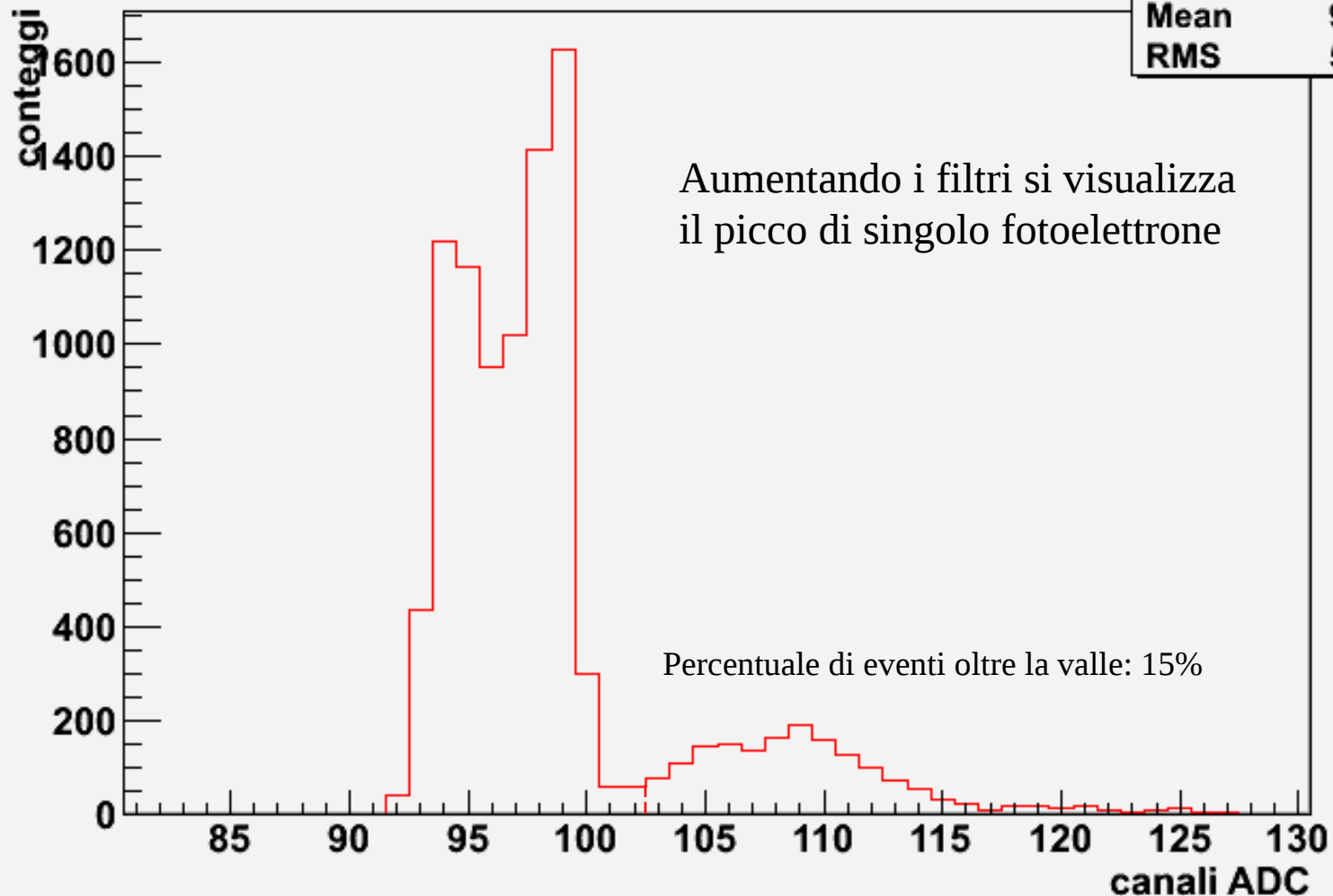


Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Spettro Segnale

Histogram	
Entries	10001
Mean	98.85
RMS	5.562

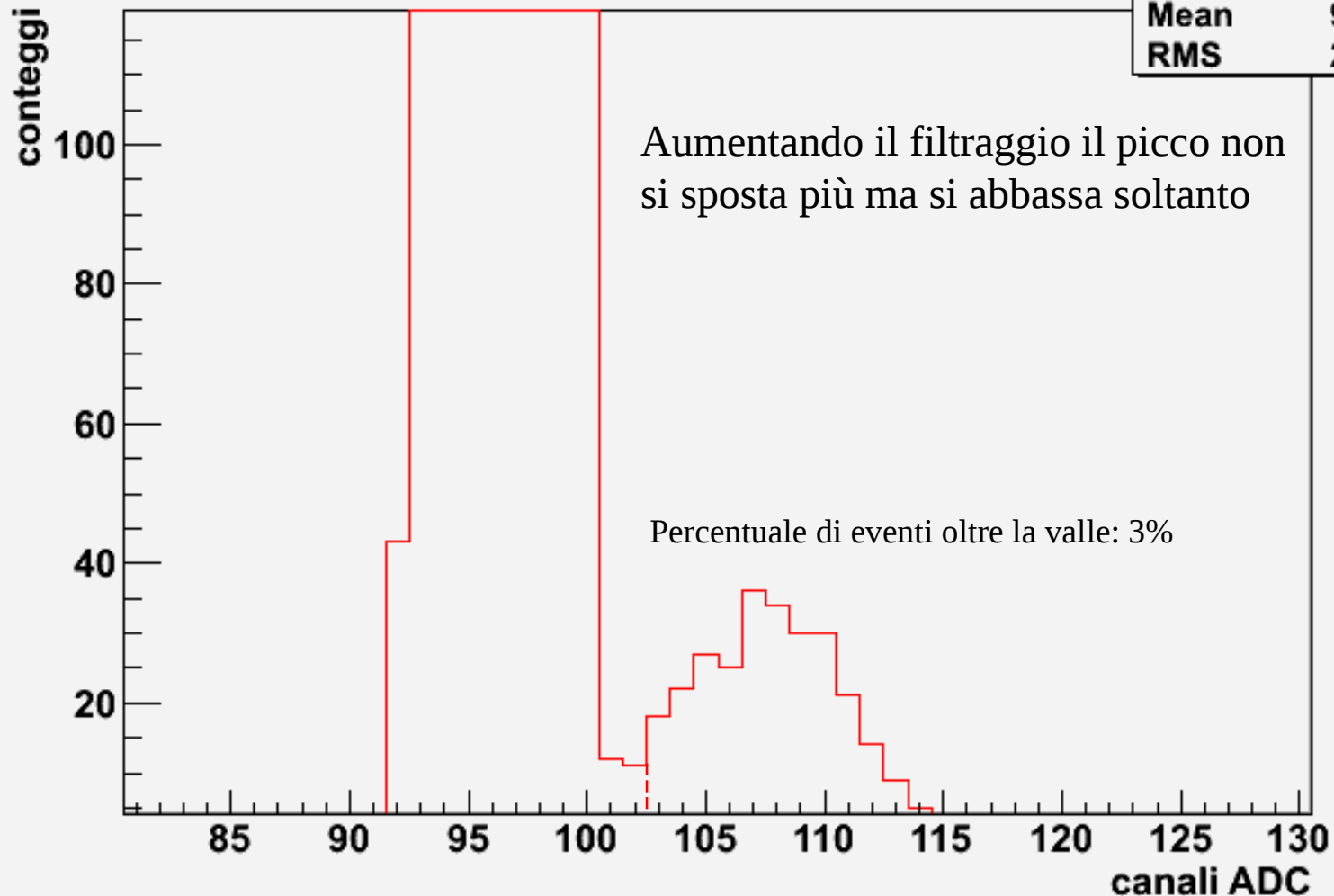


Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Spettro Segnale

Histogram	
Entries	10001
Mean	96.85
RMS	2.799

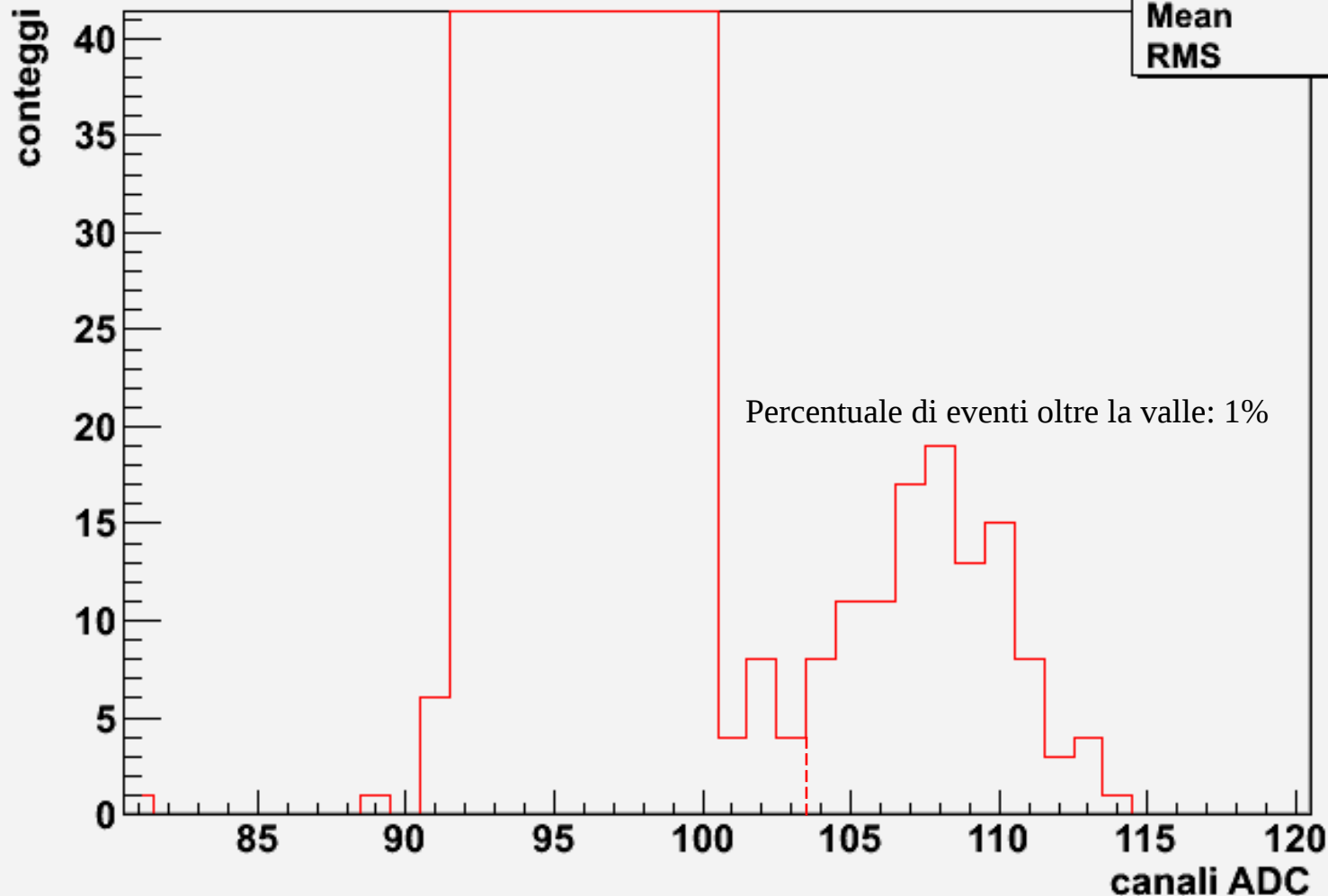


Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Spettro Segnale

Histogram	
Entries	10001
Mean	96.6
RMS	2.389



Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

Si ha una buona probabilità di trovare singoli fotoelettroni quando sotto la campana si trovano al massimo il 10% degli eventi totali.

$P(0)$ = probabilità di non rilevare alcun evento

$P(1)$ = probabilità di rilevare un singolo fotoelettrone

$P(n)$ = probabilità di rilevare eventi più rari del singolo fotoelettrone

$$1 - P(0) - P(1) = \sum_{n=2}^{\infty} P(n) \quad \text{con} \quad P(n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!} \quad \lambda = 0,1$$

Se $P(1) < 0,1$ la probabilità che sotto la campana ci siano effettivamente dei singoli fotoelettroni supera il 90%

