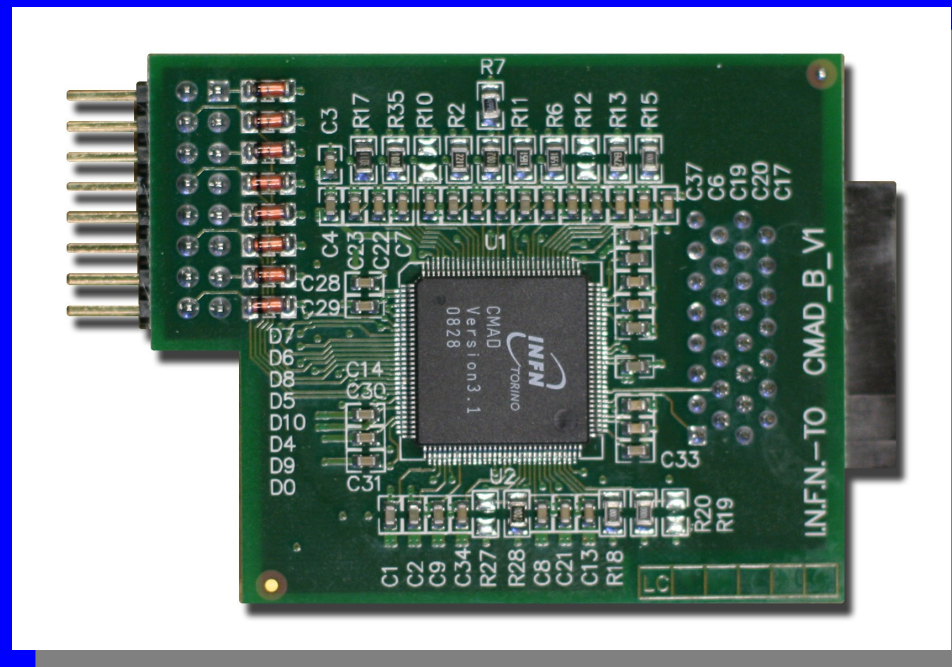


# Caratterizzazione e test del nuovo chip CMAD V3 per l'elettronica di front-end del RICH-1 di COMPASS



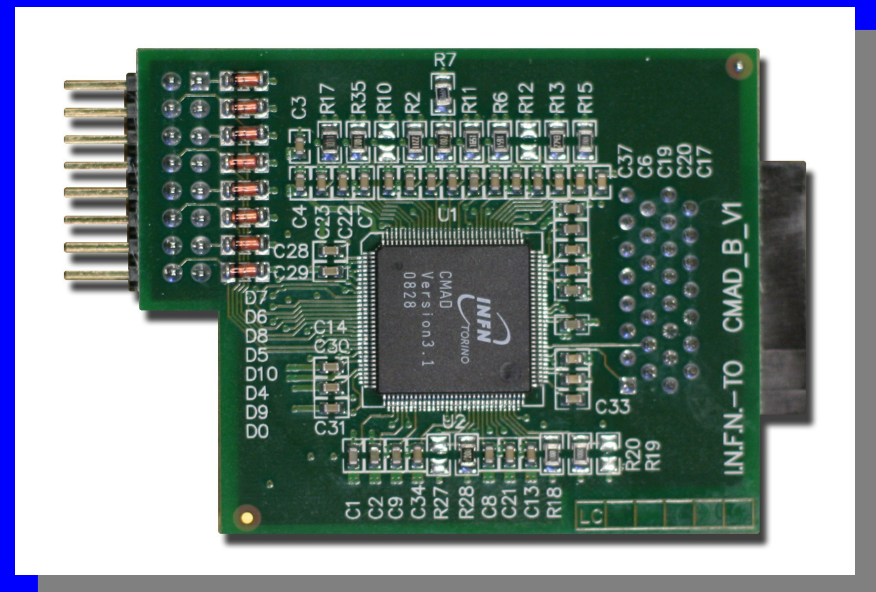
RELATORE: Ferruccio Balestra  
CORRELATRICE: Michela Chiosso  
CONTRORELATORE: Angelo Rivetti

CANDIDATO: Marco Brusa

# Caratterizzazione e test del nuovo chip CMAD V3 per l'elettronica di front-end del RICH-1 di COMPASS

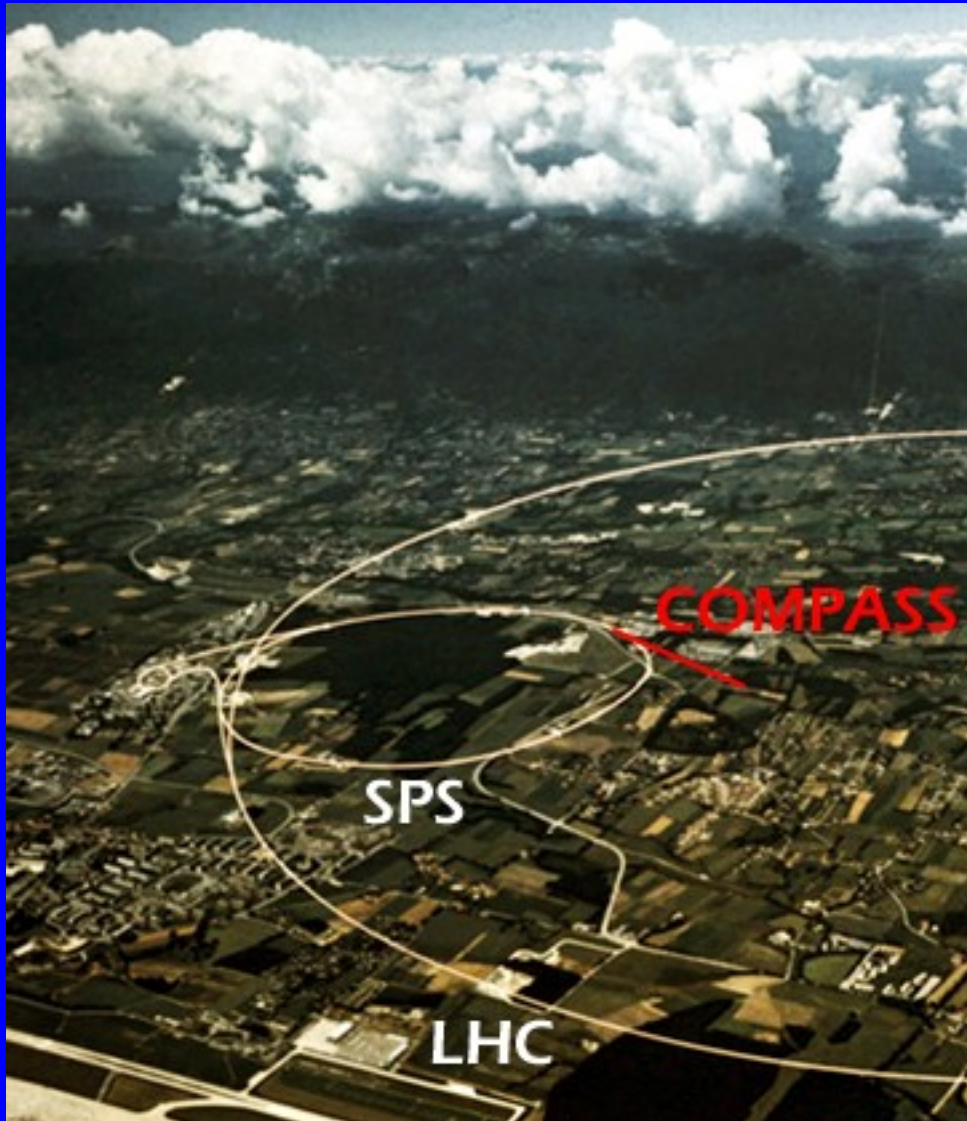
## ARGOMENTI TRATTATI:

- L'esperimento COMPASS
- Il RICH-1 di COMPASS
- L'up-grade: dal MAD4 al CMAD
- Il sistema di test del CMAD
- Il programma di test
- Conclusioni



# L'esperimento COMPASS

COmmon Muon Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy



## Ambito di ricerca:

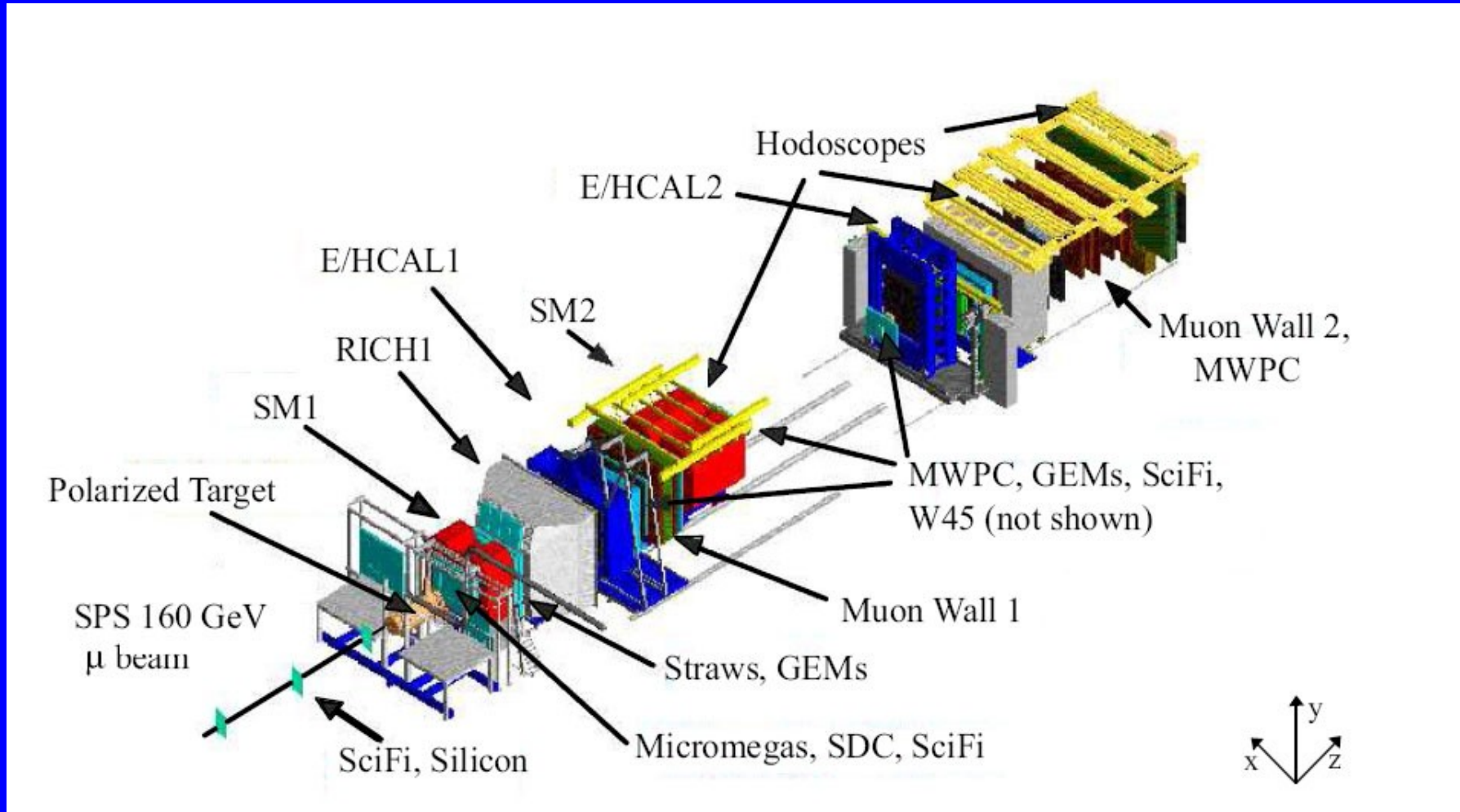
- Funzioni di struttura dei nucleoni
- Spettroscopia adronica

## Caratteristiche:

- Alta luminosità,  $\sim 4 \cdot 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Bersaglio fisso polarizzato
- Fascio muonico o adronico ad alta energia (400 GeV/c)

