

<i>INAF IASF Bologna</i>	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 1/32</i>
----------------------------------	---------------------	--

*Caratterizzazione di rivelatori di CdZnTe prototipi
dell'unità elementare del GRBM per LOBSTER-ISS*

Auricchio Natalia, Donati Ariano, Caroli Ezio, Ventura Giulio, Amati Lorenzo, Basili Angelo,
Franceschini Turrigo, Frontera Filippo, Landini Gianni

Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica
Sezione di Bologna

Rapporto Interno n. 398

<i>INAF</i> <i>IASF</i> <i>Bologna</i>	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 2/32</i>
--	---------------------	--

Indice

INTRODUZIONE

1. OBIETTIVI

2. SET-UP SPERIMENTALE E TEST FUNZIONALI

3. SCANSIONE IN SHAPING TIME

3.1 RIVELATORE N. 617599

3.2 RIVELATORE N. 617598

4. SCANSIONE IN TENSIONE

4.1 RIVELATORE N. 617599

4.1.2. STUDIO D'UNIFORMITÀ

4.2 RIVELATORE N. 617598

5. EQUALIZZAZIONE

6. CONCLUSIONI

APPENDICE

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 3/32</i>
----------------------------------	---------------------	--

INTRODUZIONE

Presso i laboratori dell'IASF- Sezione di Bologna è stata eseguita la caratterizzazione di due rivelatori di CdZnTe (number code 617599-98) di dimensioni 10 mm x 10 mm x 3 e 5 mm acquistati dalla ditta eV-Products come prototipo dell'unità elementare del *Gamma Ray Burst Monitor* di Lobster-ISS, esperimento proposto da una collaborazione internazionale guidata da George Fraser (Università di Leicester, UK) in risposta al bando ESA per due 'flexi-missions' (F2 e F3) per la Stazione Spaziale Internazionale (ISS). Lobster-ISS è un all sky monitor con l'obiettivo scientifico principale di fornire una mappa del cielo a raggi X nell'intervallo energetico 0.1-3.5 keV con una risoluzione angolare di 4-6 arcmin e una sensibilità giornaliera di $2 \times 10^{-12} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Lo strumento principale è basato su ottiche *MicroChannel Plate* che focalizzano i raggi X su rivelatori di piano focale costituiti da contatori proporzionali sensibili alla posizione. È costituito da sei moduli identici, ognuno con un campo di vista (Field of View, FOV) di $27^\circ \times 22.5^\circ$, disallineati in modo tale da fornire un FOV rettangolare di 22.5° nella direzione del moto della ISS e 162° nella direzione perpendicolare. La combinazione del largo campo di vista, della buona risoluzione angolare e dell'elevata sensibilità dovrebbero consentire lo studio del comportamento temporale di tutte le sorgenti di raggi X: comete, corone stellari, binarie X, nuclei galattici attivi, transienti soft di raggi X, esplosioni di supernova, fondo X diffuso e *Gamma Ray Bursts* (GRB). Poiché molte classi di sorgenti emettono eventi transienti di breve durata, la discriminazione dei GRB dagli altri eventi X è un obiettivo importante da raggiungere per uno strumento che opera tra 0.1 e 3.5 keV; per questo motivo è stato proposto di affiancare un *Gamma Ray Burst Monitor* al telescopio di Lobster, in modo da estenderne gli obiettivi scientifici. L'obiettivo principale è di poter distinguere i GRB rivelati dal telescopio X da eventi transienti veloci di simile durata come *spike* dovuti a particelle cariche, *flare* da stelle o *flash* di raggi X di origine terrestre. A questo scopo, le caratteristiche del GRBM di Lobster dovrebbero comprendere:

- ✓ sensibilità di flusso quasi uniforme entro il FOV di Lobster;
- ✓ capacità di identificare *X-ray rich GRB* e *X-ray flash* (XRFs);
- ✓ capacità di localizzare in maniera approssimata un GRB, le cui coordinate sono automaticamente fornite a Lobster.

Nella tabella seguente sono riportate le specifiche principali:

Tabella 1. Specifiche scientifiche della configurazione di base del GRBM.

NO. OF UNITS	4
Detection area/unit	184 cm^2
Energy band	3-300/700 keV
Instantaneous field of view	$35^\circ \times 55^\circ$ (FWHM) per module, $35^\circ \times 240^\circ$ for 4 modules
Total exposed area to a given point	from 129 to 240 cm^2
Detector	Cooled ($\sim 250 \text{ K}$) CZT
Energy resolution	$\Delta E/E \sim 3\%$ @ 60 keV
Minimum (non-zero) exposure time for a given point, per orbit	$\sim 1150 \text{ s}$

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 4/32</i>
--	---------------------	--

La migliore configurazione per il GRBM è il risultato di un compromesso tra le richieste di copertura dell'intero campo di vista di Lobster e l'ottimizzazione della capacità di localizzazione dei GRB compatibilmente con la sensibilità dello strumento. La configurazione proposta è costituita di quattro unità di rivelazione, ognuna con un FOV rettangolare di $55^\circ \times 35^\circ$ FWHM, con i 35° lungo la direzione del moto della Stazione Spaziale Internazionale. Il FOV totale risultante è, quindi, 35° nella direzione del moto della ISS e 240° nella direzione perpendicolare. Gli assi delle quattro unità sono disallineati uno rispetto all'altro di 45° nella direzione perpendicolare al moto della ISS e di 10° lungo la sua direzione. Uno schema del payload di Lobster è fornito nella figura 1 dove i sei moduli in blu rappresentano il telescopio di raggi X e i quattro in rosso i moduli del GRBM. Il FOV d'ogni unità del GRBM è ottenuto per mezzo di collimatori meccanici, che hanno anche il compito di limitare il livello del fondo. Grazie a questa configurazione dello strumento una sorgente celeste è vista da almeno 2 unità di rivelazione per il 95% delle direzioni entro il FOV di Lobster. Di conseguenza per queste direzioni l'area totale esposta dal GRBM va da un valore di 0.7 a 1.3 volte l'area sensibile d'ogni singola unità di rivelazione.

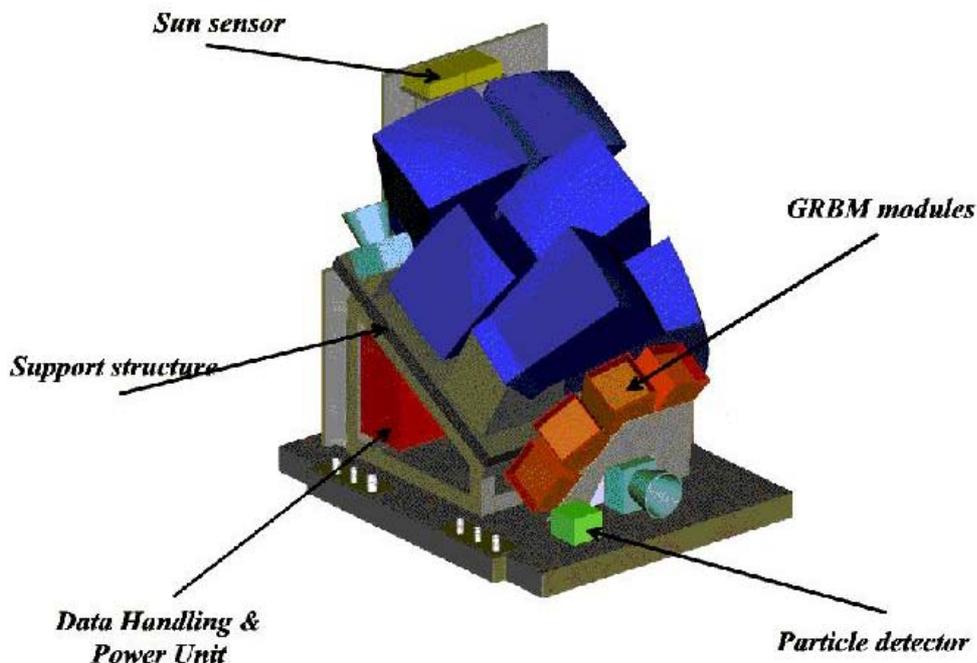


Figura 1. Disegno schematico di Lobster. Si può notare la presenza di un rivelatore di particelle che nel caso di flussi molto elevati di particelle, ad esempio durante il passaggio della ISS attraverso l'anomalia geomagnetica Sud atlantica permette di spegnere automaticamente il GRBM.