Nel nostro caso:

$$P(0) = 0,9$$

$$P(1) = 0,09$$

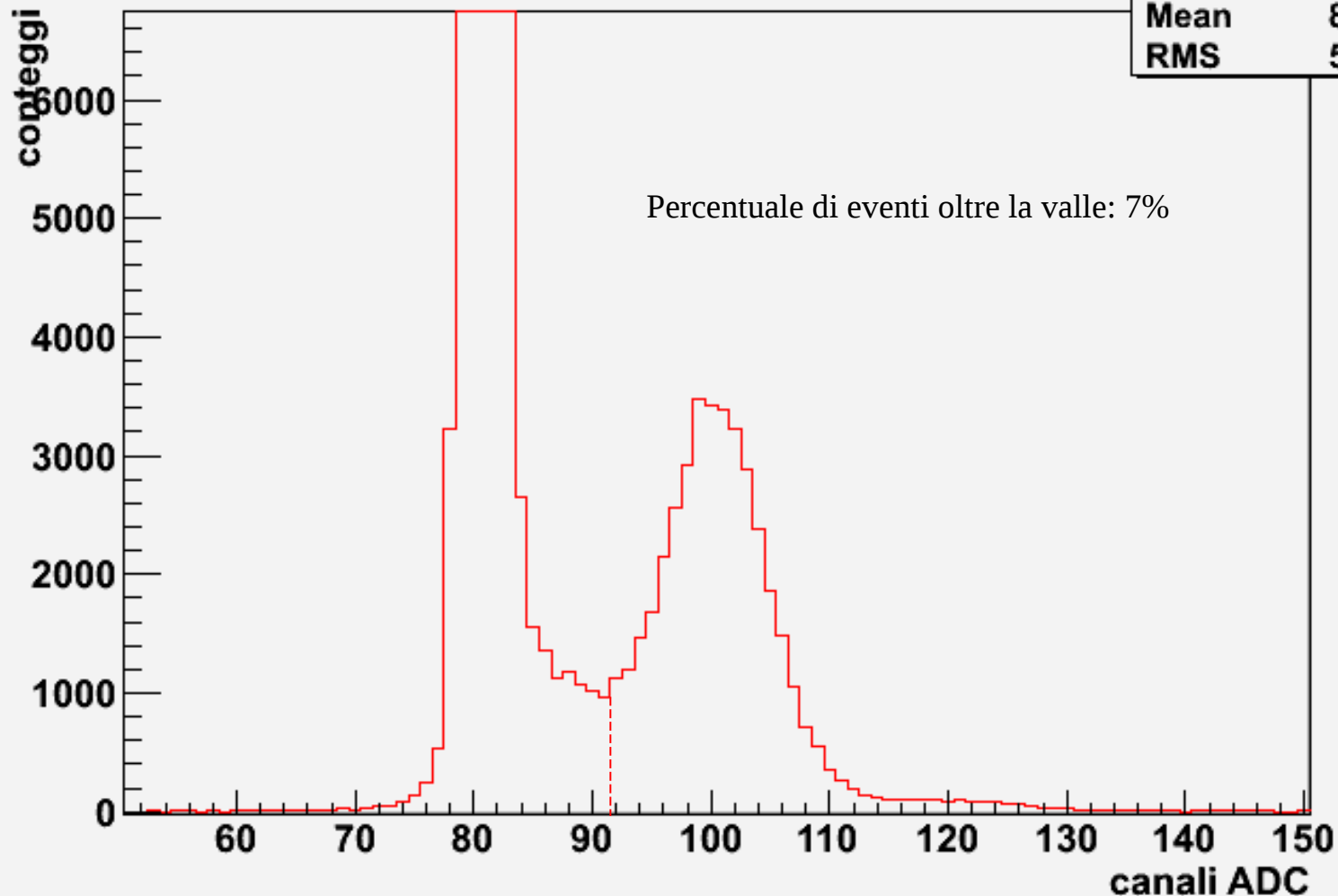
$$\sum_{n=2}^{\infty} P(n) = 0,01$$

Taratura del fotomoltiplicatore

Individuazione del picco