# L'esperimento COMPASS

COmmon Muon Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy

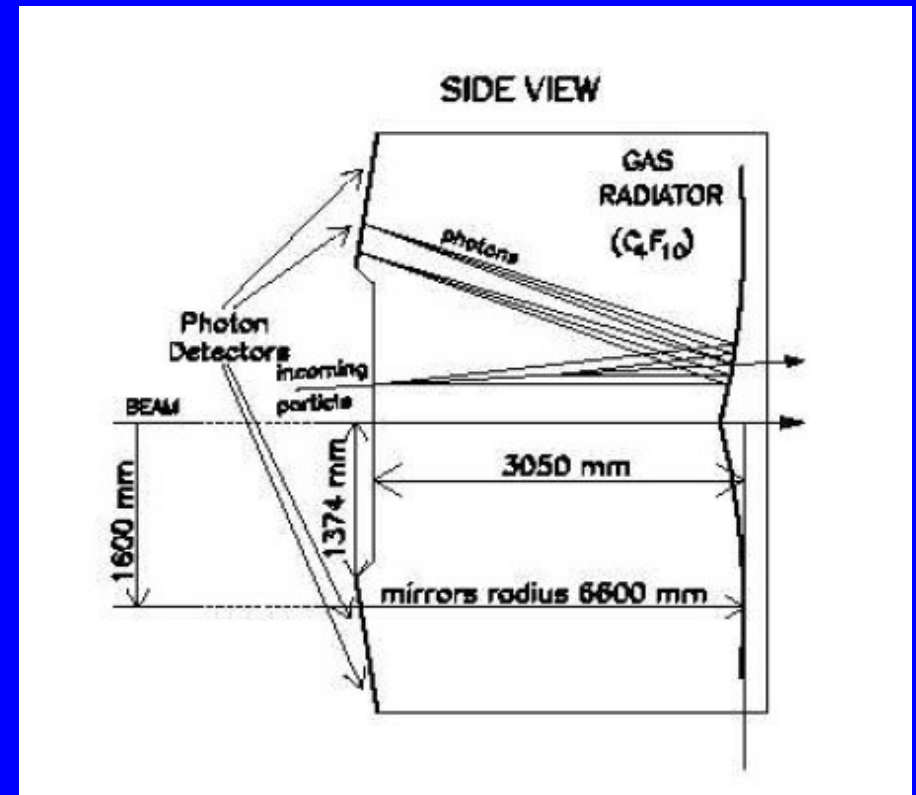
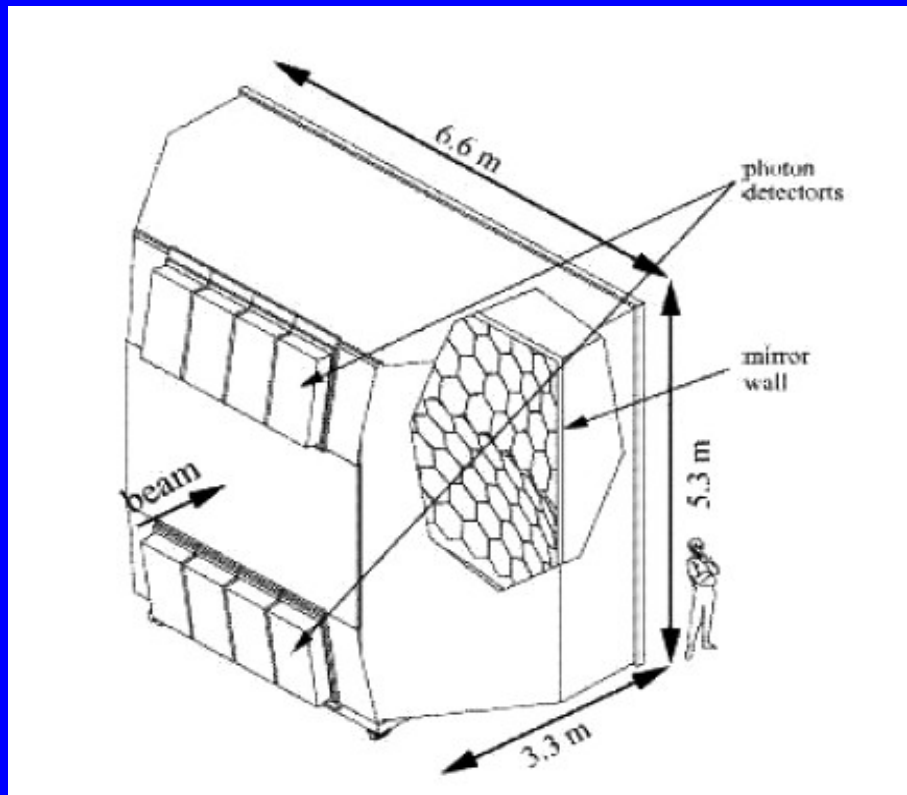


# RICH-1

## Ring Imaging Cherenkov detector

### Caratteristiche:

- gas radiator:  $C_4F_{10}$
- superficie:  $21\text{m}^2$
- accettazione angolare:
  - orizzontale:  $\pm 250\text{ mrad}$  , verticale:  $\pm 180\text{ mrad}$
- range in lunghezza d'onda:  $165 - 200\text{ nm}$



# RICH-1

I rivelatori

Zona periferica:

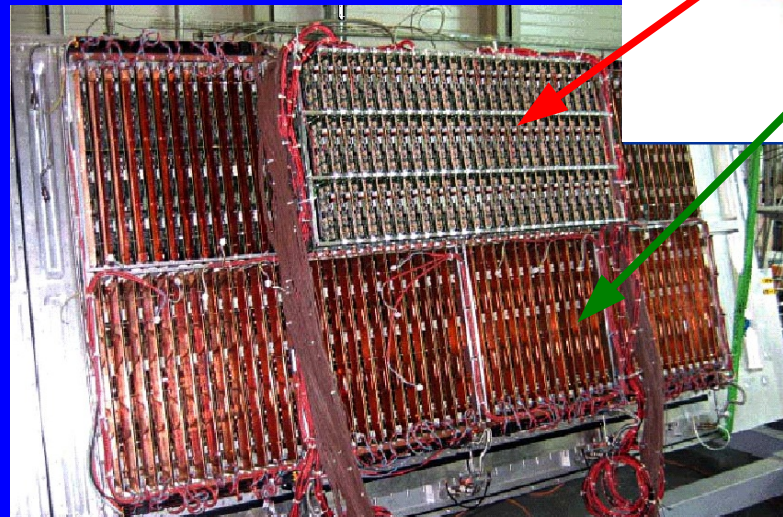
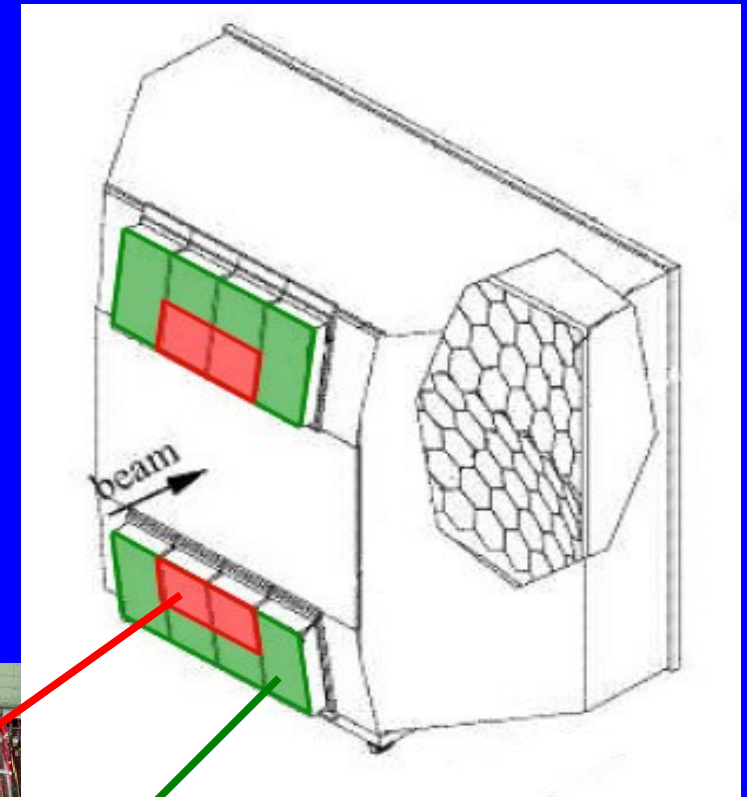


- Multi Wire Proportional Chambers (MWPC) con fotocatodi CsI

Zona centrale:

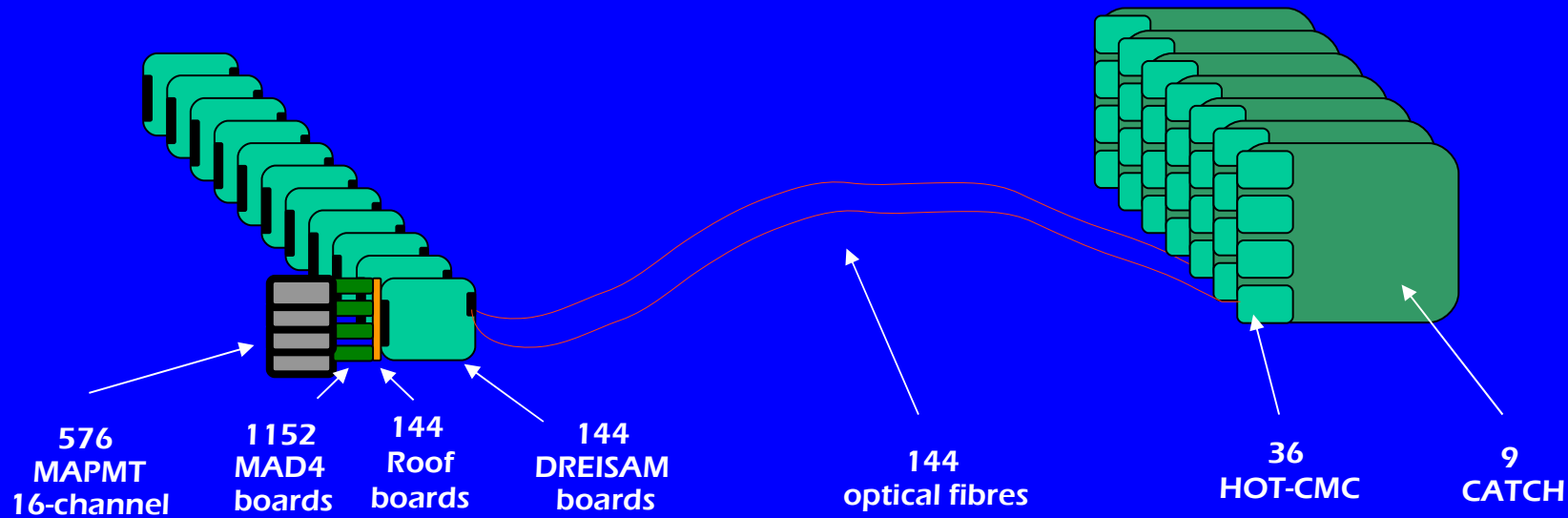


- Multy Anode Photons Multiplier Tube (MAPMT)

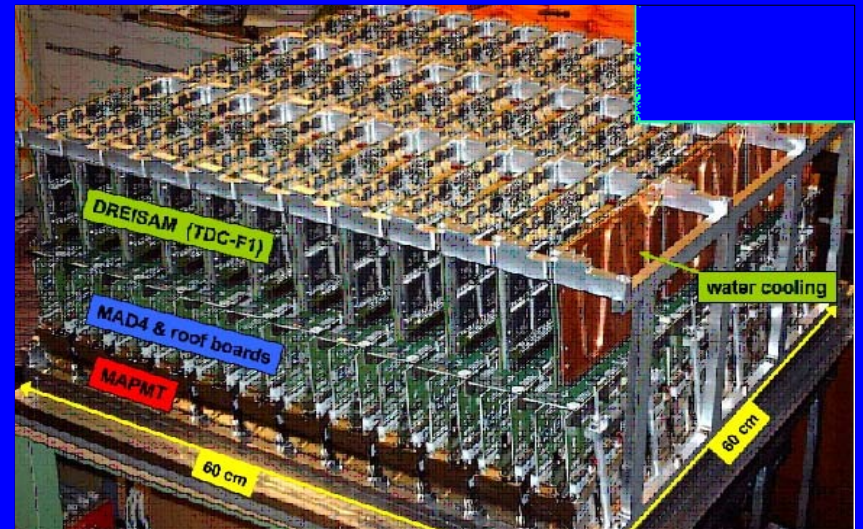
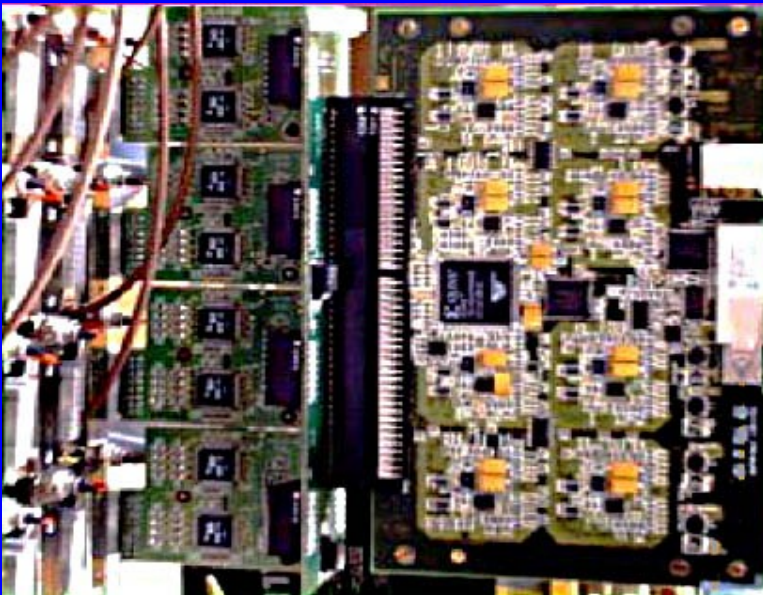