Scopo del presente rapporto è di illustrare i risultati dei test preliminari effettuati su dei cristalli di CZT, prototipi dell'unità elementare dei rivelatori del GRBM.

1. OBIETTIVI

I test sono stati eseguiti con lo scopo di:

- determinare le performance dei rivelatori di CdZnTe di grande area, rappresentativi delle unità elementari di rivelazione del GRBM;
- determinare la tensione di alimentazione operativa ottimale;
- confrontare campioni di diverso spessore (il rivelatore n. 617599 è spesso 3 mm, mentre il n. 617598 5 mm, l'area di entrambi è $10 \times 10 \text{ mm}^2$);

- confrontare materiali di differente qualità;
- identificare le coppie di shaping time da utilizzare per la compensazione con il metodo del doppio shaping time degli amplificatori formatori (N. Auricchio et al. "Compensation of CdZnTe signals using a twin shaping filter technique" IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 51, no. 5, October 2004 pag. 2485).

2. SET-UP SPERIMENTALE E TEST FUNZIONALI

Il rivelatore 617599 è un *select discriminator grade*, mentre il 617598 uno *spectrometer grade*, di qualità superiore e, quindi, più costoso. I rivelatori hanno contatti planari di Platino e sono montati su un substrato di allumina (fig. 2a). Entrambi i rivelatori sono stati irraggiati nella configurazione planare in cui il catodo costituisce la finestra d'entrata della radiazione, mentre il segnale viene raccolto dall'anodo come schematizzato nella figura 2b in cui è riportato lo schema a blocchi della catena elettronica di readout impiegata nelle misure:

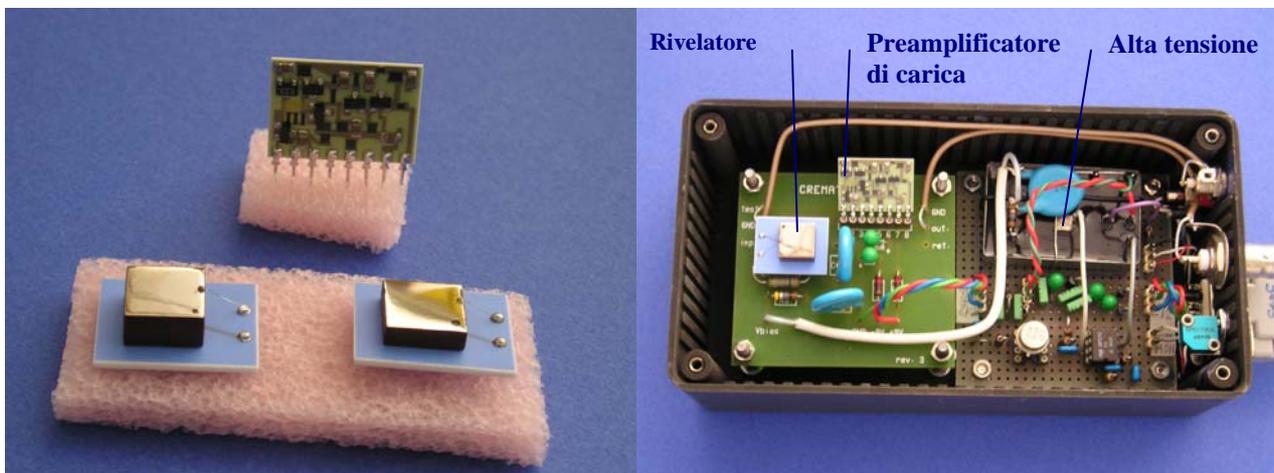


Figura 2a. Fotografia (a sinistra) dei rivelatori, in cui è visibile la connessione d'oro, e del preamplificatore di carica e (a destra) della scatola in cui il rivelatore è montato insieme al circuito d'alta tensione.

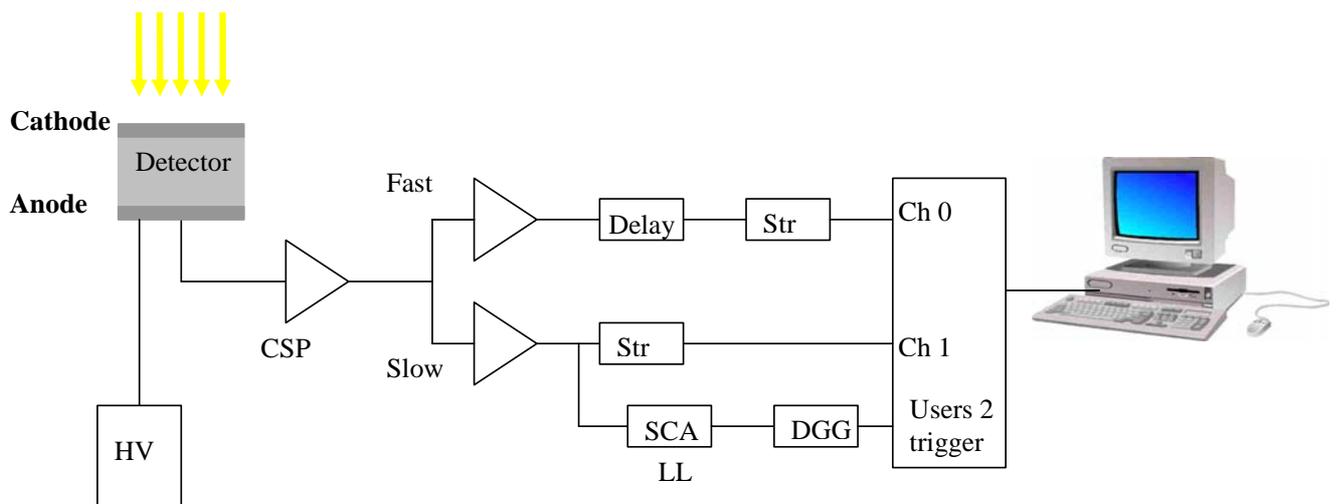


Figura 2b. Catena elettronica utilizzata nelle misure.

I componenti della catena elettronica sono:

- ✓ un alimentatore d'alta tensione CA12P (0-1200 volt, modello 1C262BL);

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 6/32</i>
--	---------------------	--

- ✓ un preamplificatore di carica eV 5093, che fornisce una prima amplificazione del segnale (alimentato attraverso il connettore PREAMP posto nel pannello posteriore dell'amplificatore);
- ✓ due amplificatori formatori della Ortec mod.450, che amplificano e formano il segnale;
- ✓ due linear gate and stretcher della Ortec mod. 442 per allungare il segnale in modo da essere agevolmente convertito dall'ADC dell'analizzatore multicanale;
- ✓ Delay Amplifier Camberra 1451, Tennelec Delay Amplifier Tc 215A;
- ✓ Tennelec TC 450 SCA e Tennelec TC 410 A Delay/Gate Generator per fornire il trigger;
- ✓ Interfaccia BNC 2090 e scheda di acquisizione NI 6110.

Il segnale in uscita dal preamplificatore di carica viene inviato contemporaneamente a due amplificatori, uno denominato *Slow*, che forma il segnale con una costante tempo lunga e l'altro, denominato *Fast*, che impiega una costante tempo di valore inferiore. Per realizzare la coincidenza tra i due segnali, il *Fast* viene ritardato prima di essere inviato allo stretcher. Per fornire il segnale di trigger l'output dello *Slow* viene inviato simultaneamente ad uno stretcher e ad uno SCA, che fornisce un impulso logico in uscita da un connettore posto sul retro del modulo (LL out) quando il segnale in ingresso supera una soglia inferiore fissata (lower level). Tale output è inviato ad un TC 410 che genera un segnale TTL, a cui si può applicare un ritardo, inviato poi al connettore user 2 dell'interfaccia BNC con la scheda NI.