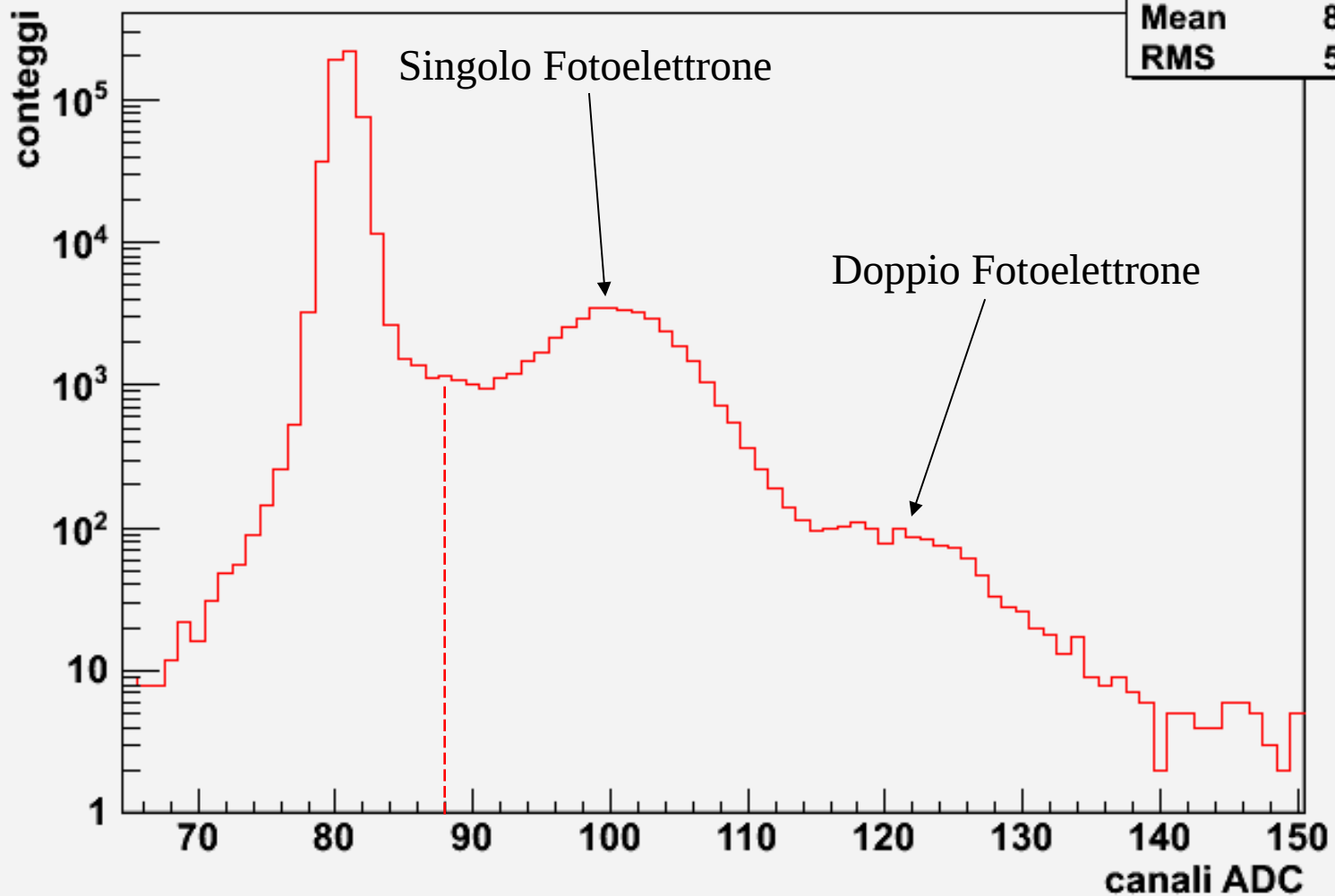
Spettro Segnale

Histogram	
Entries	582001
Mean	82.18
RMS	5.553



Scala logaritmica

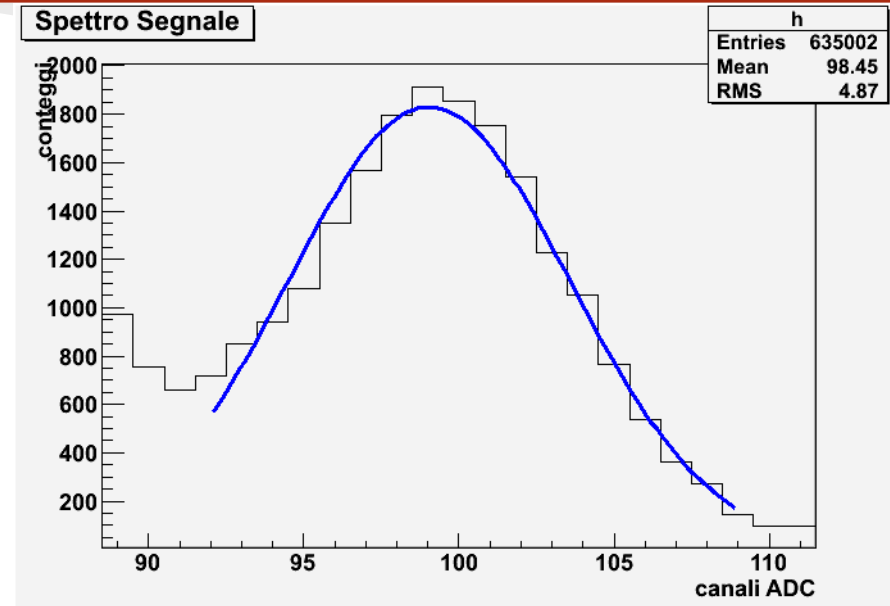
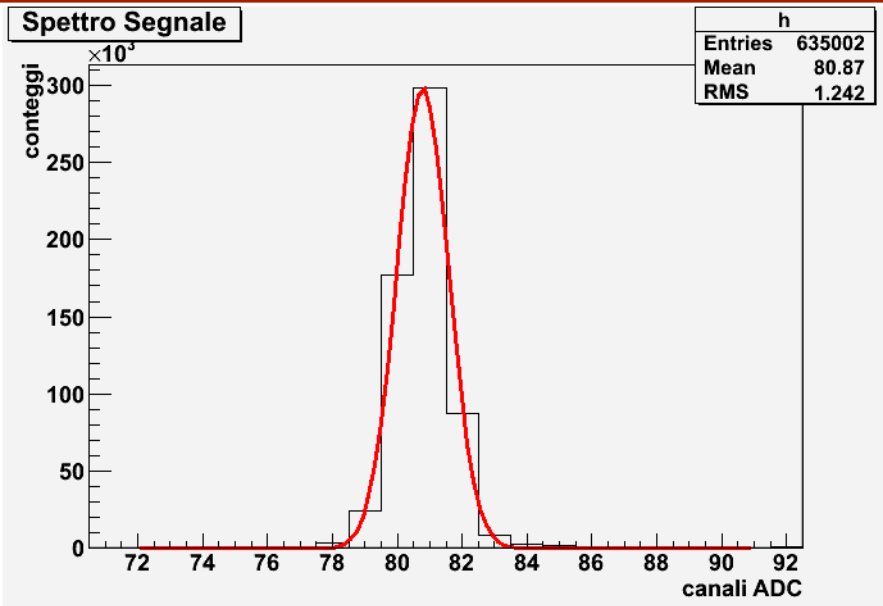
Spettro Segnale