# RICH-1

## L'elettronica di front-end

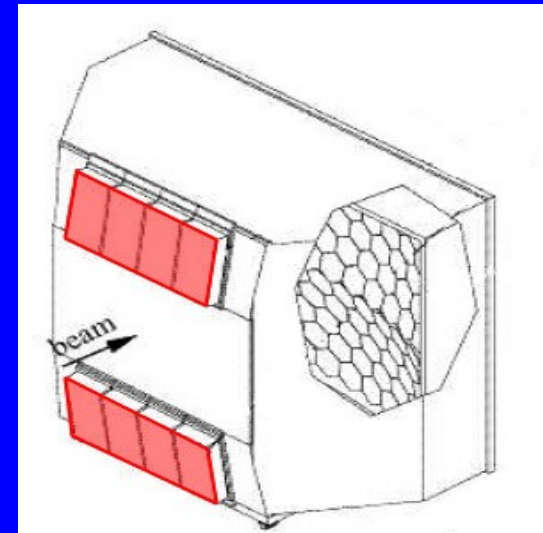
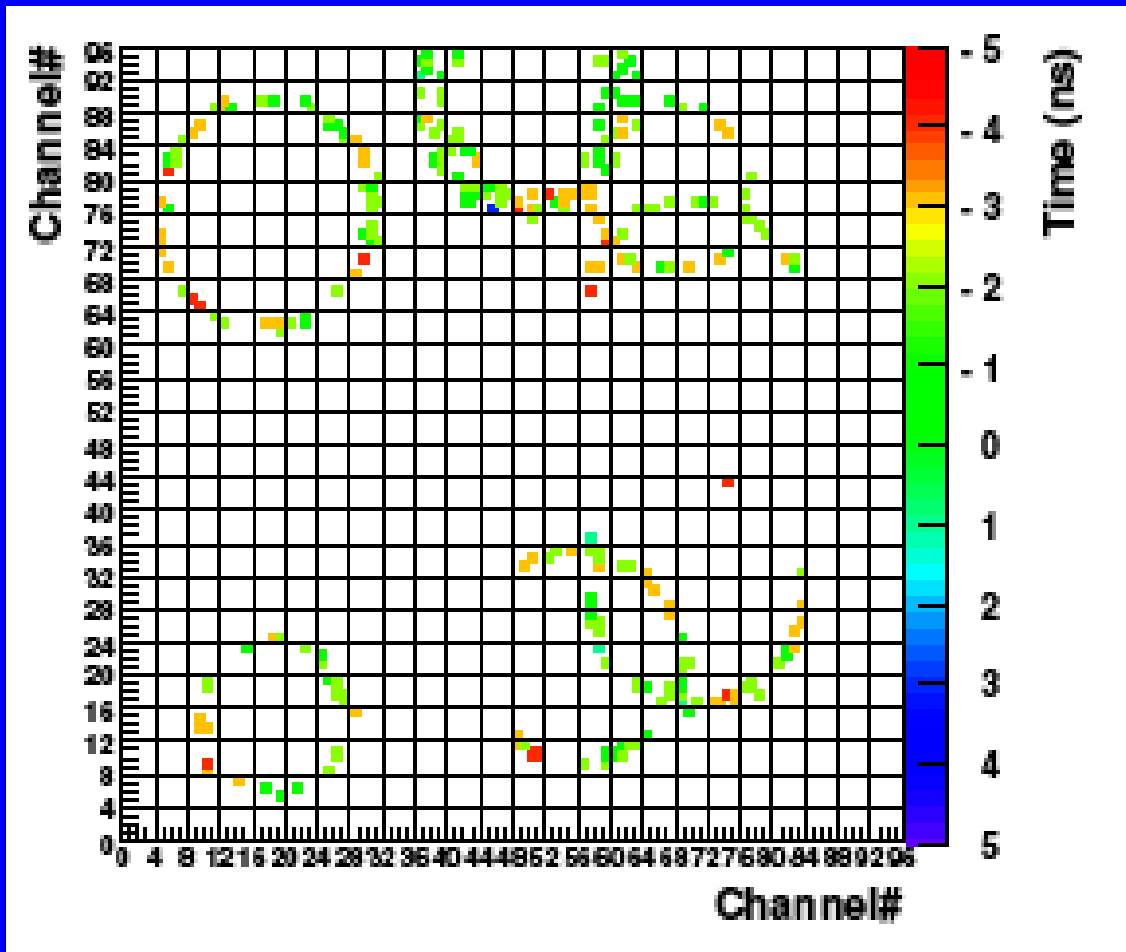


MAD4 boards e dreisam boards montate a valle dei MAPMTs



# RICH-1

## La formazione dell'immagine



- i segnali dei singoli MAPMT vengono amplificati e processati dall'elettronica di front-end
- le informazioni raccolte concorrono a formare l'immagine finale: gli anelli di luce cherenkov

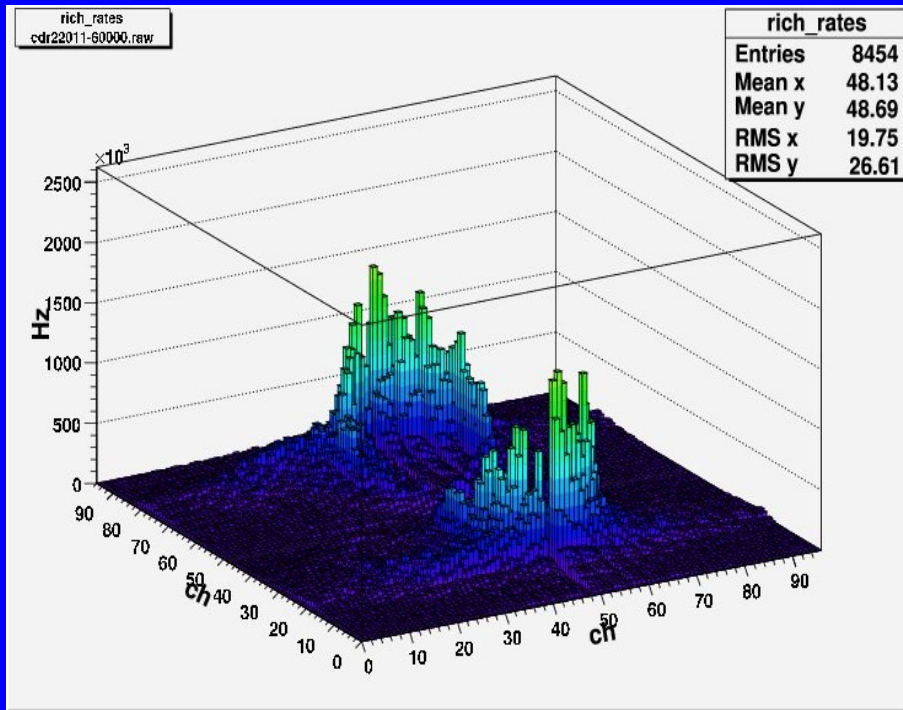


# DAL MAD-4 AL CMAD

## I motivi dell'up-grade

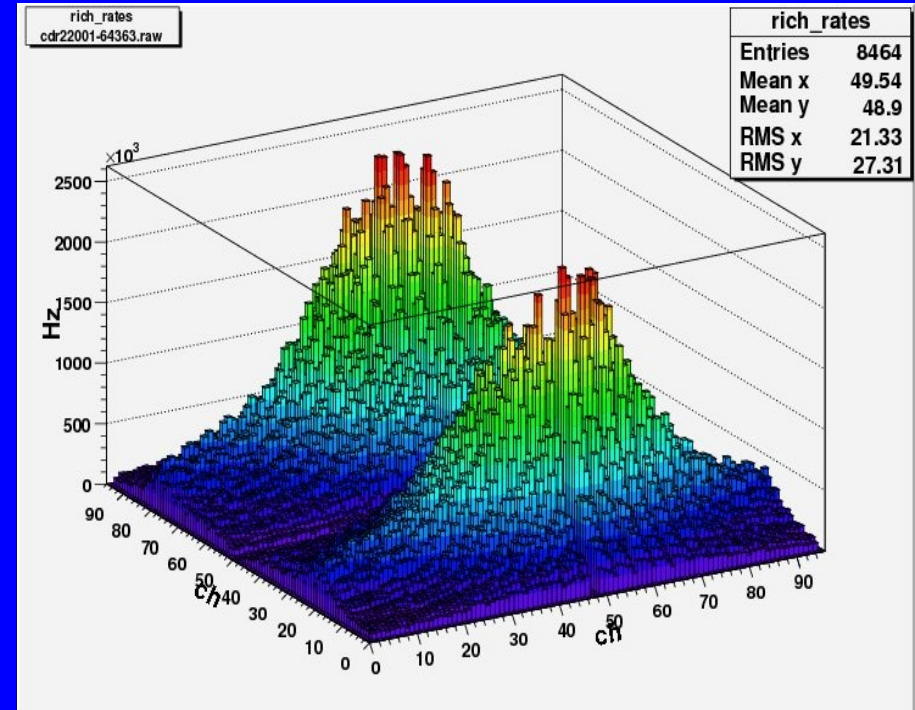
### Programma con fascio di muoni:

- frequenza di trigger di 20 KHz
- frequenza fino a 1 MHz/canale



### Programma con fascio adronico:

- frequenza di trigger di 100 KHz
- frequenza eventi superiore 5MHz/canale



# DAL MAD-4 AL CMAD

## I motivi dell'up-grade

### Programma con fascio di muoni:

- frequenza di trigger di 20 KHz
- frequenza fino a 1 MHz/canale

### MAD4:

- frequenze di lavoro inadatte  
al run adronico
- un DAC esterno
- programmazione delle  
soglie comune  
per tutti i canali
- guadagno fisso (3.35mV/fC)  
comune per tutti i canali

### Programma con fascio adronico:

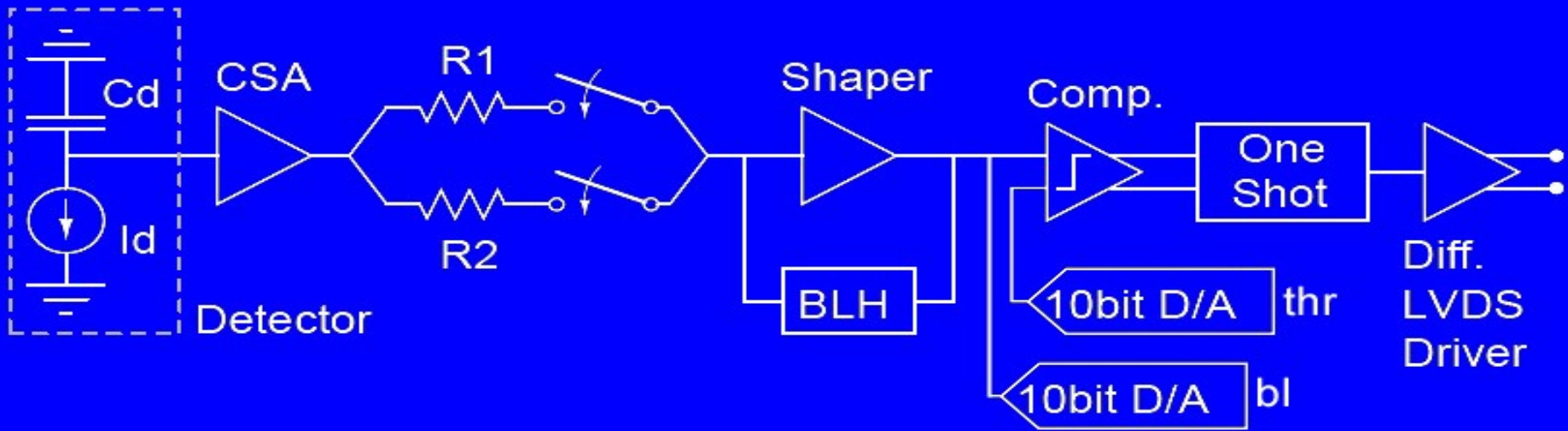
- frequenza di trigger di 100 KHz
- frequenza eventi superiore 5MHz/canale

### CMAD V3:

- frequenze di lavoro adatte al run adronico
- due DAC integrati
- programmazione di soglie e baseline  
selettiva per ciascun canale
- granularità variabile (1 mV/dig, 0.5 mV/dig)
- guadagno programmabile e selettivo per  
ciascun canale
- range dinamico più esteso
- progettato e sviluppato dell'INFN di  
Torino

# CMAD

## L'architettura dei singoli canali



- **CSA: Charge Sensitive Amplifier**

- **BLH: BaseLine Holder**

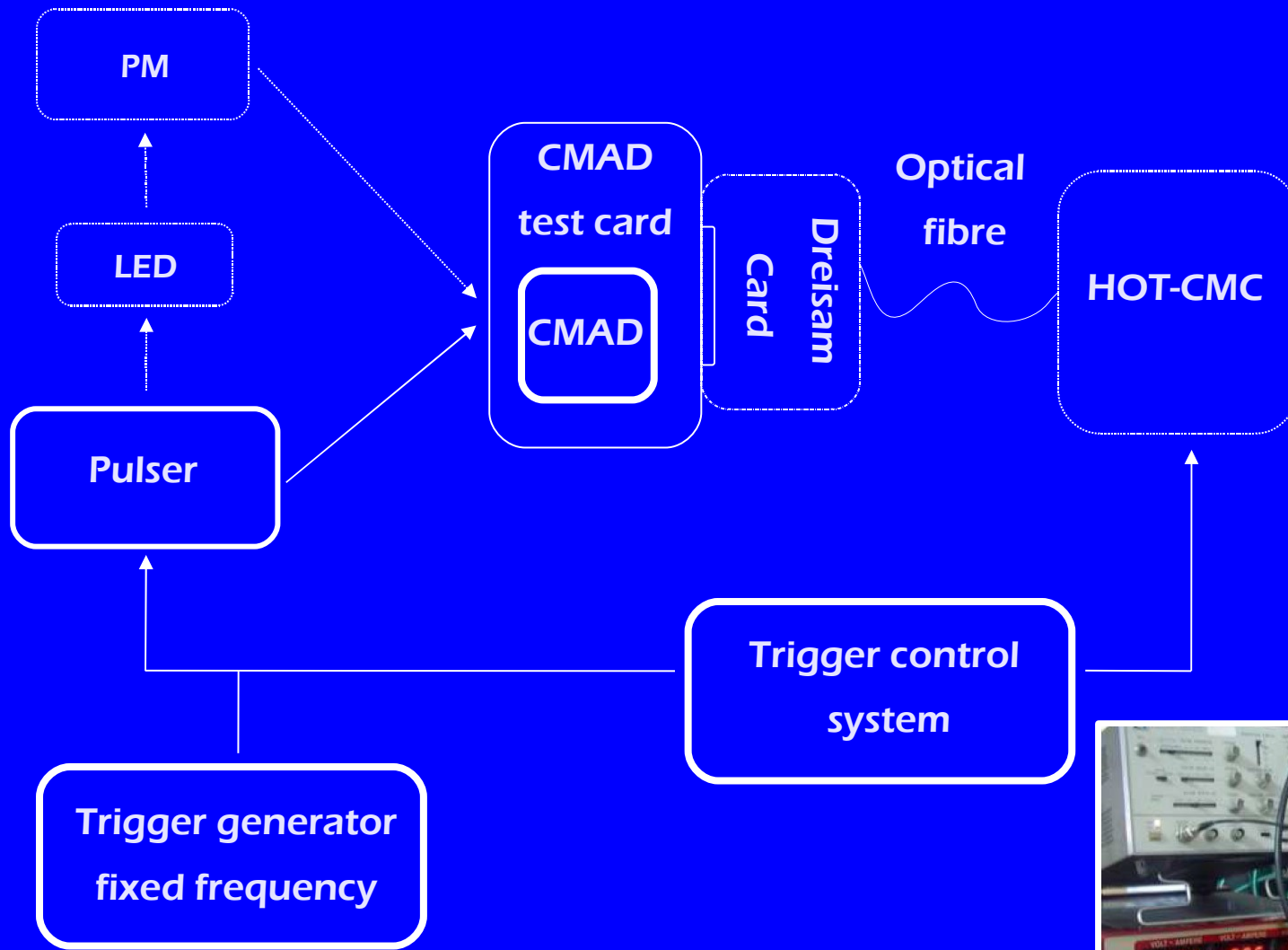
- **10bit D/A: Digital to Analog**

**Converter (logica a 10 bit)**

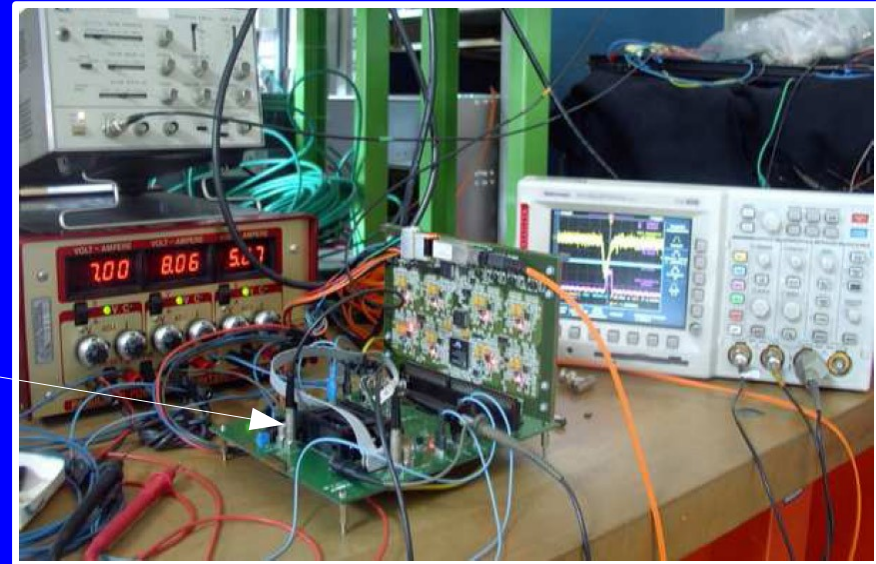
- **R1, R2: Selettore high - low gain mode (1x, 4x)**