Sono stati compiuti dei test funzionali preliminari per verificare il funzionamento delle catene elettroniche in termini di linearità delle catene di misura iniettando un segnale attenuato (attenuatori HP) di forma esponenziale proveniente da un impulsore (Arbitrary Waveform Generator, HP 33120A) nel preamplificatore di carica attraverso un condensatore di 1 pF. La risposta in uscita dagli stretcher delle catene *Fast* e *Slow* ottenuta variando lo shaping time degli amplificatori, è stata registrata dal software d'acquisizione. In questo caso il valore dello shaping time è lo stesso per i due amplificatori, quindi il segnale *fast* non è ritardato. Il segnale campione in uscita dal generatore d'impulsi è stato utilizzato con 7 valori d'attenuazione impostati sugli attenuatori (vedi fig. 2c). I canali dei centroidi, ottenuti da un fit gaussiano dei picchi registrati, sono stati riportati in funzione dell'ampiezza del segnale in ingresso. Dal fit lineare dei centroidi in funzione dei segnali iniettati è stato ottenuto l'offset (**a**) e la pendenza (gain, **b**) delle rette di calibrazione $y=a+bx$ per le due catene *Fast* e *Slow* a diversi shaping time, riportati nella tabella 2. Alcuni fit lineari delle misure acquisite con la catena *Fast* e *Slow* sono riportati di seguito con i rispettivi residui (fig. 2d):

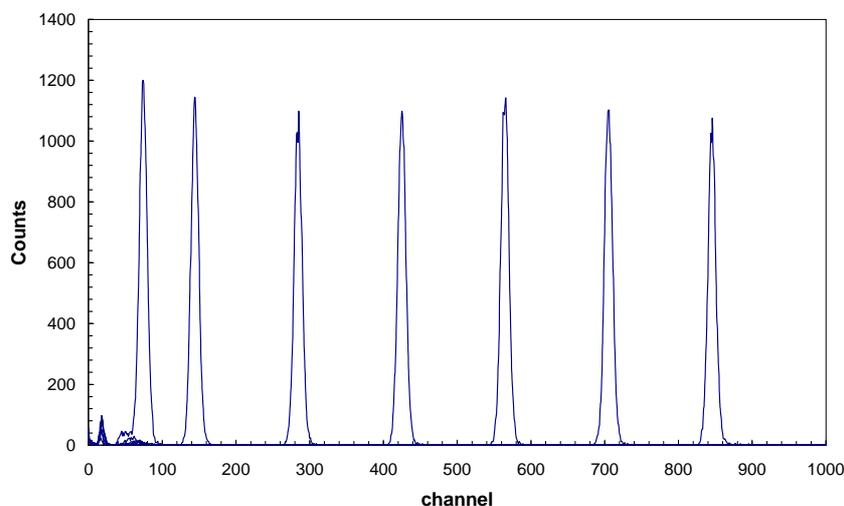
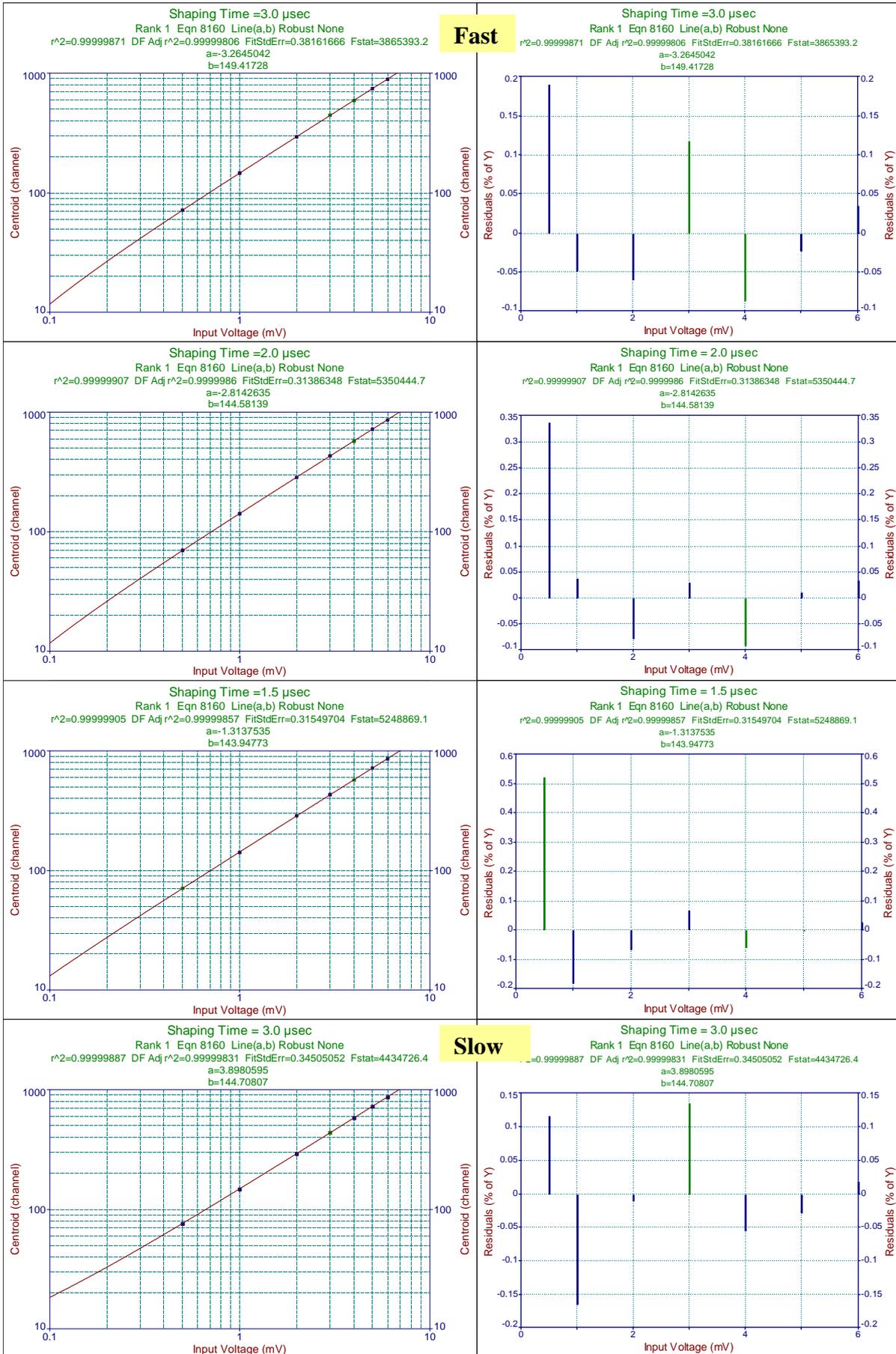


Figura 2c. Spettro acquisito con un generatore d'impulsi che inietta cariche di valore noto all'ingresso del preamplificatore di carica.