Histogram

Entries	582001
Mean	82.19
RMS	5.548

Calcolo del guadagno



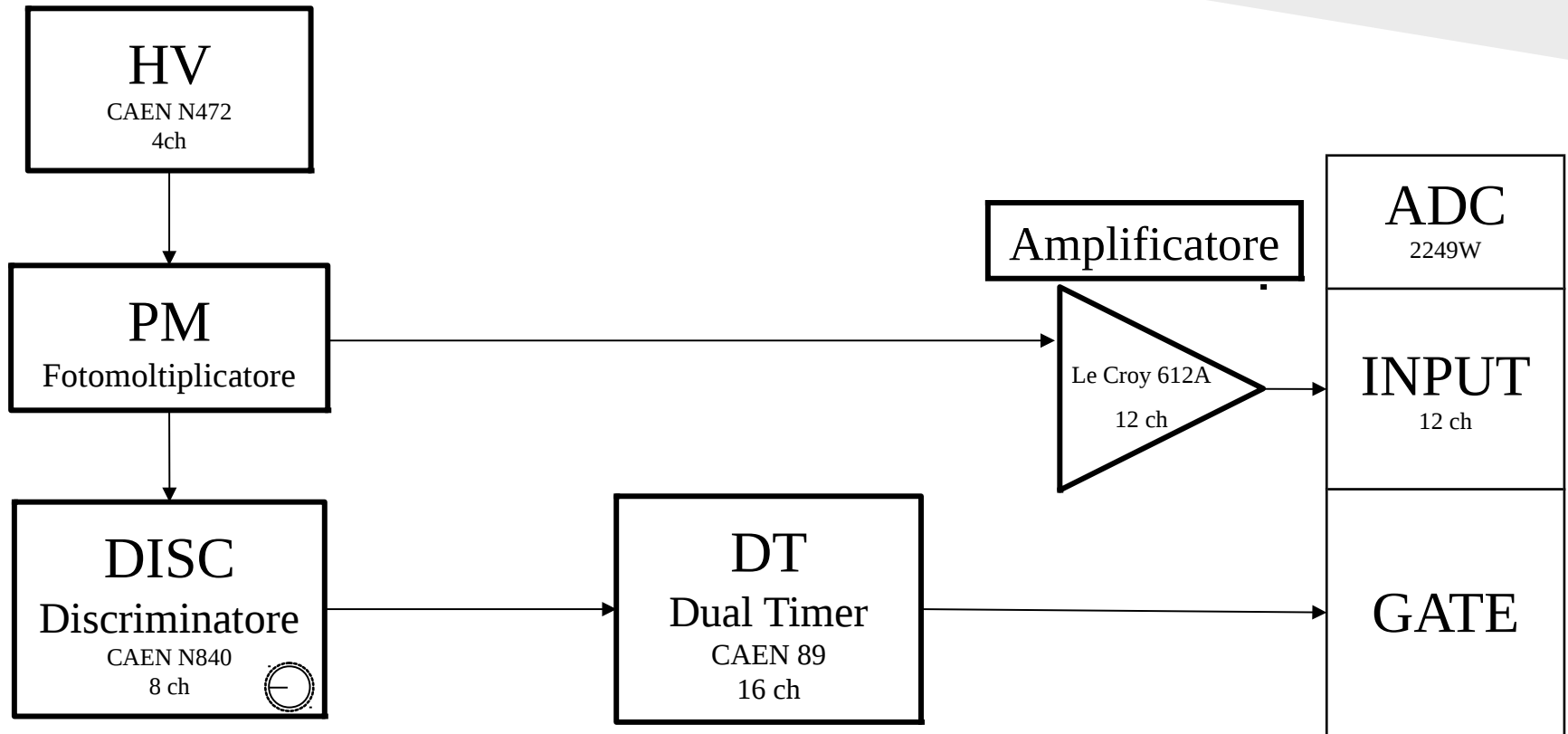
Utilizzando la stessa serie di misure si eseguono due fit gaussiani per determinare la posizione del picco del piedistallo e di quello del singolo fotoelettrone.

- Picco del piedistallo: (80 ± 1) canali
- Picco del singolo: (99 ± 1) canali
- Bisogna tenere conto che abbiamo amplificato il segnale in uscita di un fattore 10 ± 1
- Ogni canale dell'ADC corrisponde a 0.25 pC

$$G = \frac{I_A}{I_K} = \frac{q}{A \cdot e} = \frac{19 \cdot 0.25 \cdot 10^{-12} \text{ C}}{10 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = (3,0 \pm 0,2) \cdot 10^6$$