- **LVDS Driver**

# CMAD, il sistema di test

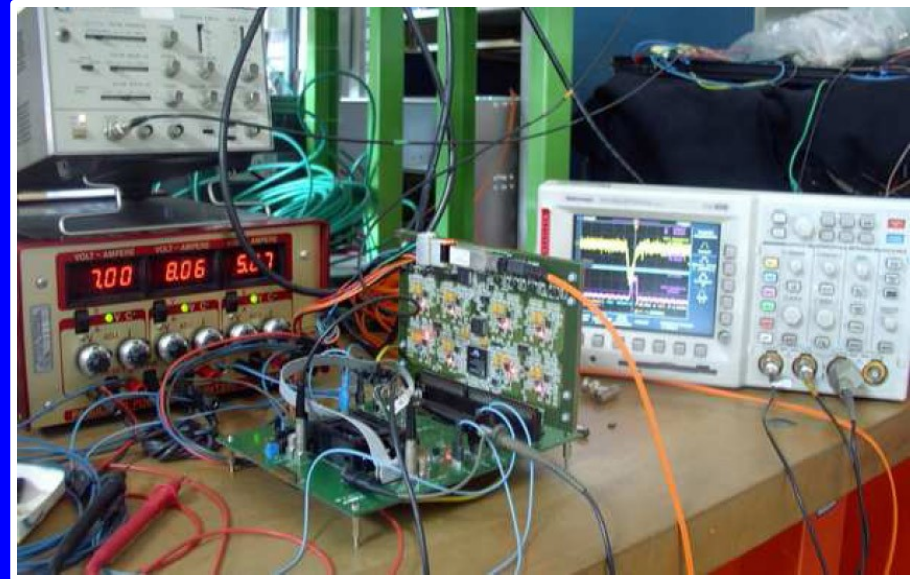


CMAD

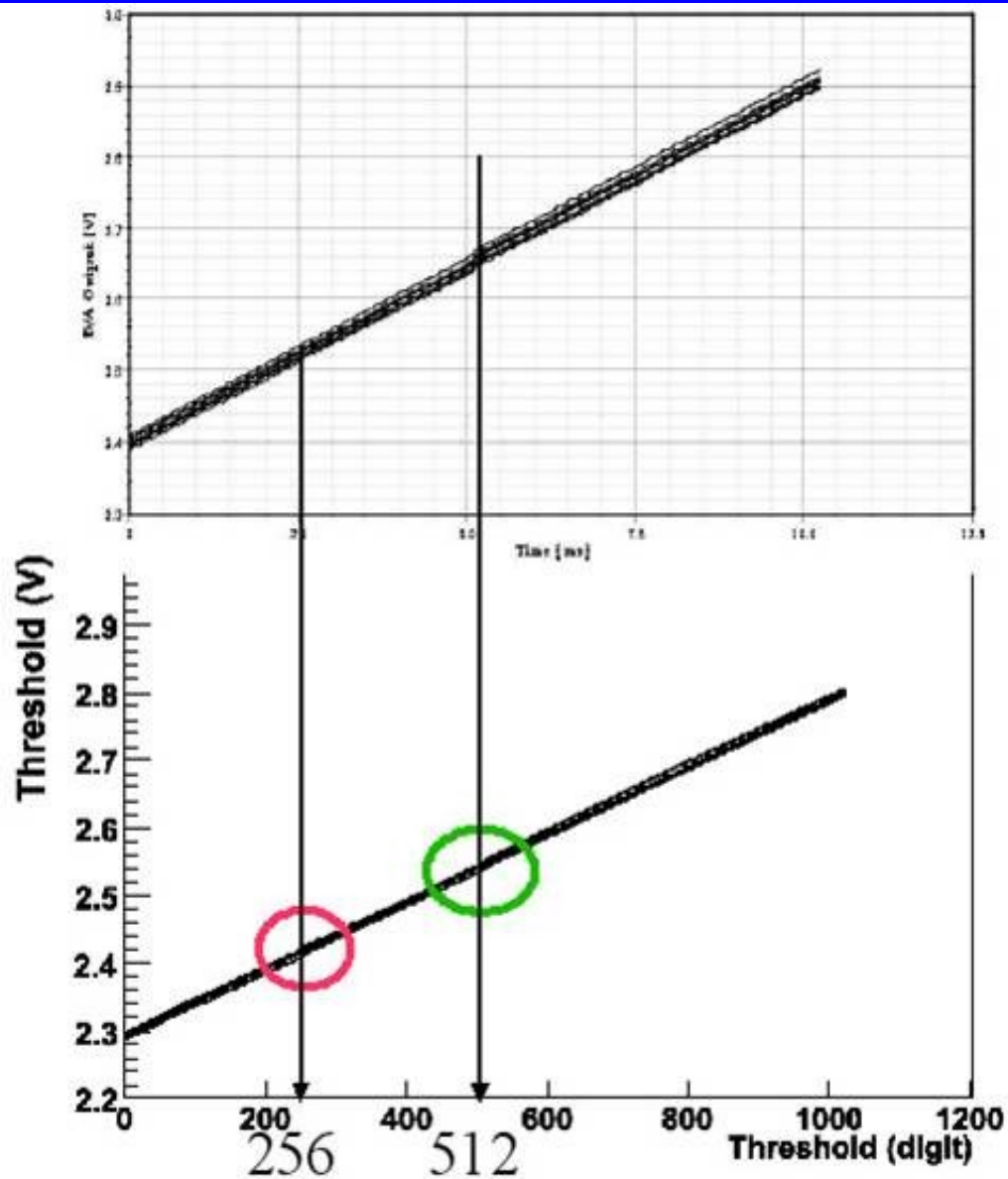


# CMAD, Il programma di test

- 1 Verifica della linearità del DAC
- 2 Misura del rumore elettronico
- 3 Equalizzazione dei canali
- 4 Verifica delle linearità del guadagno
- 5 Verifica della corretta programmazione del guadagno
- 6 Misura dell'efficienza al variare della frequenza
- 7 Test degli esemplari prodotti in serie



# - 1 Verifica della linearità del DAC

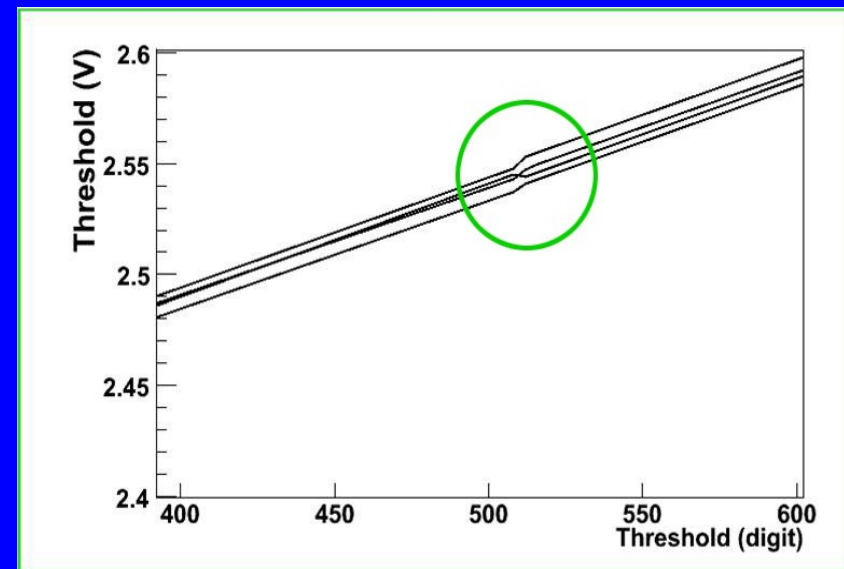
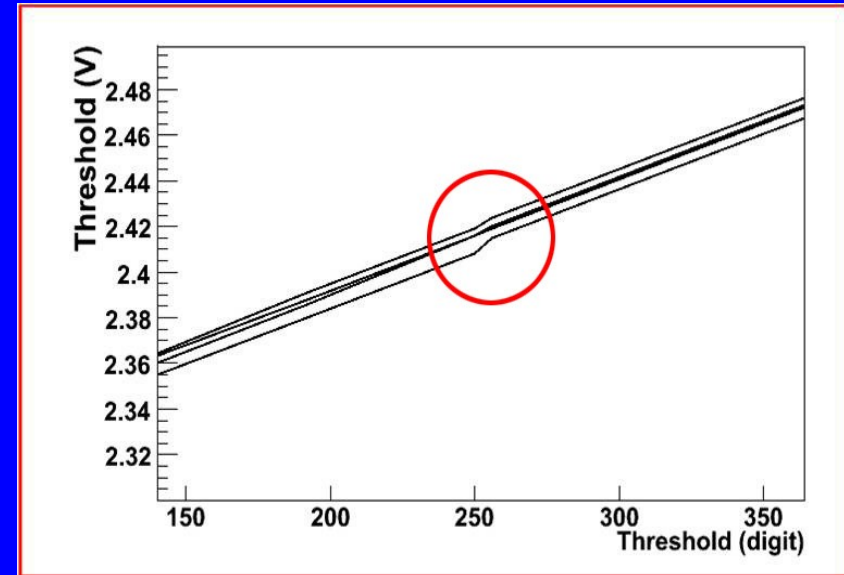
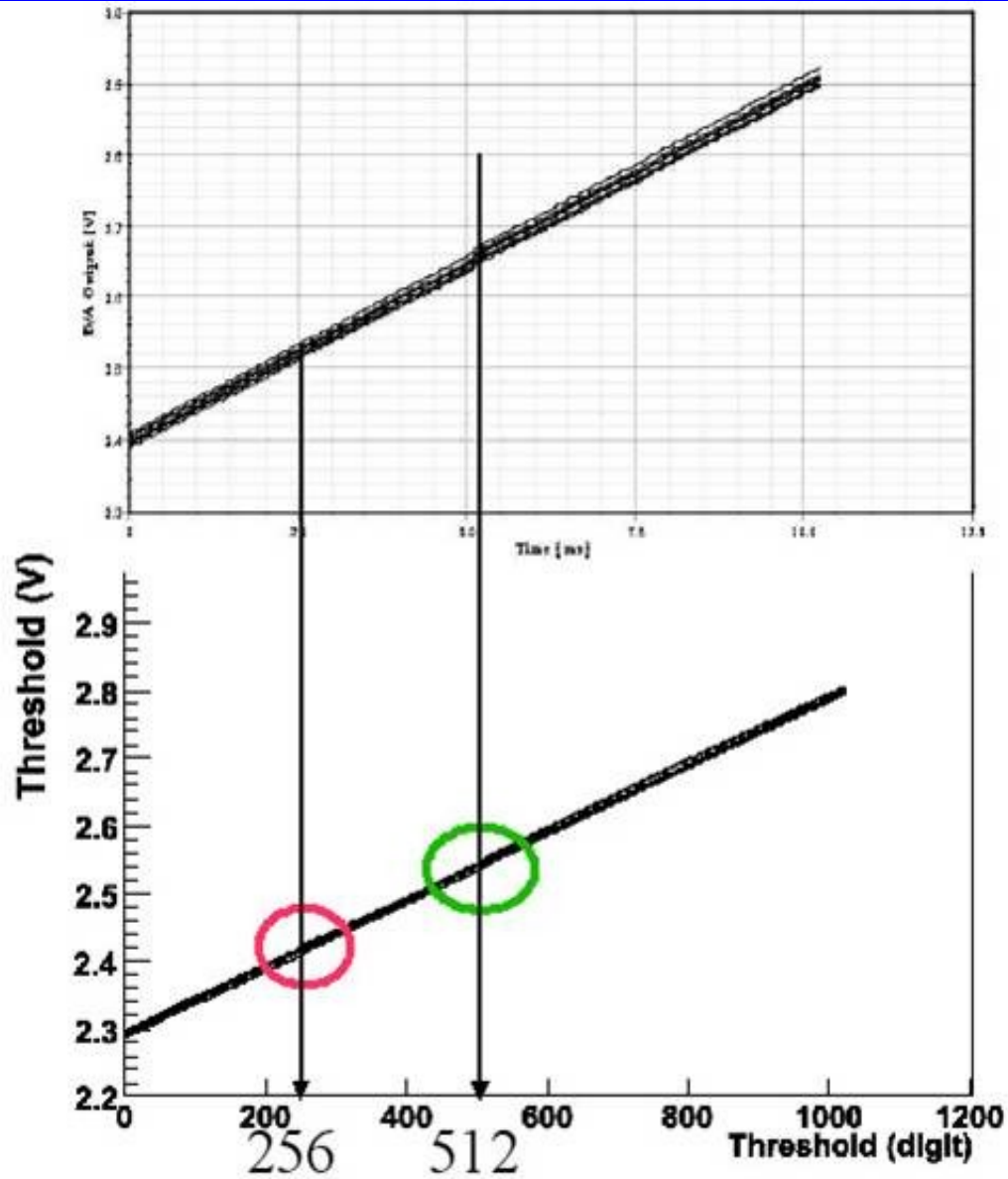