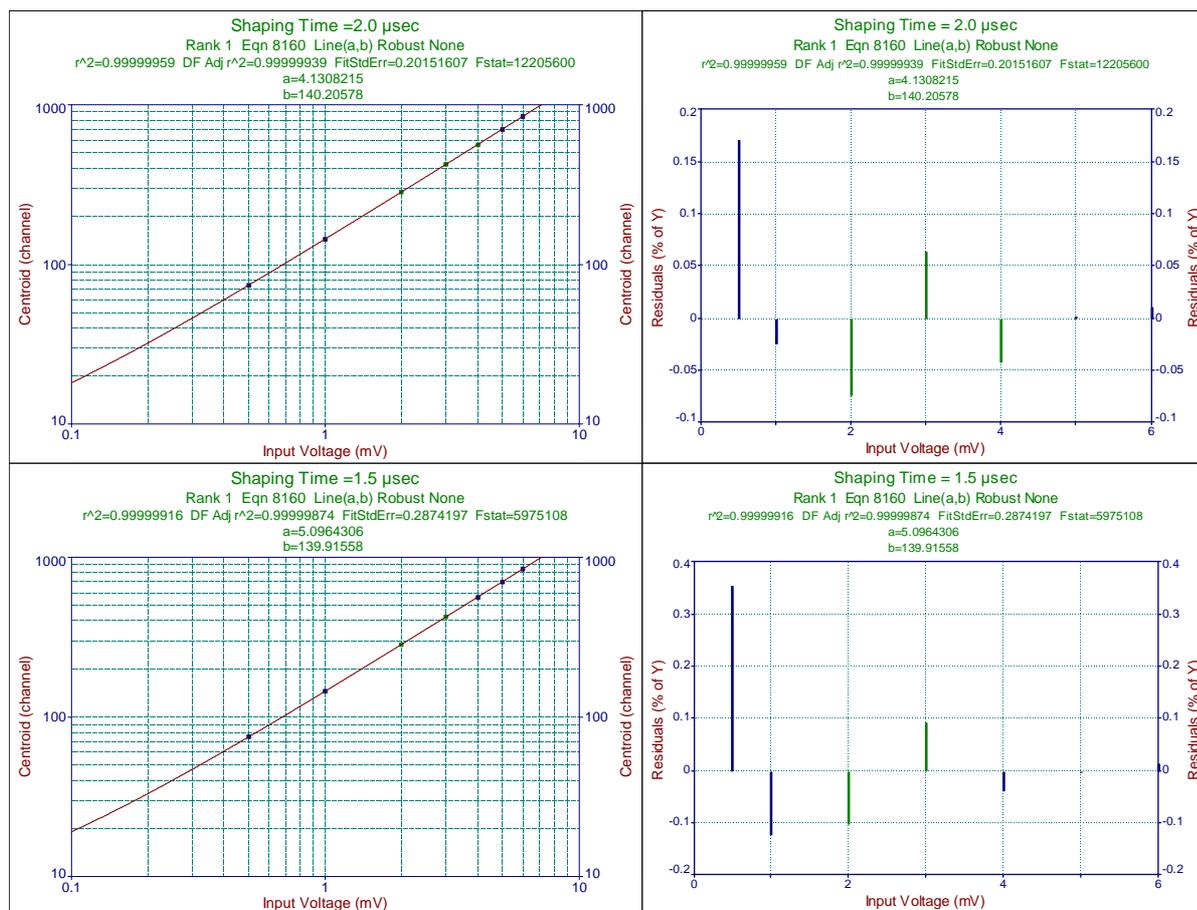


Figura 2d. Best fit con una relazione lineare dei centroidi dei picchi dell'impulsore in funzione dell'ampiezza del segnale in ingresso.

Tabella 2. Valori di offset e gain delle catene Fast e Slow.

Shaping Time (μ s)	Offset		Gain	
	Fast	Slow	Fast	Slow
1.0	5.2 \pm 0.5	13.9 \pm 0.4	141.7 \pm 0.1	138.3 \pm 0.1
1.5	-1.3 \pm 0.2	5.1 \pm 0.2	143.9 \pm 0.1	139.9 \pm 0.1
2.0	-2.8 \pm 0.2	4.1 \pm 0.1	144.6 \pm 0.1	140.2 \pm 0.1
3.0	-3.3 \pm 0.3	3.9 \pm 0.3	149.4 \pm 0.1	144.7 \pm 0.1

Possiamo concludere che i guadagni delle due catene si discostano di circa 3%. L'offset delle due catene è di qualche canale tranne che per lo shaping time 1.0 μ s della catena Slow, ma la differenza in canali tra gli offset delle due catene è indipendente dallo shaping time. Il contributo di rumore dovuto alla catena elettronica, determinato dalla media del FWHM dei picchi dell'impulsore a 2 μ s, è di \sim 3 keV a 350 Volt, valore che si cercherà di diminuire nelle misure successive.

3. CARATTERIZZAZIONE IN SHAPING TIME

I rivelatori sono stati caratterizzati a diverse energie, impiegando sorgenti di:

- ^{57}Co (sorgente n° 13 e 14) che emette fotoni gamma di 14 - 122 - 136 keV;
- ^{241}Am che emette fotoni di 14 - 17.75 - 20.78 e 59.54 keV;

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 9/32</i>
--	---------------------	--

- ¹³⁷Cs che deposita 662 keV;
- nel caso del rivelatore 617599 è stata utilizzata anche la sorgente di ²²Na (511 keV).

Le sorgenti sono poste in un collimatore di piombo avente una finestra circolare di 1.5 o 2 mm di diametro e irradiano tutta la superficie del rivelatore. Per ogni sorgente è stato modificato lo shaping time dell'amplificatore formatore, sia della catena Fast sia della catena Slow, da 0.1 microsecondi a 5 microsecondi con lo scopo di verificare la risposta dei rivelatori a questi valori di tempi di formatura e determinare le coppie di shaping time per il metodo biparametrico di correzione (in appendice viene riportato l'elenco delle misure acquisite).

Le uscite degli stretcher sono inviate, una alla volta, ad un analizzatore multicanale MCA Aptec 3000 per l'acquisizione degli spettri, quindi non è stata usata la logica di coincidenza e il segnale del rivelatore inviato al Fast non è stato ritardato.

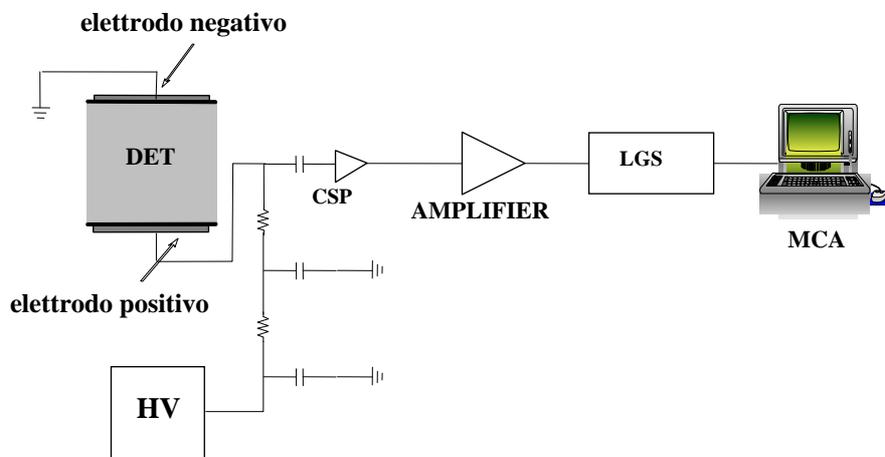


Figura 3. Catena elettronica Slow impiegata nelle misure di caratterizzazione spettroscopica.

I picchi corrispondenti alle linee di 59.54, 122, 511, 662 sono stati fittati secondo gli standard IEEE, con una distribuzione gaussiana per modellare il fotopicco dove viene depositata l'energia del fotone e una distribuzione asimmetrica per tenere conto del fenomeno del trapping dei portatori, vale a dire della coda a sinistra del fotopicco, dovuta alla raccolta incompleta della carica, soprattutto positiva. Il fotopicco a 14 keV è stato fittato con una sola gaussiana, poiché a bassa energia i fotoni interagiscono vicino al catodo e le lacune generate in questa posizione hanno una bassa probabilità di essere intrappolate.

3.1. RIVELATORE N. 617599

Nella tabella seguente sono riportati i valori dei centroidi e delle risoluzioni energetiche ottenuti dai fit relativi ai fotopicchi acquisiti ai diversi shaping time della catena Slow per il rivelatore 617599 alimentato a 600 V, valore operativo fornito dalla ditta eV (vedi anche fig. 4a). L'ampiezza dell'impulso, generato dalla radiazione, corrispondente al canale del centroide del fotopicco è un parametro importante, poiché direttamente in relazione con l'efficienza di raccolta di carica $\eta(x)$, funzione della profondità d'interazione x . La relazione ottenuta per un campo elettrico uniforme è data dall'equazione di Hecht:

$$\eta(x) = \lambda_e/d [1 - \exp(-(x-d)/\lambda_e)] + \lambda_h/d [1 - \exp(-x/\lambda_h)]$$

dove d è la distanza interelettrodica e λ il libero cammino medio di elettroni e lacune (e = elettrone, h =lacuna), $\lambda = (\mu\tau V/d)$.

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 10/32</i>
--	---------------------	---

Tabella 3. Canale del centroide e risoluzione energetica del rivelatore 617599 in funzione dell'energia e dello shaping time.