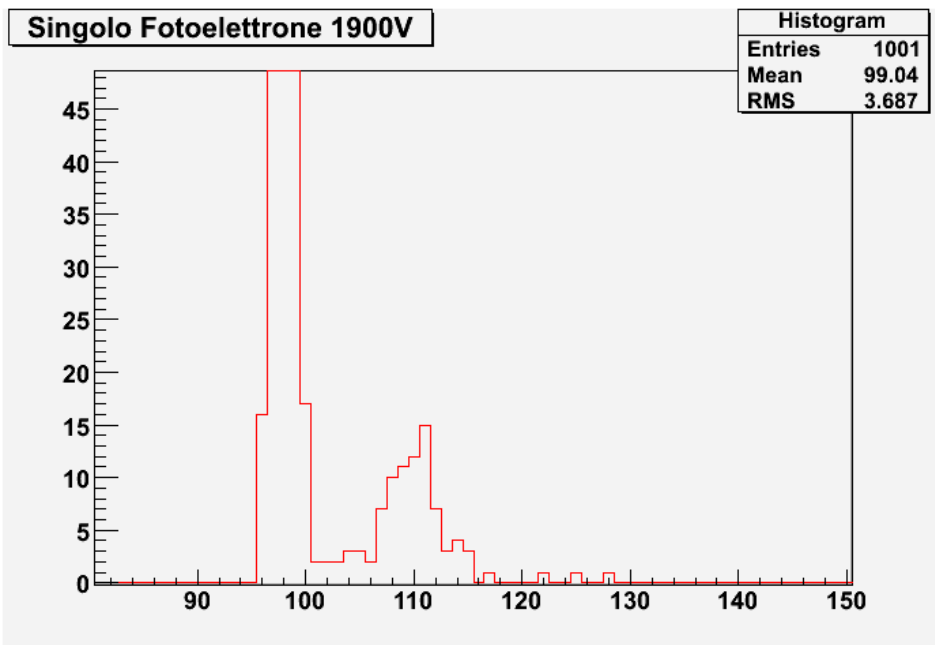
Ricerca di una soglia

catena elettronica

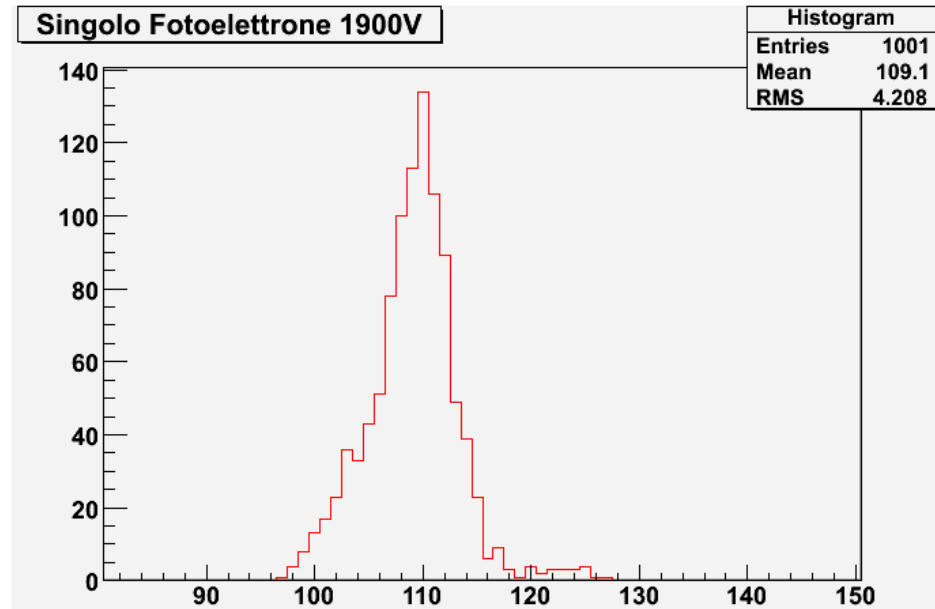


Ricerca di una soglia

Senza soglia

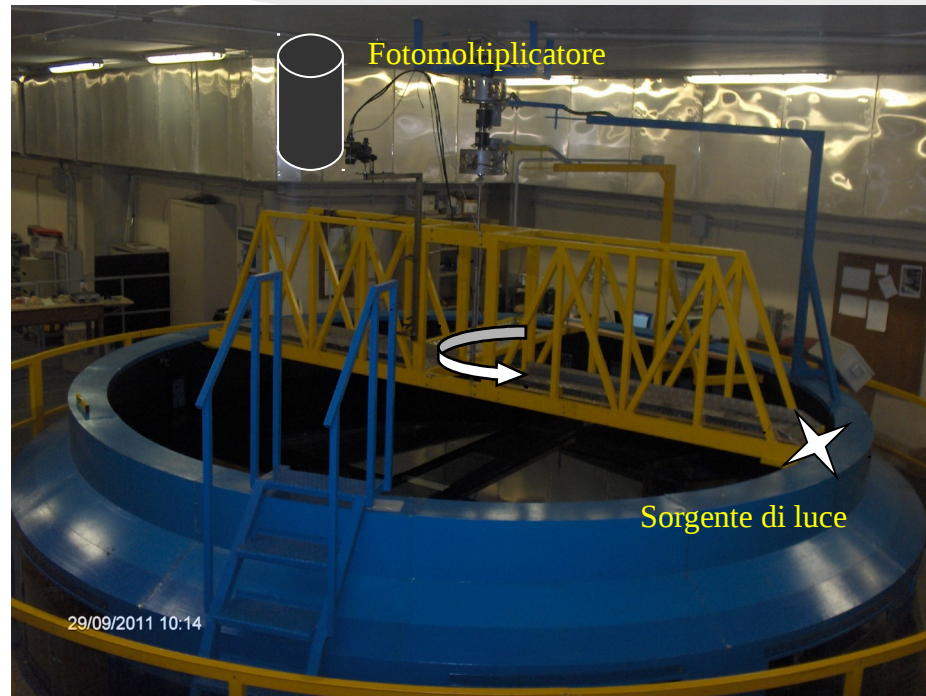
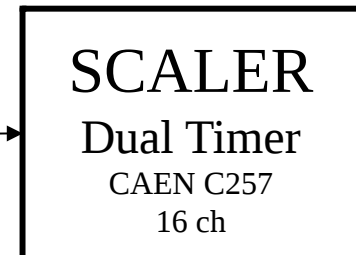
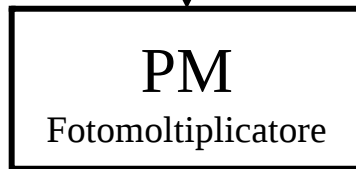
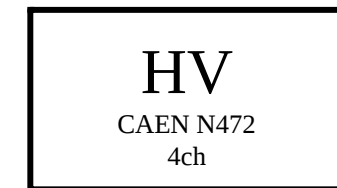


Con soglia a 22 mV



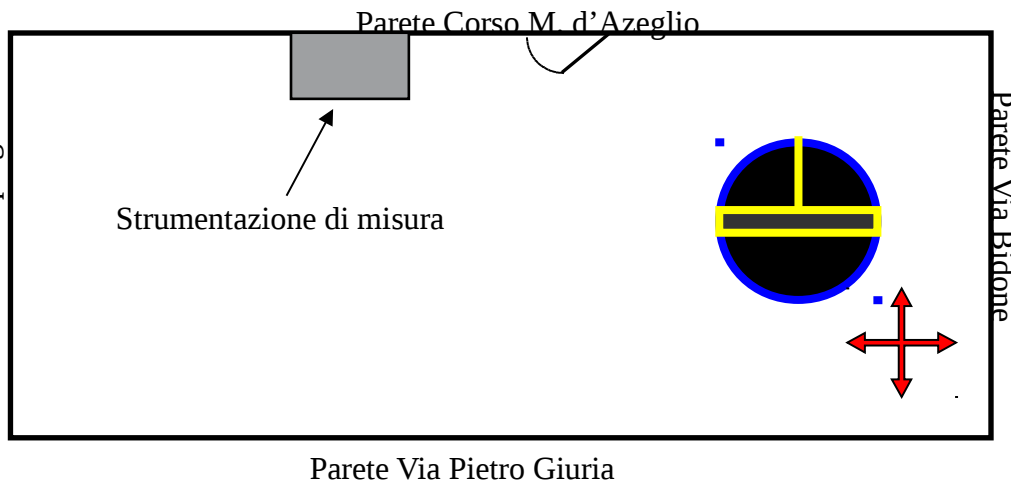
Misura del fondo

catena elettronica



Laboratorio: la vasca rotante

Si misura il fondo a luci completamente spente



Condizioni del fondo in orbita:

- 600 kHz
- 2-2,4 MHz

Condizioni	Rumore
coperto	~ 8 kHz
parete via Valperga	~ 10 kHz
parete corso M. d'Azeglio	~ 50 kHz
parete via Bidone	~ 20 kHz
parete via Pietro Giuria	~ 20 kHz
puntato verso la vasca	20 - 25 kHz