- il comportamento su larga scala appare lineare ed uniforme su tutto il range dinamico

- appaiono lievi disuniformità in corrispondenza di alcune transizioni critiche

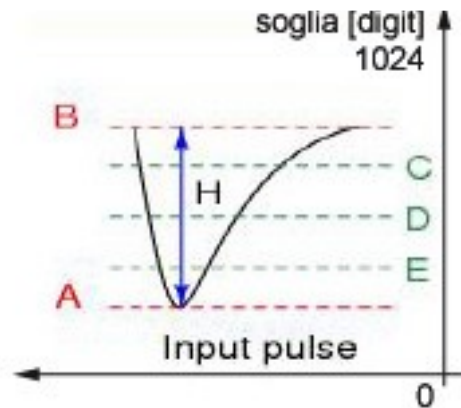
- la loro entità non comporta problemi di utilizzo

# - 1 Verifica della linearità del DAC



# - Lo scan di soglia

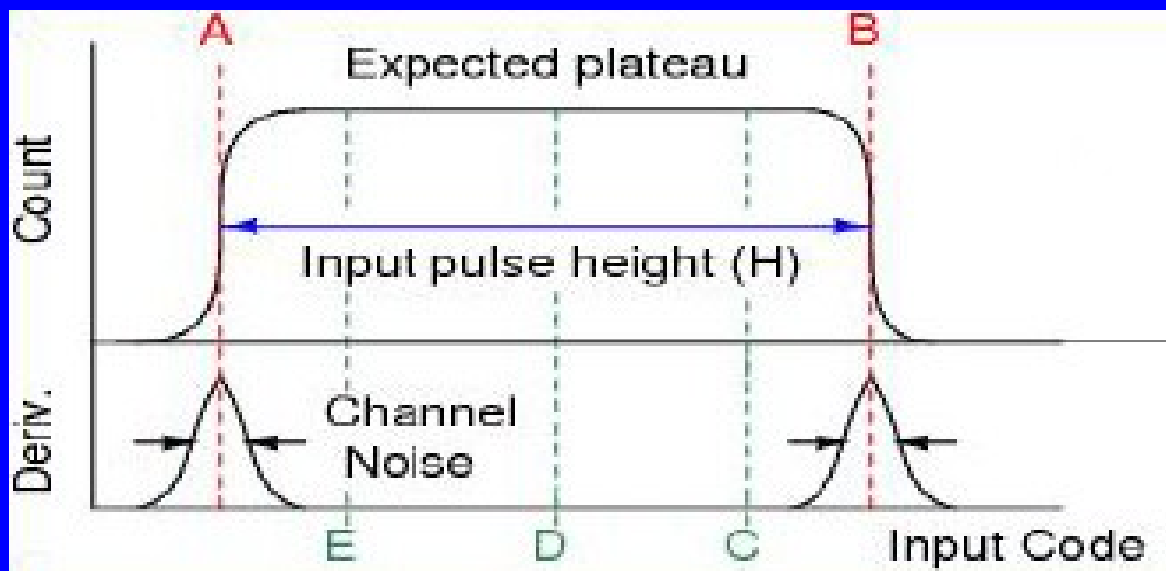
Segnale prodotto dai MAPMT



H = ampiezza del segnale

B = livello di baseline

A = livello di soglia



Profilo del segnale ottenuto con la tecnica dello scan di soglia

Derivata del profilo del segnale



# - 2 Misura del rumore elettronico

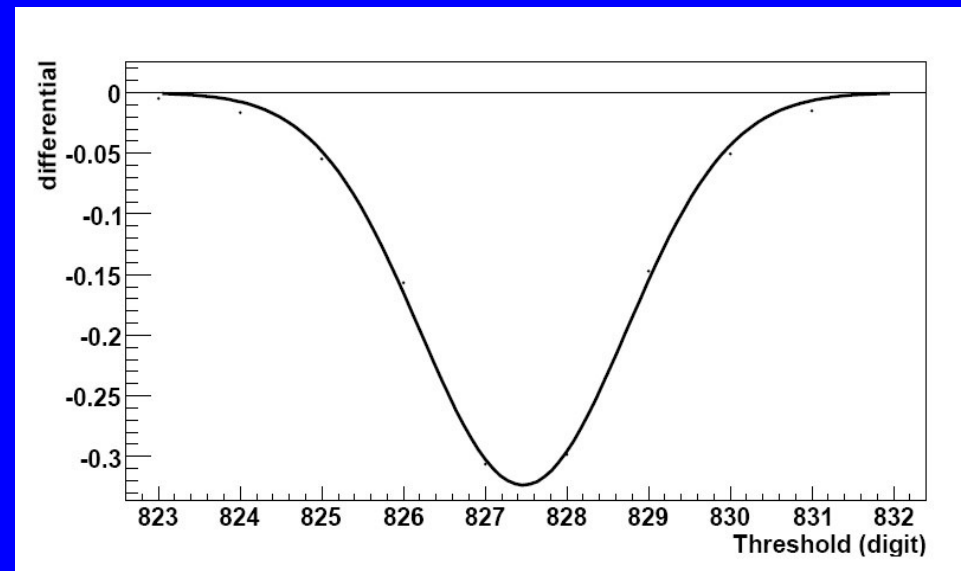
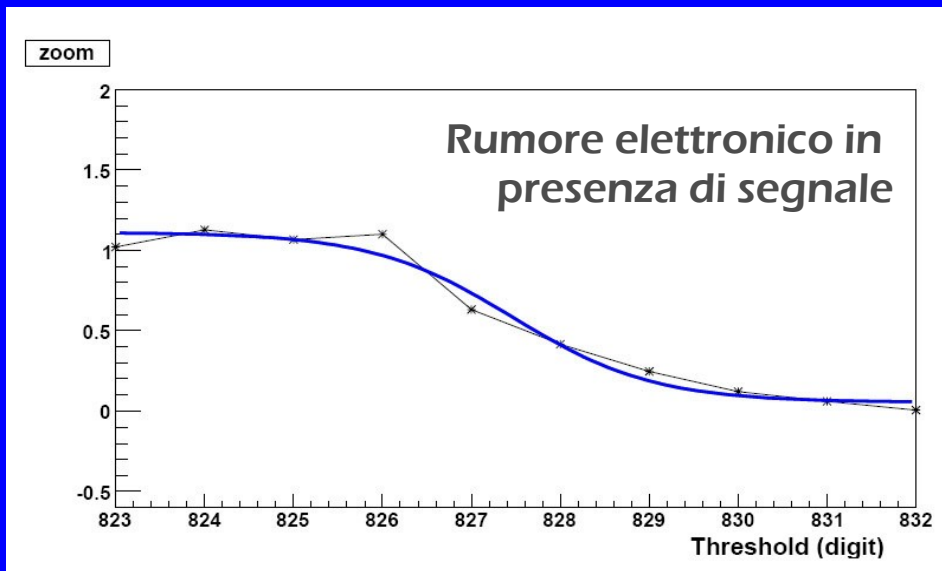
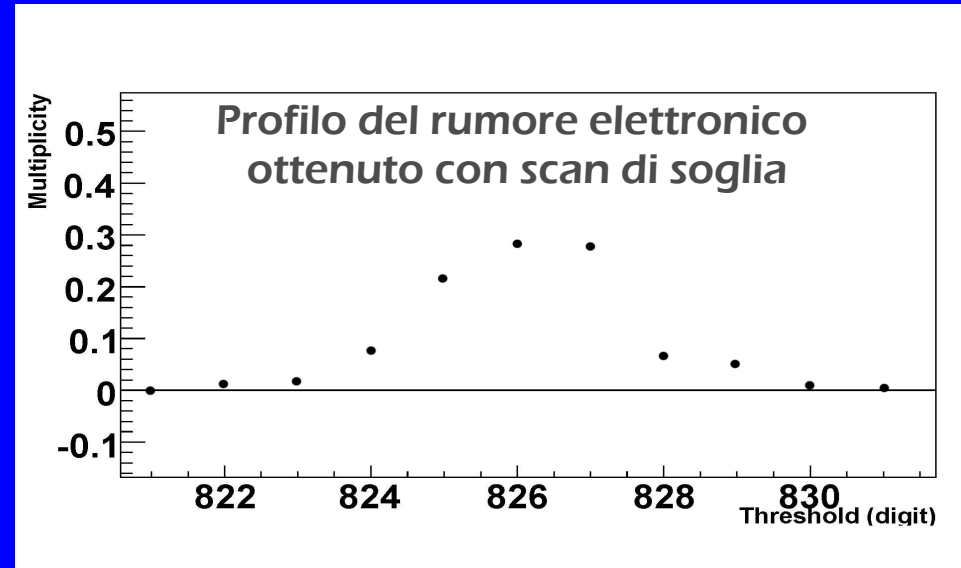
## Condizioni:

- granularità 0,5 mV/digit
- guadagno 1,2 mV/fC

Misure effettuate sulla rampa di salita del segnale:

RMS della gaussiana ~ 1,5 digit  
=> Tensione ~ 0,75 mV

=> Rumore ~ 0,62 fC



# - 3 Equalizzazione dei canali

## Il problema:

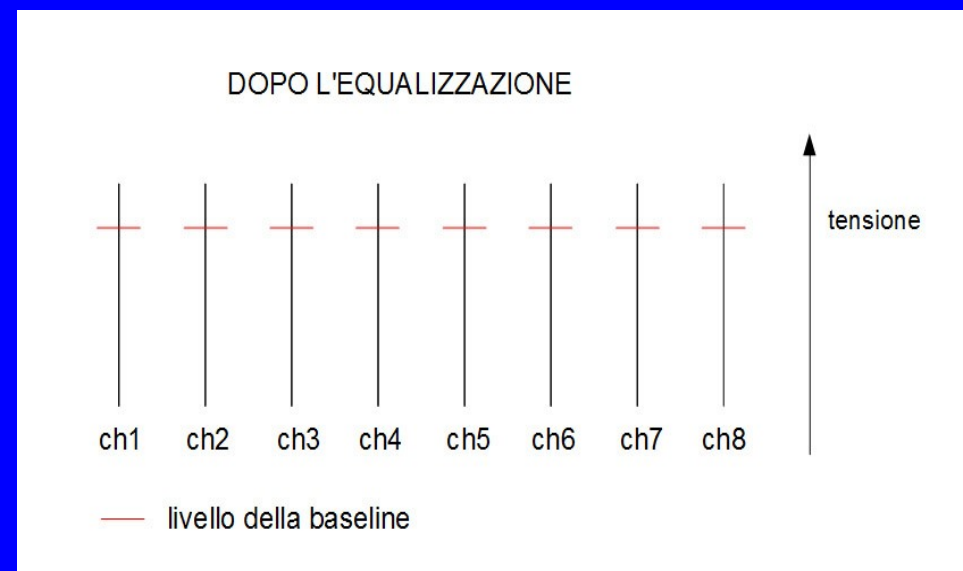
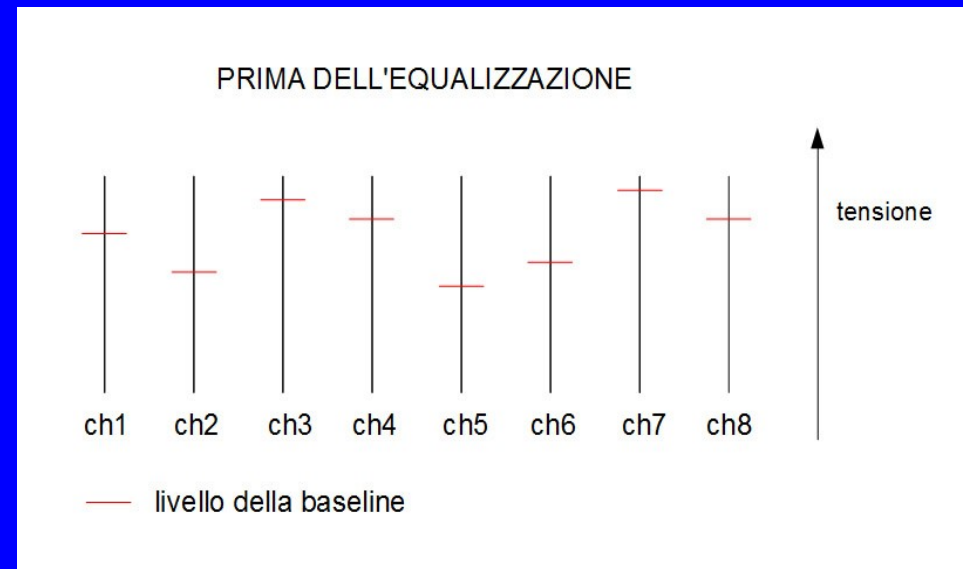
- a parità di valori di baseline impostati si ottengono livelli in tensione differenti per ciascun canale