<i>E= 14 keV</i>		
Shaping Time (μ s)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)
1.0	67.79	17.74
1.5	56.78	23.31
2.0	55.94	24.91
3.0	59.20	29.54
<i>E= 60 keV</i>		
Shaping Time (μ s)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)
1.5	216.15	6.58
2.0	216.47	6.28
3.0	223.14	7.70
5.0	224.98	9.91
<i>E= 122 keV</i>		
Shaping Time (μ s)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)
1.0	434.15	5.47
1.5	442.36	3.59
2.0	442.64	3.84
3.0	457.76	5.11
5.0	453.87	7.14
<i>E= 511 keV</i>		
Shaping Time (μ s)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)
1.0	452.12	1.79
1.5	456.07	1.74
2.0	457.38	1.52
3.0	473.49	1.65
5.0	466.35	2.32
<i>E= 622 keV</i>		
Shaping Time (μ s)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)
0.5	577.98	4.47
1.0	585.02	1.65
1.5	591.16	1.54
2.0	593.05	1.30
3.0	613.86	1.30
5.0	586.45	1.40

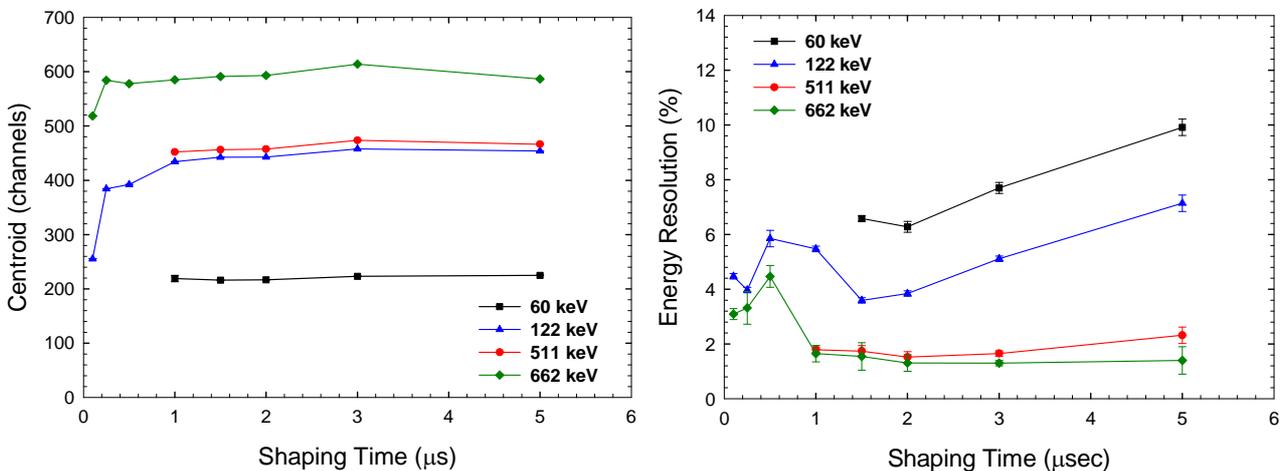


Figura 4a. Andamenti del centroide e della risoluzione energetica in funzione dello shaping time.

Il valore di shaping time ottimale è 1.5 – 2.0 μs . La funzione che interpola i dati sperimentali è riportata di seguito:

617599-EV3MM-COBALTO-57
 Rank 1 Eqn 1206 $y=a+b/x^{1.5}+c/x^2$
 $r^2=0.99999968$ DF Adj $r^2=0.99999904$ FitStdErr=0.0017796228 Fstat=1561082.9
 $a=9.1729833$ $b=-48.519374$
 $c=46.85315$

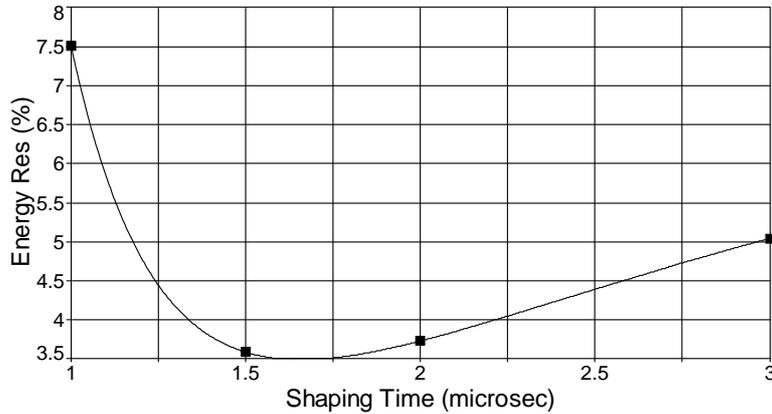


Figura 4b. Best fit della risoluzione energetica a 122 keV in funzione dello shaping time.

Di seguito vengono riportati gli spettri acquisiti con i diversi shaping time.

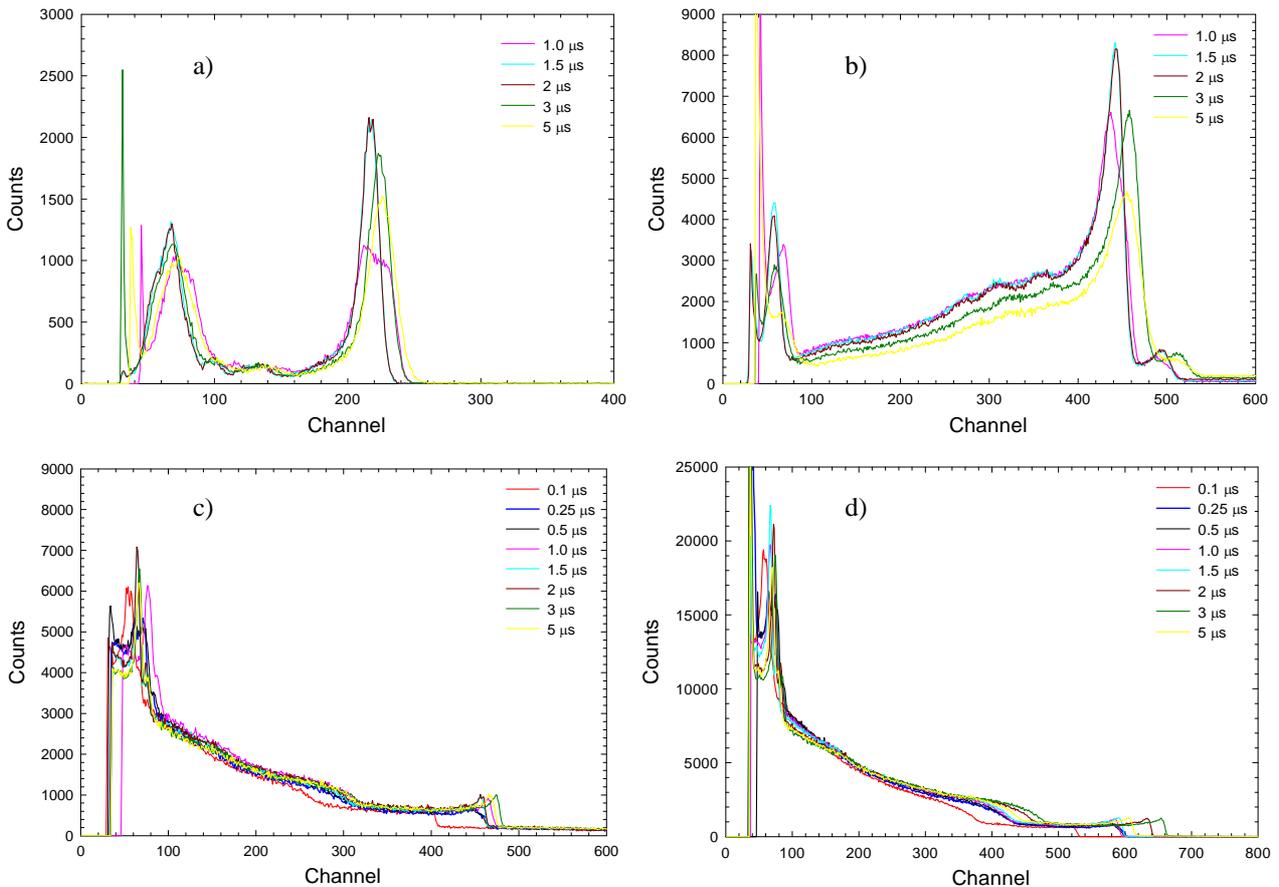


Figura 5. Spettri della sorgente di ^{241}Am (a), ^{57}Co (b), ^{22}Na (c) e ^{137}Cs (d).

Dall'analisi degli spettri del ^{241}Am e del ^{57}Co si è riscontrato un comportamento anomalo soprattutto, quando vengono selezionati bassi valori di shaping time. La risposta del rivelatore è stata, quindi, monitorata nel modo seguente:

- a diversi shaping time, impiegando un amplificatore della ditta Silena e un altro stretcher;
- inviando il segnale solo all'amplificatore Slow (non al Fast) e allo stretcher (il canale del centroide del fotopicco aumenta di circa 30 canali indipendentemente dall'energia).