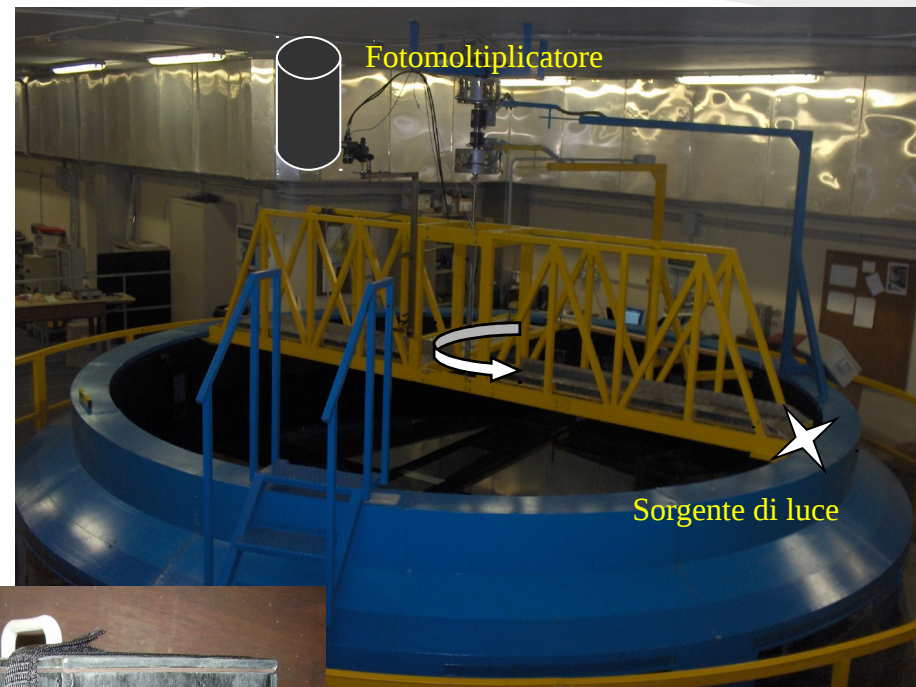
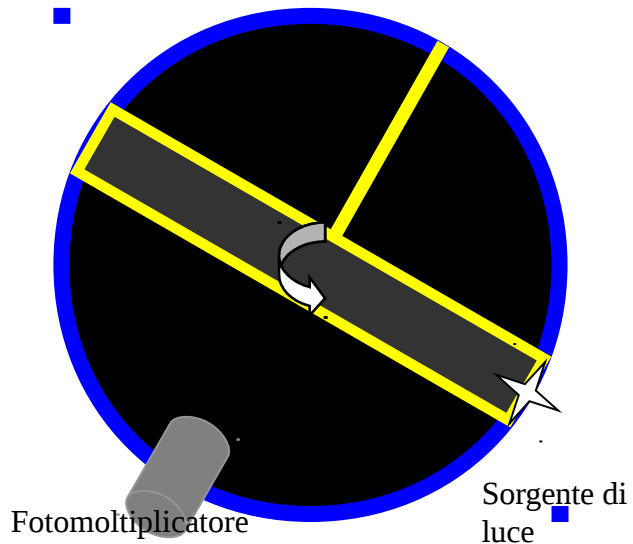
Il laboratorio può essere utilizzato per le misure successive

Studio della risposta ad un impulso

- Come risponde il fotomoltiplicatore se sollecitato con un segnale in movimento?
- Utilizziamo la vasca rotante per simulare l'orbita del telescopio
- Si utilizzano diverse sorgenti luminose e un filtro ottico che fa passare le frequenze tra 300 e 400 nm

La vasca

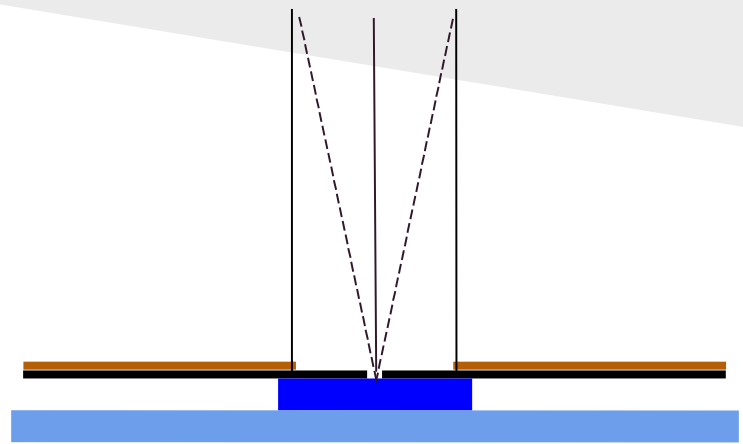
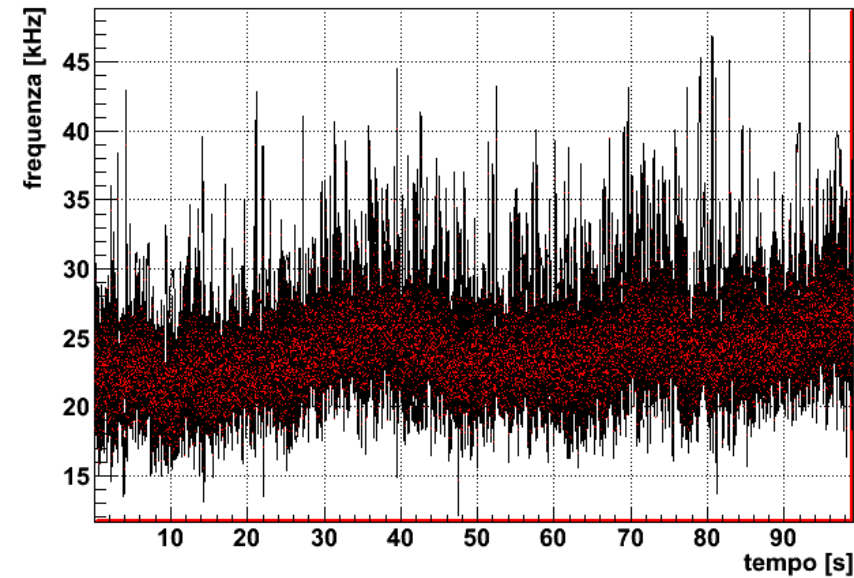
Le parti gialle e il fondo nero sono in movimento
la luce non è puntata verso il fotomoltiplicatore ma si
riflette su un velo d'acqua