## L'obiettivo:

- ottenere un livello in tensione comune a tutti i canali

## La soluzione:

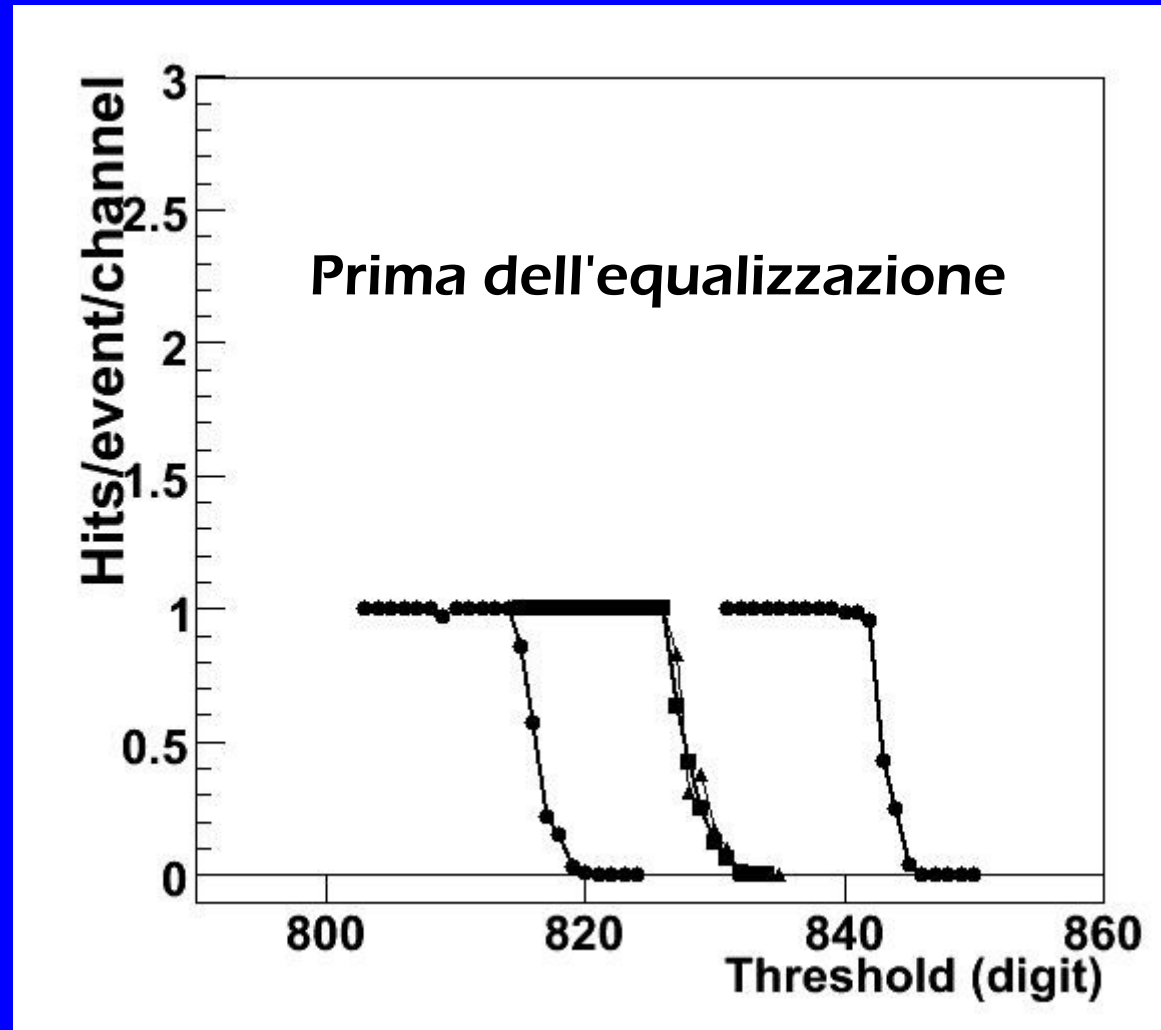
- inviare valori opportuni per ciascun canale eliminando gli offset



# - 3 Equalizzazione dei canali

## I risultati

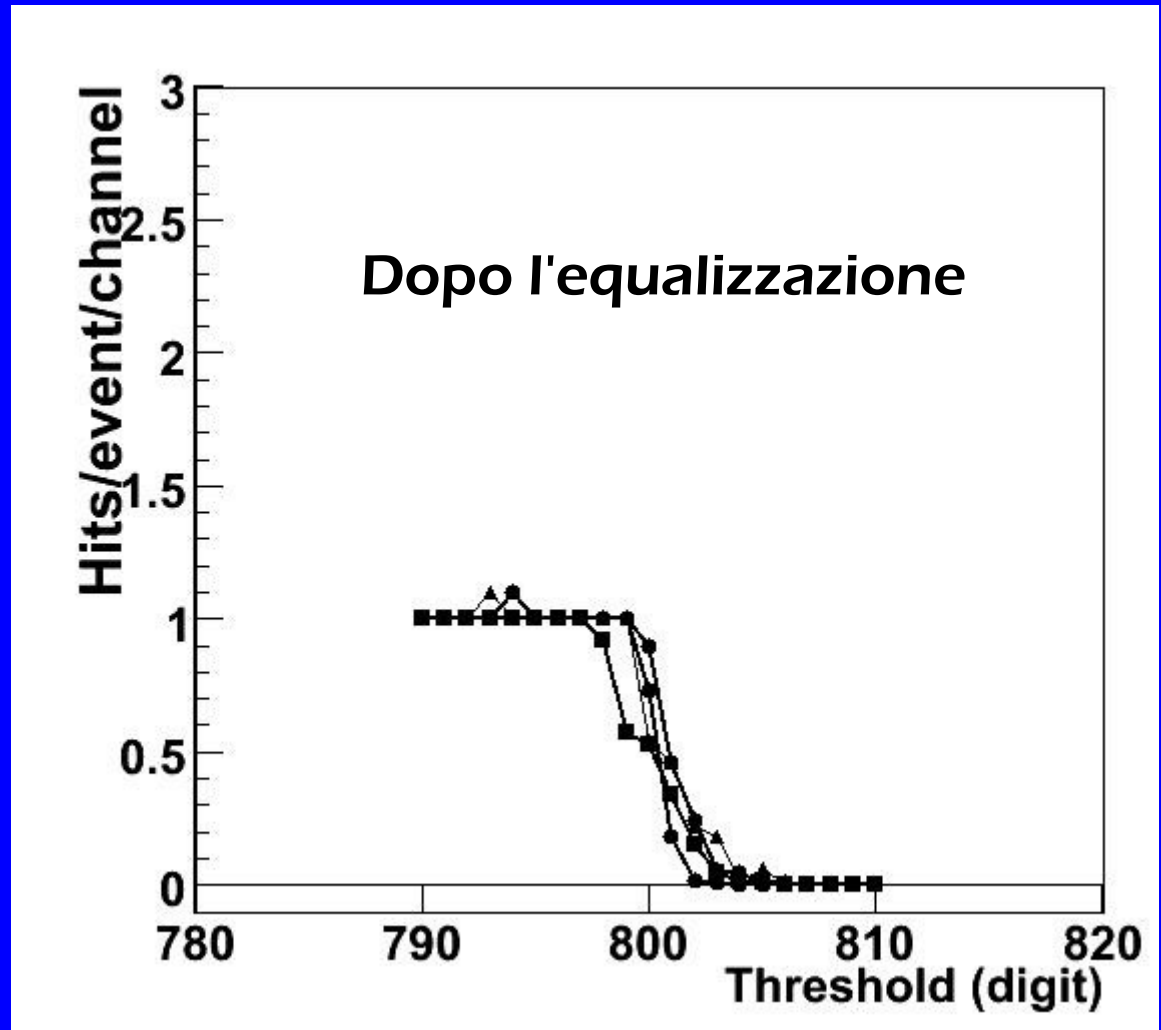
- Il grafico mostra 4 degli 8 canali del CMAD
- come si vede, dopo l'invio dello stesso valore a tutti i canali, le rampe di salita non coincidono
- i livelli di tensione prodotti mostrano evidenti disparità



# - 3 Equalizzazione dei canali

## I risultati

- Per equalizzare i canali sono stati inviati opportuni valori ai singoli canali
- i livelli di tensione prodotti sono ora tutti identici tra loro
- l'equalizzazione è dunque avvenuta con successo



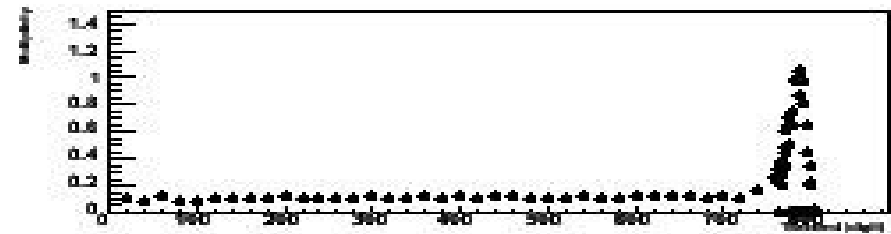
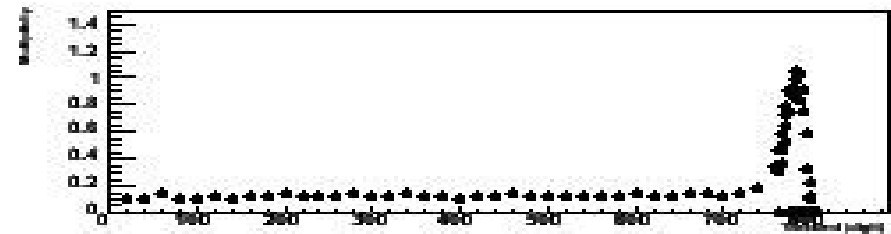
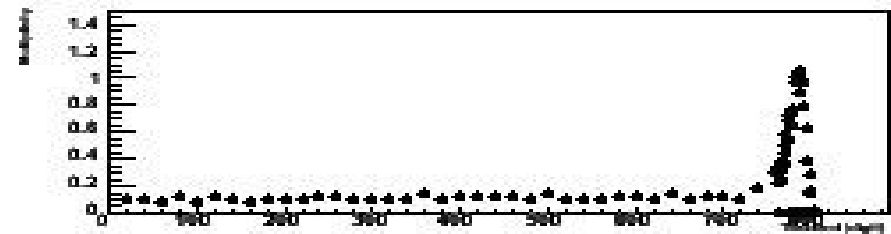
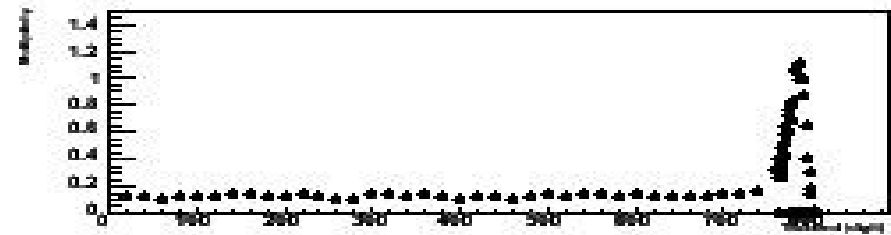
# - 3 Equalizzazione dei canali

## I risultati

Equalizzazione con segnale  
prodotto dai MAPMT

- tutti i canali iniziano a  
contare contemporaneamente

- l'equalizzazione è dunque  
avvenuta con successo



# - 4 Verifica della linearità del guadagno

## Caratteristiche del sistema:

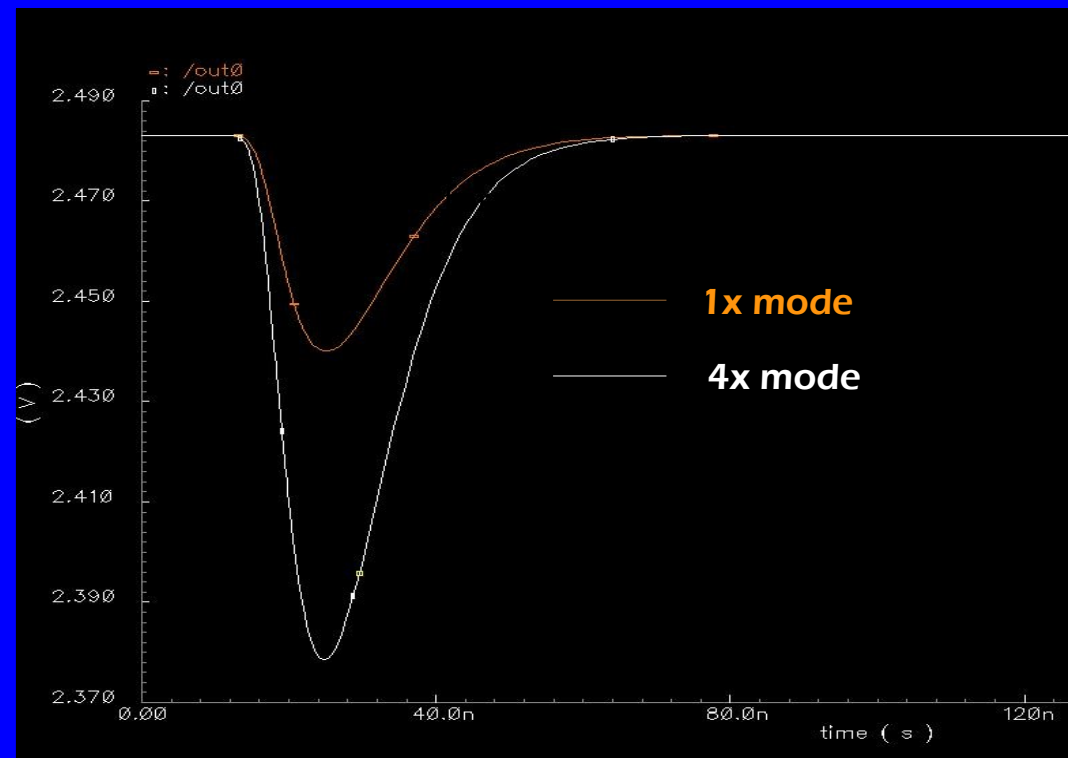
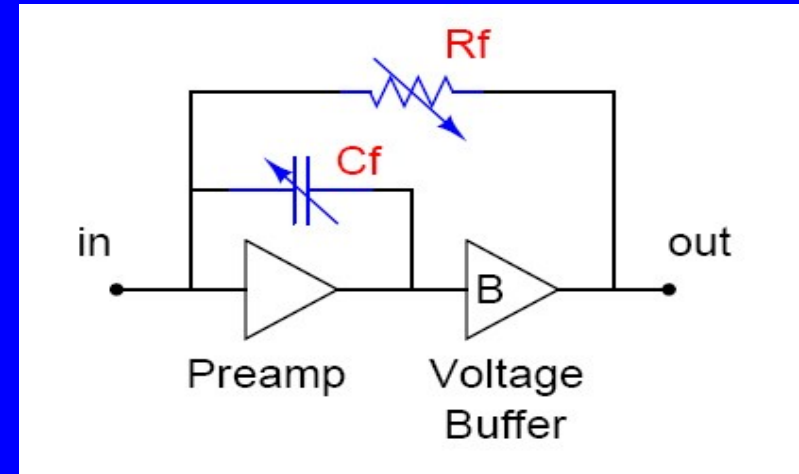
- logica a 4 bit