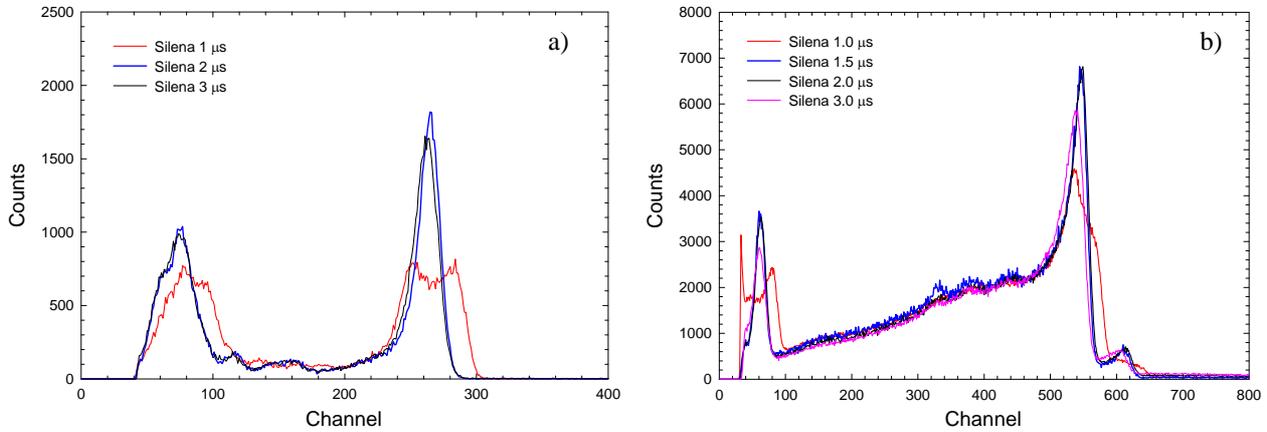


Figura 6. Spettri acquisiti con una catena elettronica composta di un amplificatore Silena + stretcher mentre s'illumina il rivelatore 617599 con a) ^{241}Am e b) ^{57}Co , variando lo shaping time.

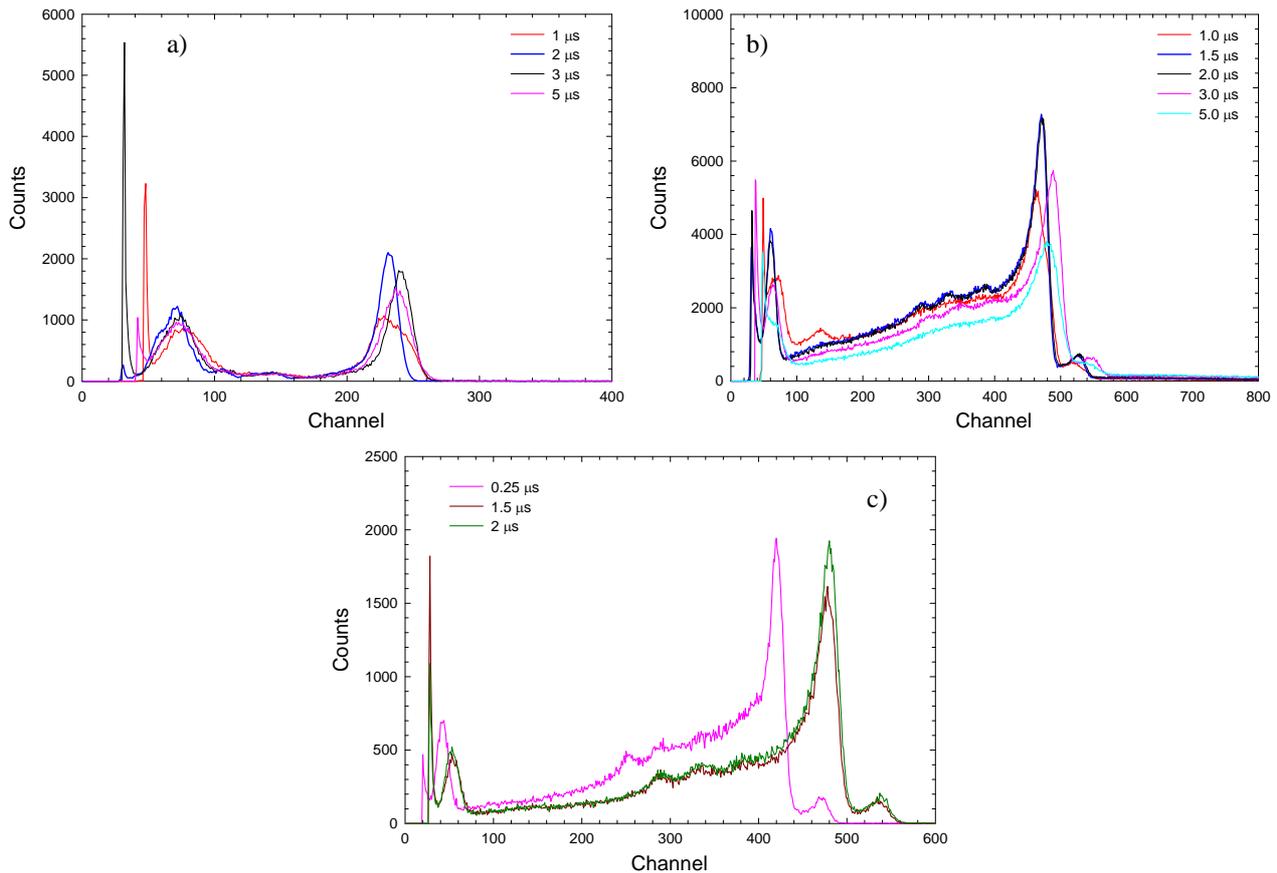


Figura 7. Spettri acquisiti con la sola catena elettronica Slow mentre s'illumina: a) il rivelatore 617599 con ^{241}Am ; b) ^{57}Co ; c) il rivelatore 617598 con ^{57}Co , al variare dello shaping time.

Gli spettri sono simili a quelli acquisiti con la catena Slow + Fast e sono state notate delle anomalie negli spettri acquisiti con bassi valori di shaping time, per questo motivo si è deciso di tenere polarizzato il rivelatore 617599 per due settimane, senza irradiarlo con sorgenti radioattive, prima di eseguire ulteriori misure. Durante tale periodo è stata monitorata la risposta del rivelatore e dopo circa due settimane si è potuto riscontrare il corretto funzionamento del rivelatore.

3.2 RIVELATORE N. 617598

Nelle figure seguenti sono riportati gli spettri acquisiti irradiando il rivelatore 617598 con la sorgente di ^{241}Am , ^{57}Co e ^{137}Cs , variando il valore dello shaping time della catena Slow.

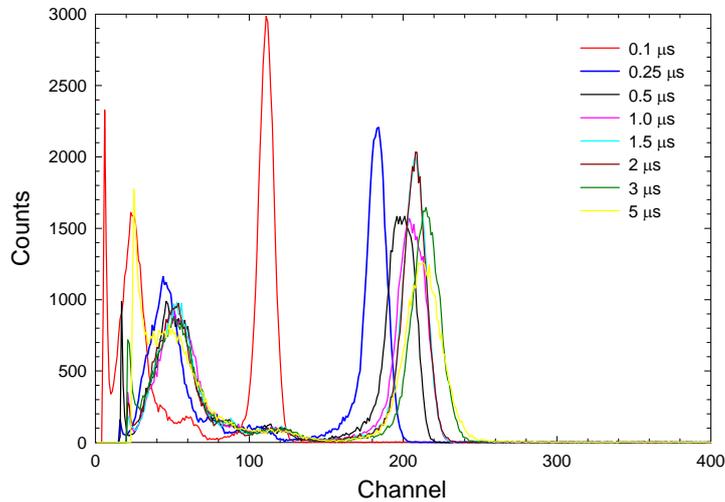


Figura 8a. Spettro della sorgente di ^{241}Am .