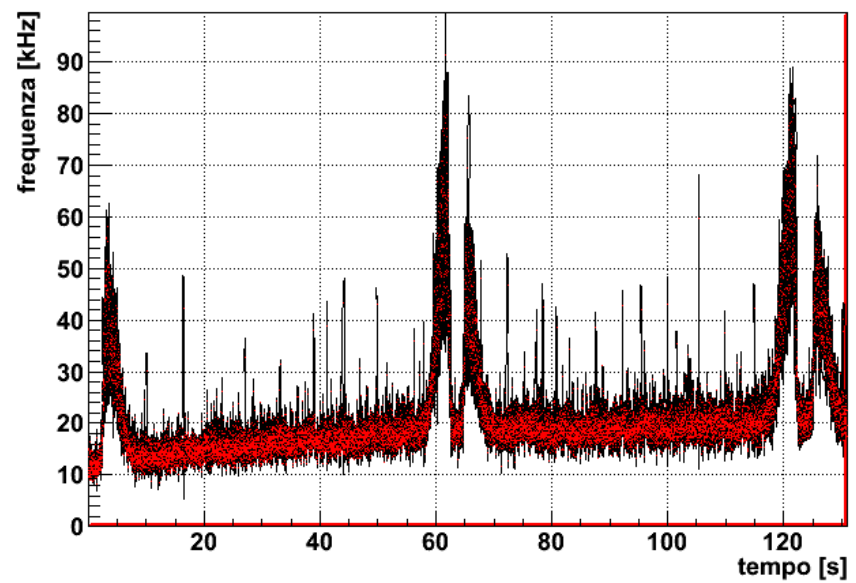
Scatola
Fotomoltiplicatore

Il campo di vista del fotomoltiplicatore

fondo

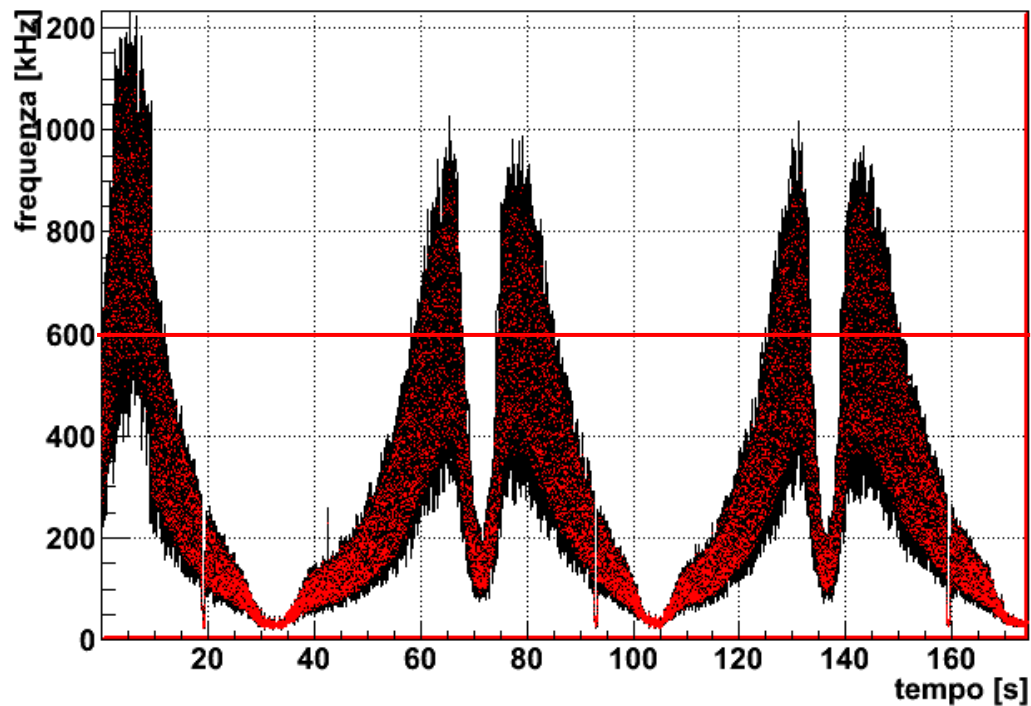


campo di vista limitato



Cosa vediamo

2 giri e mezzo

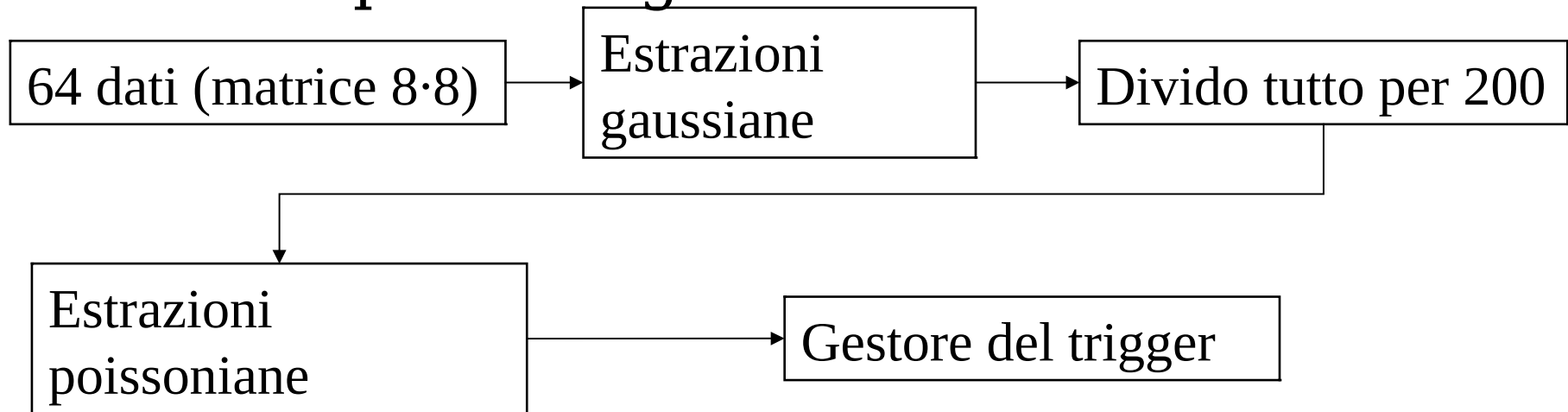


Si nota:

- Il **minimo** in posizione iniziale e dopo 1 e 2 giri completi
- Il **minimo** dopo 0,5; 1,5 e 2,5 giri
- Il **minimo** causato dal passaggio del braccio molto vicino al fotomoltiplicatore
- I **massimi** simmetrici alla posizione iniziale e alle sue equivalenti

Simulazione

Per testare il trigger si è sviluppato un software in ambiente root che, utilizzando i dati del fondo ne genera altri casuali con una distribuzione poissoniana riscalandoli secondo questo ragionamento:



Conclusioni

- Si è verificata l'idoneità del laboratorio alle simulazioni riguardanti il sistema di trigger
- Sono state preparate le catene elettroniche per le misure che verranno effettuate anche sul multianodo
- Si è implementato un programma che permette di testare la risposta del software di trigger con dati estratti poissonianamente da una serie di dati sperimentali

Ringraziamenti



Propagazione degli errori

$$G = \frac{q}{A \cdot e} = \frac{C \cdot 0,25 \cdot 10^{-12}}{A \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,56 \cdot 10^6 \frac{C}{A}$$

$$\sigma = 1,56 \cdot 10^6 \sqrt{\frac{\sigma_C^2}{A^2} + \frac{C^2 \sigma_A^2}{A^4}} = 1,56 \cdot 10^5 \sqrt{2 + 3,24} = 2 \cdot 10^5$$