- due modalità di utilizzo:

1X  $\Rightarrow$  0.4 – 1.2 mV/fC

4X  $\Rightarrow$  1.6 – 4.5 mV/fC

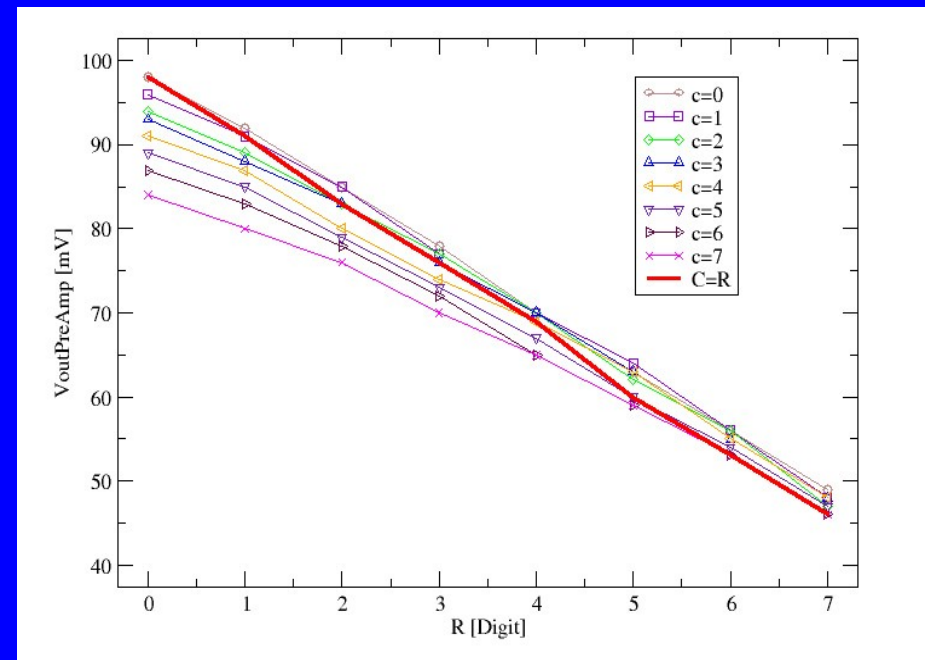
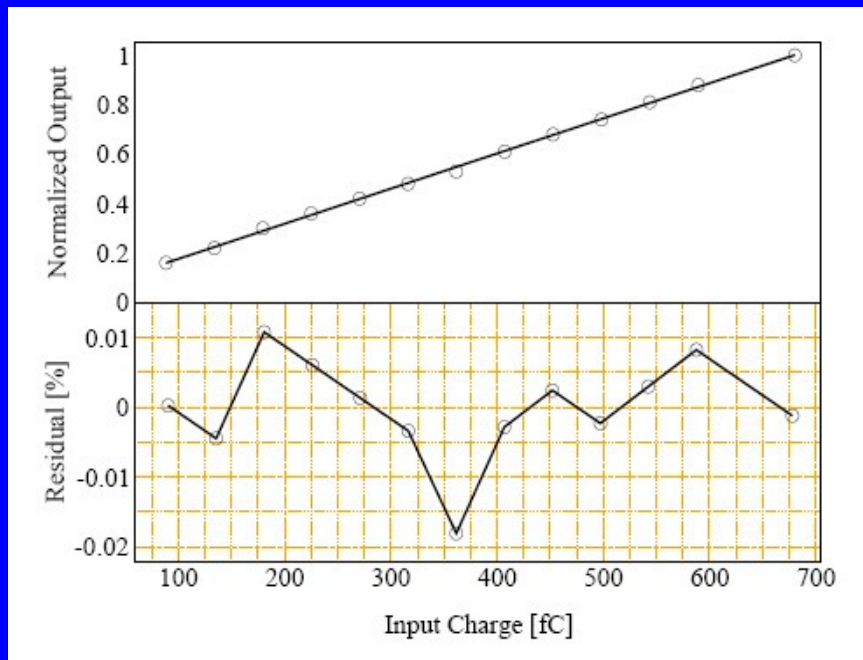
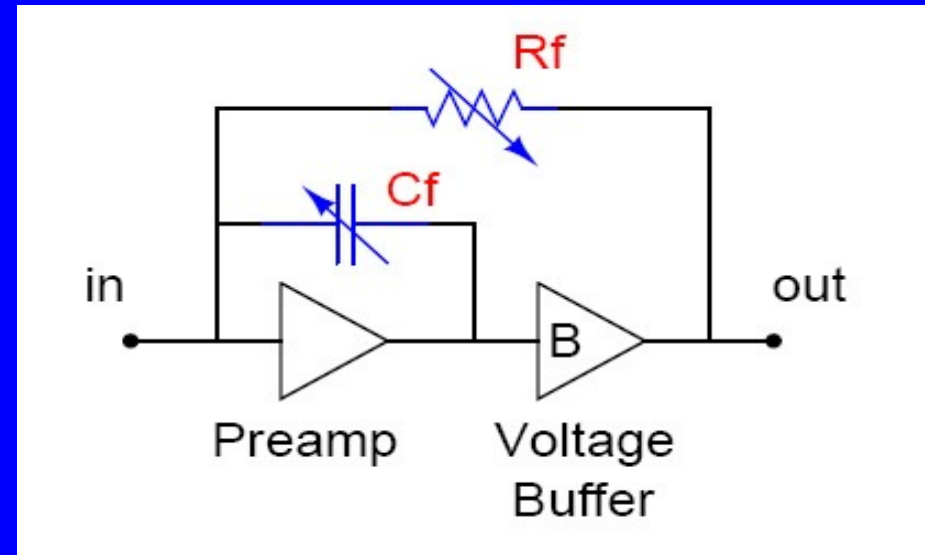
- possibilità di settare sia  $R_f$  che  $C_f$   
per preservare la forma del segnale



# - 4 Verifica della linearità del guadagno

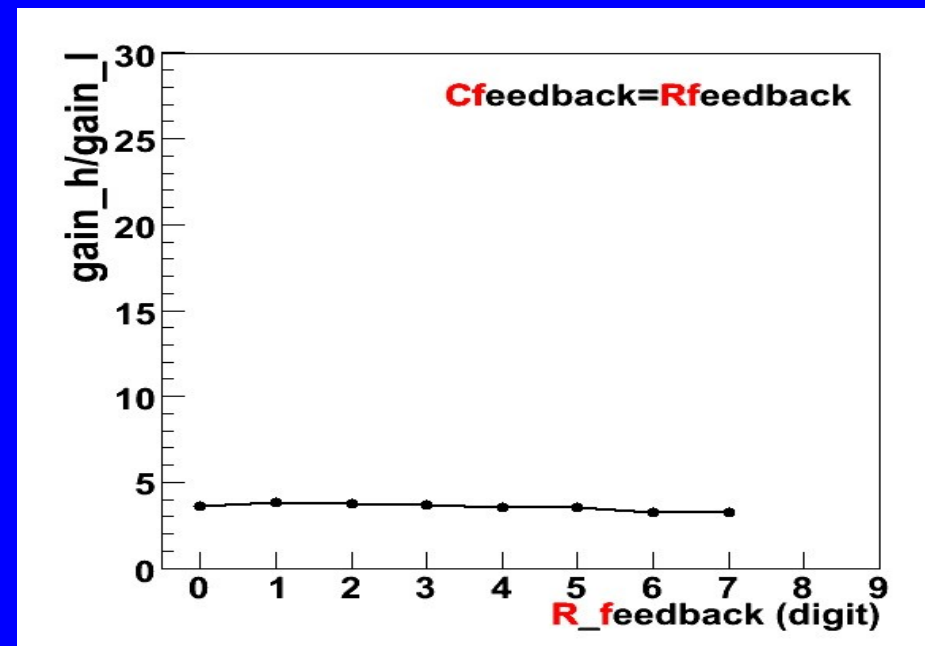
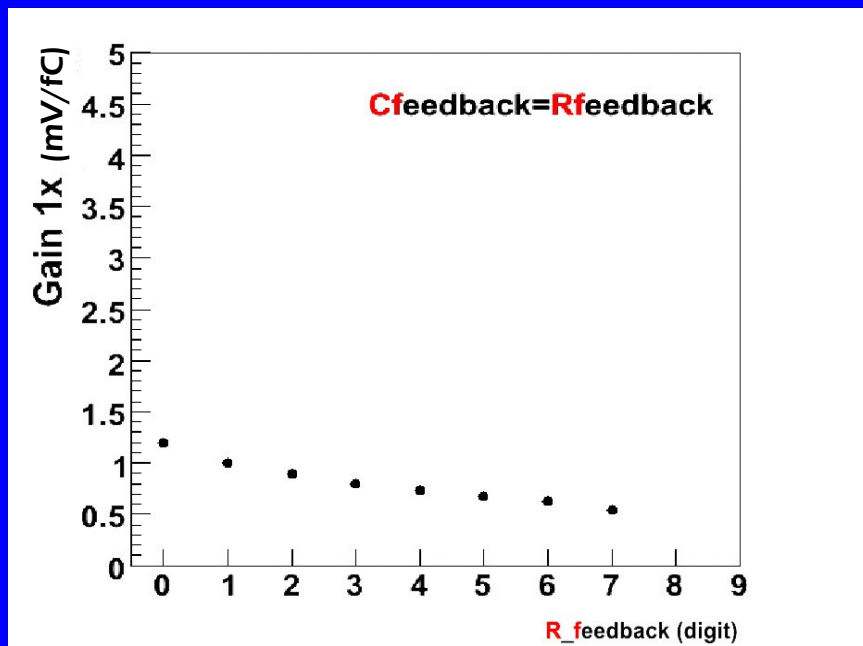
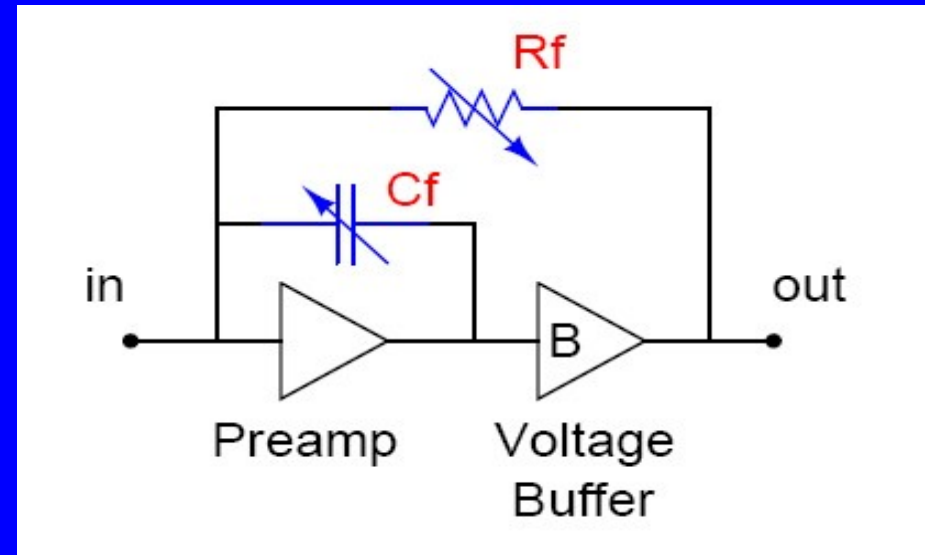
- la variazione del guadagno è a carico della resistenza  $R_f$ , la capacità  $C_f$  ha il compito di non distorcere il segnale

- i grafici mostrano la linearità di risposta del preamplificatore



# - 5 Verifica della corretta programmazione del guadagno

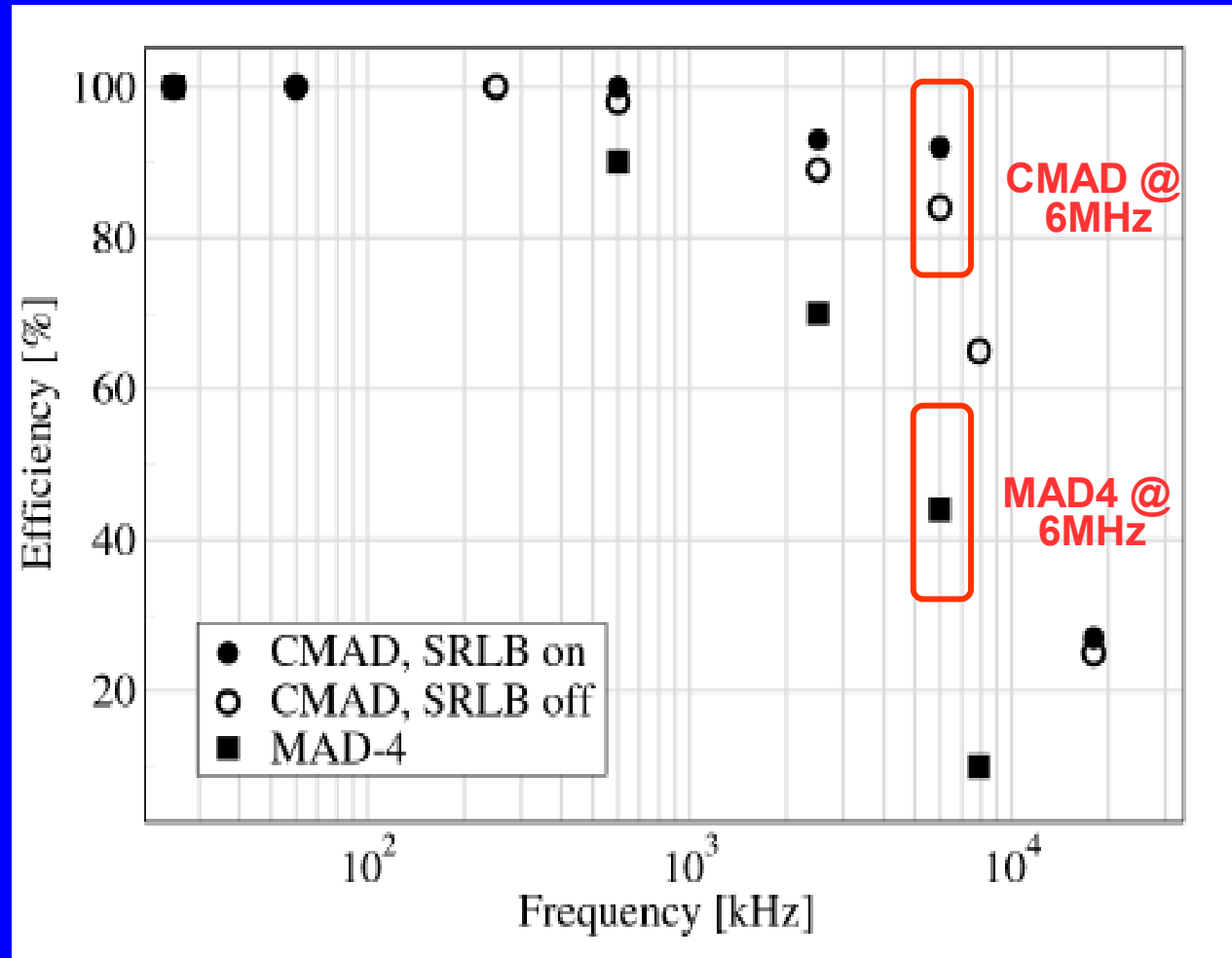
- la variazione del guadagno è a carico della resistenza  $R_f$ , la capacità  $C_f$  ha il compito di non distorcere il segnale
- i grafici mostrano la linearità di risposta alle variazioni di guadagno impostate