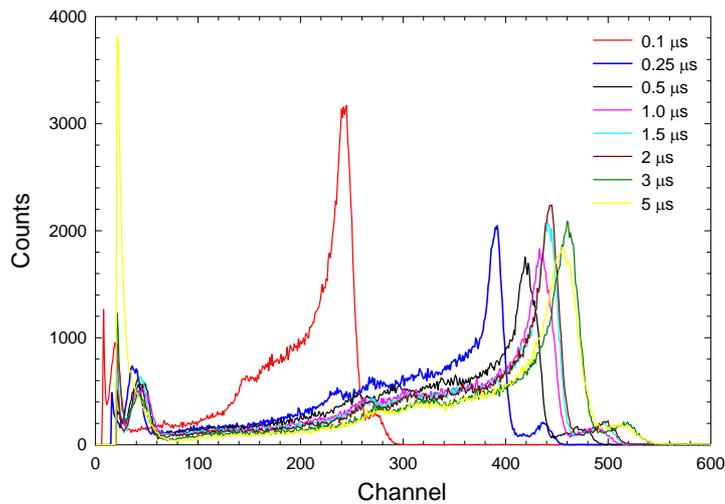


Figura 8b. Spettro della sorgente di ^{57}Co .

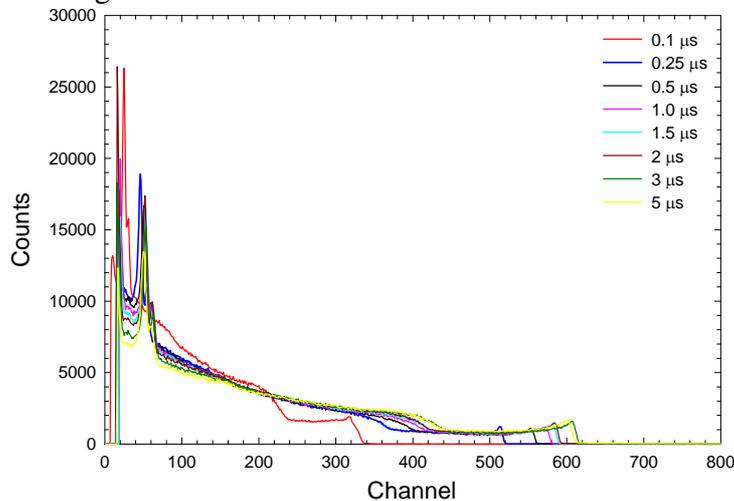


Figura 8c. Spettro della sorgente di ^{137}Cs .

Il rivelatore *Spectrometer Grade* non ha presentato derive negli spettri al variare dello shaping time, come si era verificato per il rivelatore di qualità inferiore *Discriminator Grade*. È stato verificato, quindi, l'andamento spettrale in funzione dello shaping time della catena Fast solo con la sorgente di ^{57}Co , poiché è in accordo con quello della catena Slow. I valori dei centroidi e delle risoluzioni energetiche sono riportati nelle figure seguenti.

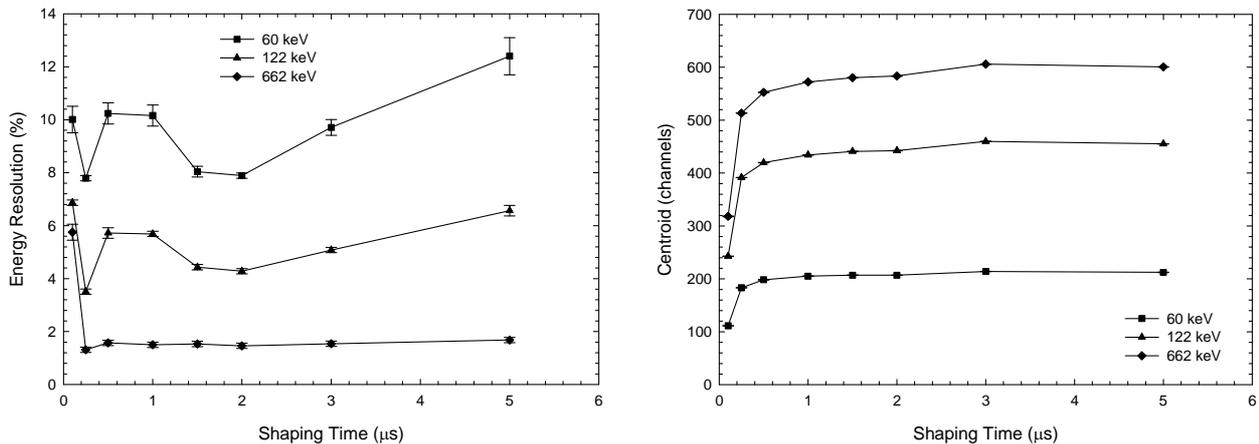


Figura 9. Andamenti della risoluzione energetica e del canale del centroide a diverse energie in funzione dello shaping time della catena Slow (gli errori sul valore del centroide sono coperti dai simboli).

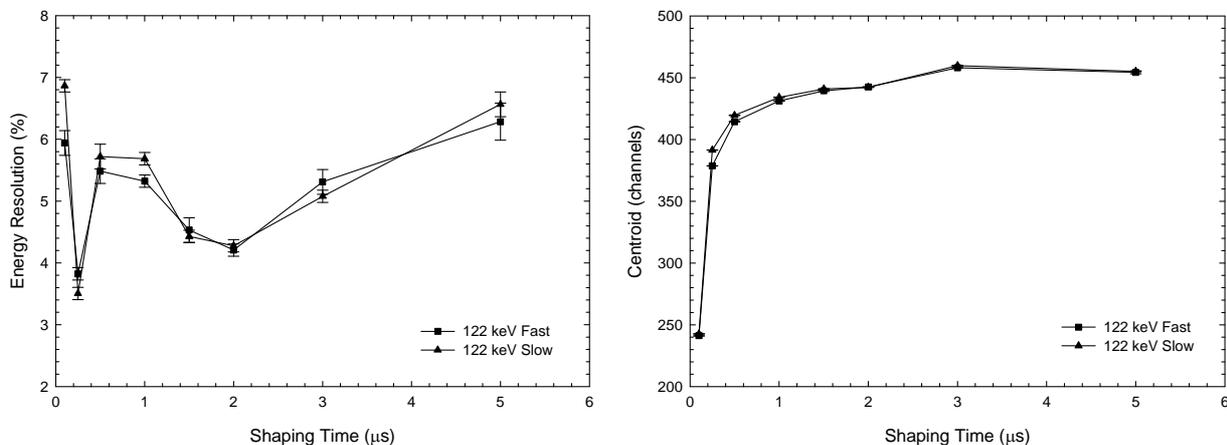


Figura 10. Andamenti della risoluzione energetica e del canale del centroide a 122 keV in funzione dello shaping time della catena Fast.

La risoluzione energetica a 14 keV è circa 30%, il valore migliore si ha a 1.5-2.0 microsecondi sia per la catena Fast che Slow. A 60, 122 e 662 keV i valori migliori di risoluzione energetica si hanno a 0.25 e 2 μs, ma a 0.25 μs l'efficienza di raccolta di carica diminuisce di circa il 15%.

Possiamo concludere che lo shaping time ottimale è 2 μs e non dipende dall'energia dei fotoni. I valori migliori dello shaping time della catena Slow da impiegare nel metodo biparametrico di compensazione saranno 2 e 3 μs. Il valore di 0.1 μs per lo shaping time della catena Fast produrrà mappe poco profonde, poiché l'efficienza di raccolta di carica è quasi dimezzata rispetto a quella ottenuta con valori maggiori di costante tempo. Le coppie di shaping time più efficaci saranno, quindi, 0.25/0.5 (Fast) μs – 2/3 (Slow) μs.

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 15/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

La scelta dei tempi di formatura *Slow* e *Fast* degli amplificatori è stata effettuata considerando che il valore veloce deve essere sensibile alla salita del segnale dovuta soprattutto agli elettroni, mentre quello lungo deve permettere la raccolta completa della carica. Lo *shaping time Fast* è stato, così, scelto leggermente più grande del massimo tempo di deriva degli elettroni nel dispositivo, mentre quello *Slow* maggiore del tempo di *trapping* delle lacune (1 μ s). Il massimo tempo di transito degli elettroni occorre quando questi devono percorrere tutto lo spessore d del rivelatore:

$$t_e = \frac{d}{\mu_e E} = \frac{d^2}{\mu_e V} \quad (1)$$

quindi il massimo tempo di transito degli elettroni dipende dalla tensione applicata ai rivelatori, dalla distanza tra gli elettrodi e dalla mobilità dei portatori.