## - 6 Misura dell'efficienza al variare della frequenza

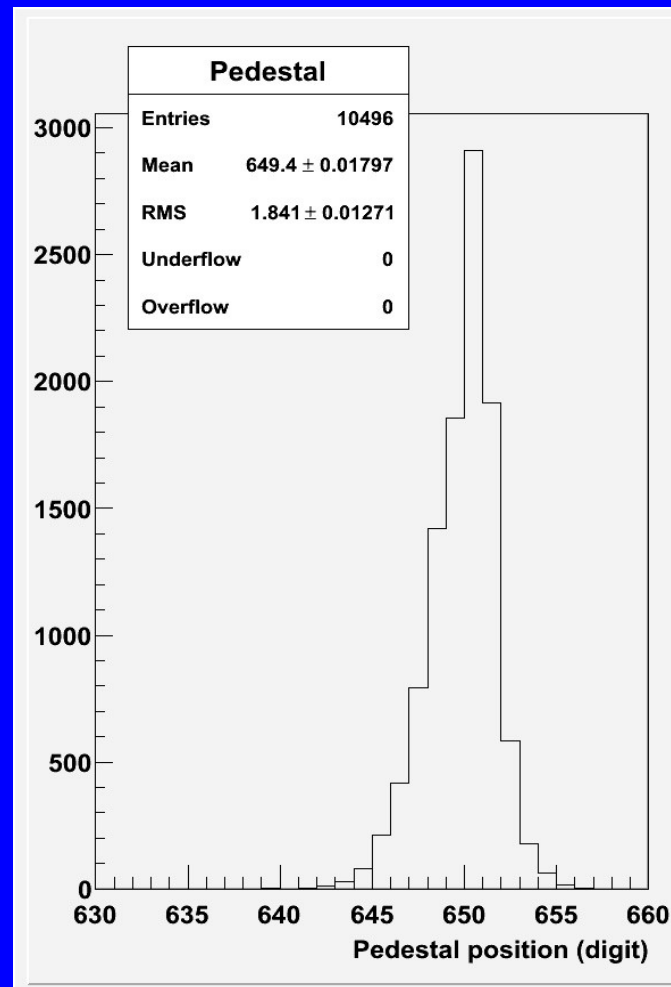
- Le misure di efficienza mostrano le differenze tra il CMAD e il MAD4
- In particolare si nota come l'efficienza del CMAD rimanga superiore all'80% sino a 6MHz mentre quella del MAD4 crolla a meno del 50%



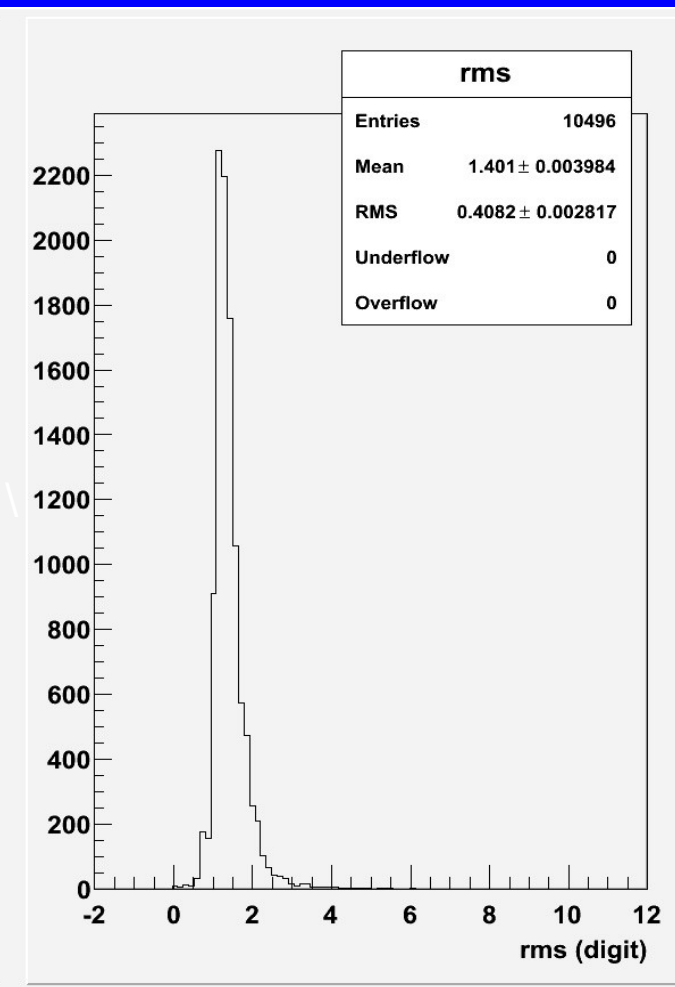
# - 7 Test degli esemplari prodotti in serie

- I test effettuati sui chip prodotti in serie riguardano la misura del rumore e la verifica dell'equalizzazione
- come si vede dalle rispettive distribuzioni entrambe le verifiche hanno dato ottimi risultati

Equalizzazione,  
distribuzione dei  
pedistalli



Rumore,  
distribuzione degli  
RMS

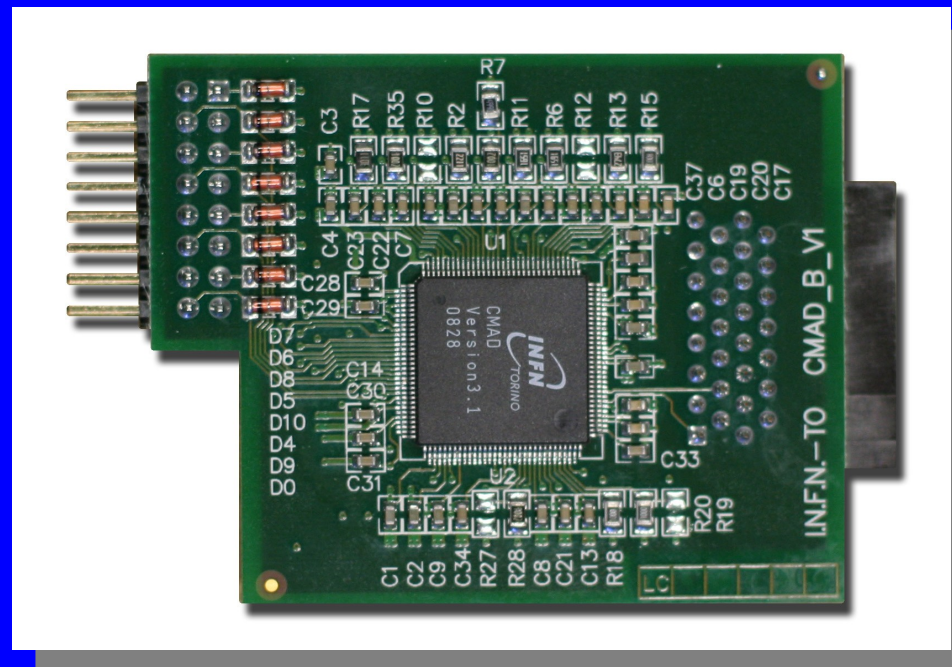


# CMAD, il test conclusioni

Il CMAD ha superato tutti i test previsti, mostrando  
le seguenti caratteristiche:

- linearità della risposta dei DAC
- ridotto livello di rumore (0,62 fC)
- equalizzazione efficiente dei canali  
(RMS di ~ 1,8 digit)
- linearità della risposta del preamplificatore  
(entro il 2 %)
- efficienza superiore all'80% per  
frequenze intorno ai 6 Mhz
- conferma dei risultati ottenuti  
anche sui chip prodotti in serie
- buon funzionamento dei chip  
da poco installati sul RICH-1
- possibilità d'impiego del CMAD  
in altri contesti grazie alla buona  
versatilità del progetto

# Caratterizzazione e test del nuovo chip CMAD V3 per l'elettronica di front-end del RICH-1 di COMPASS



RELATORE: Ferruccio Balestra  
CORRELATRICE: Michela Chiosso  
CONTRORELATORE: Angelo Rivetti

CANDIDATO: Marco Brusa

# CMAD: V2 vs V3

## analogie e differenze

### Caratteristiche comuni:

- stessa architettura del singolo canale
- DAC a 10 bit

### I problemi del V2:

- grande offset tra i canali
  - un solo DAC, destinato alle soglie
  - settaggio comune della baseline
- => impossibilità di massimizzare l'efficienza

### CMAD V3:

- aggiunta di un ulteriore DAC per la gestione delle baseline
  - soglie e baseline programmabili canali per canale
- => risoluzione del problema degli offset tra i canali
- => massimizzazione dell'efficienza

# CMAD V3

il sistema di decoding

<b>D7</b>	<b>D6</b>	<b>D5</b>	<b>Operation</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>D4D3D2D1D0 → b9b8b7b6b5 threshold msb</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>D4D3D2D1D0 → b4b3b2b1b0 threshold lsb</b>
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>D4D3D2D1D0 → b9b8b7b6b5 baseline msb</b>
<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>D4D3D2D1D0 → b4b3b2b1b0 baseline lsb</b>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>D3D2D1D0 → C control</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>D3D2D1D0 → R control</b>
<b>1</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>invalid code 0</b>

# CMAD V3

## DAC: logica binaria e transizioni critiche

### Logica binaria a 10 bit:

0000000000 = 0  
0000000001 =  $2^0 = 1$   
0000000010 =  $2^1 = 2$   
0000000011 =  $2^0 + 2^1 = 3$   
.....  
..  
..  
..  
1111111111 = 1023

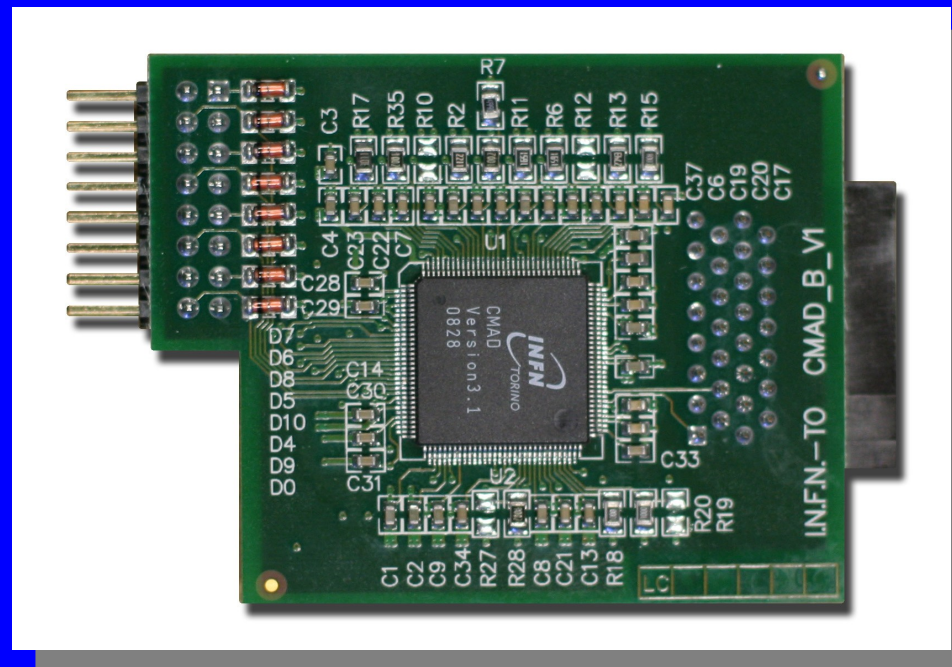
### Transizioni critiche:

0000111111 = 63  
0001000000 = 64  
  
0001111111 = 127  
0010000000 = 128  
  
0011111111 = 255  
0100000000 = 256  
  
0111111111 = 511  
1000000000 = 512

### Caratteristiche:

- 1024 digit disponibili
- range utile di 1024 mV in modalità 1mv/dig
- range utile di 512 mv in modalità 0.5mV/dig

# Caratterizzazione e test del nuovo chip CMAD V3 per l'elettronica di front-end del RICH-1 di COMPASS



RELATORE: Ferruccio Balestra  
CORRELATRICE: Michela Chiosso  
CONTRORELATORE: Angelo Rivetti

CANDIDATO: Marco Brusa