Le misure relative al rivelatore **DG** sono state acquisite a 350, 450, 550 e 650 V, poiché da 350 a 650 V l'efficienza di raccolta di carica raggiunge praticamente il valore massimo e la risoluzione energetica, anche se presenta una tendenza ad aumentare, è minore del 5% (vedi paragrafo successivo).

Considerando le tensioni applicate, il tempo di deriva degli elettroni varia tra 100-200 ns, mentre per le lacune tra ~ 1 e ~ 2 μ s. Questi valori ci permettono di definire le misure da acquisire per valori di *shaping time Fast* di 0.1, 0.25 e 0.5 μ s e 1.0, 1.5, 2.0 e 3.0 μ s per il segnale *Slow* anche se 1 μ s è confrontabile con il tempo di *trapping* delle lacune.

Il rivelatore **SG** è stato alimentato a 500, 900 e 1100 V con la sorgente di ^{57}Co e a 900 e 1100 V con il ^{137}Cs ; in questo caso il tempo di deriva degli elettroni varia tra 200-400 ns per cui i valori di *shaping time Fast* individuati sono 0.25 e 0.5 μ s (tabella 4).

Tabella 4. Valori massimi dei tempi di transito di lacune ed elettroni per diversi valori delle tensioni d'alimentazione.

DG			SG		
Tensione (V)	T _{max} e ⁻ (μ s)	T _{max} h (μ s)	Tensione (V)	T _{max} e ⁻ (μ s)	T _{max} h (μ s)
350	0.19	2.14			
450	0.15	1.67	500	0.37	4.2
550	0.12	1.36	900	0.21	2.3
650	0.103	1.15	1100	0.17	1.89

4. SCANSIONE IN TENSIONE

I test sono stati eseguiti con lo scopo di determinare la tensione operativa ottimale di lavoro dei rivelatori di CdZnTe, rappresentativi di un'unità elementare del GRBM di Lobster.

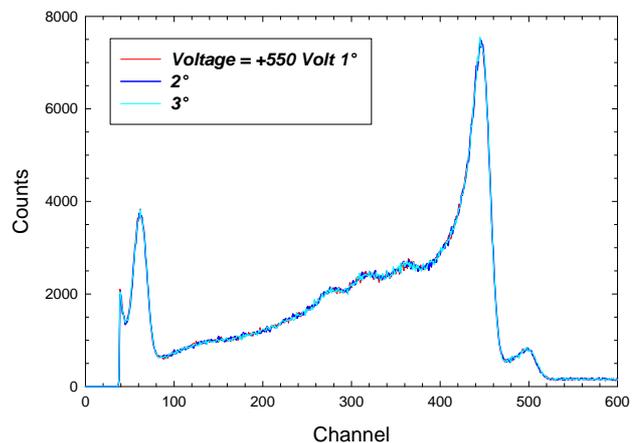
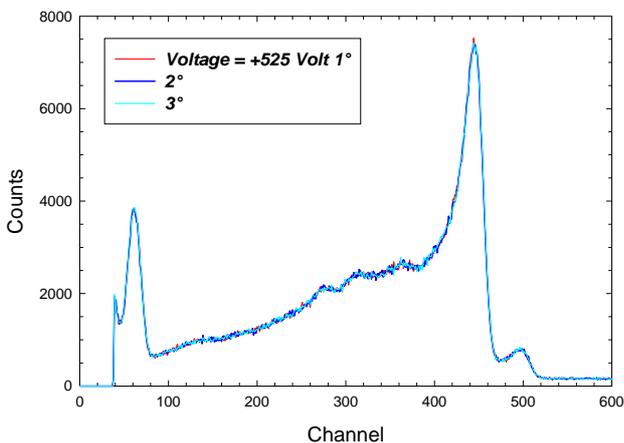
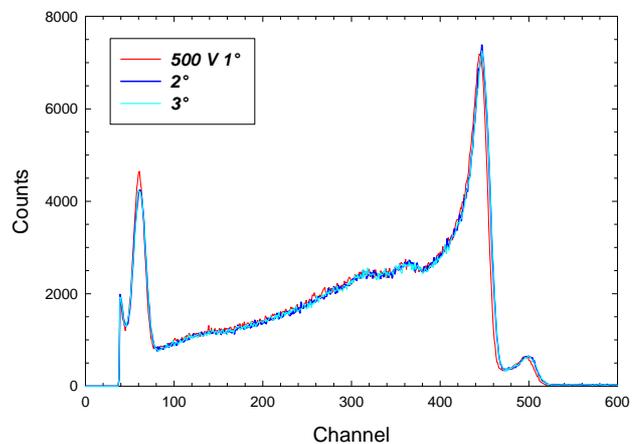
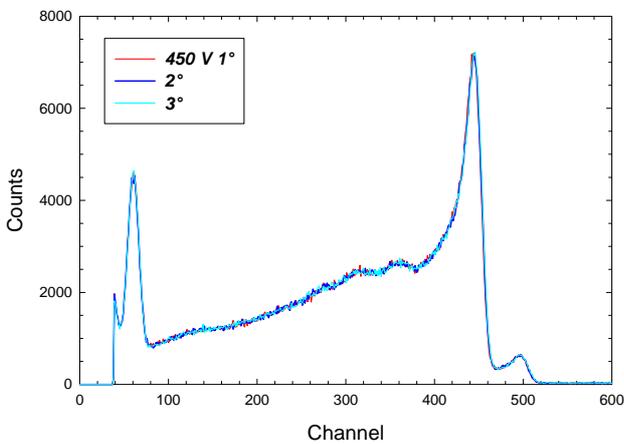
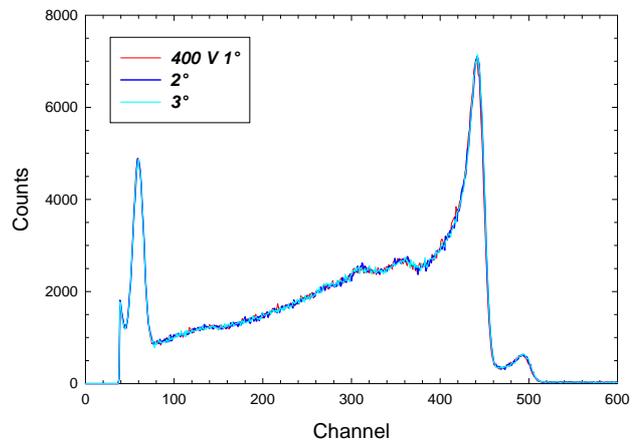
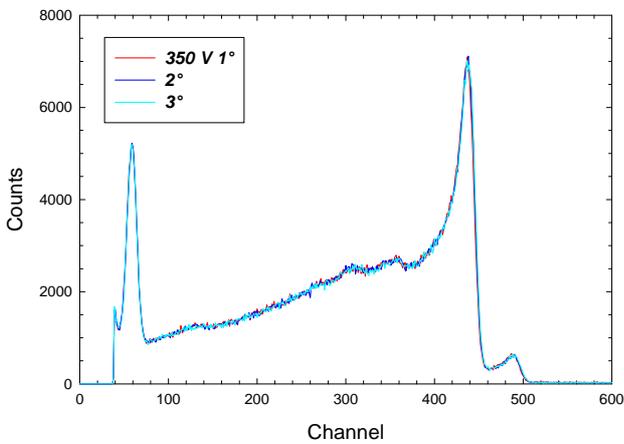
4.1. RIVELATORE N. 617599

La tensione di polarizzazione applicata al rivelatore è stata variata da + 350 V a + 750 V. Il *Low Level Discriminator* (LLD) dell'ADC dell'analizzatore multicanale (MCA) è stato fissato a 38.22 canali e il live time per l'acquisizione è stato impostato a 280 secondi.

La sorgente radioattiva utilizzata è di ^{57}Co , inserita in un collimatore di piombo dotato di una finestra circolare di circa 2 mm in modo da illuminare tutto il rivelatore. Il guadagno dell'amplificatore è 200 x 1.29 e il valore di *shaping time* utilizzato 1.5 microsecondi, valore a cui si

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 16/32</i>
--	---------------------	---

ha la migliore risoluzione energetica a 122 keV. Sono state acquisite tre misure successive per ogni step di tensione ed è stata effettuata un'analisi preliminare con il software APTEC per il calcolo del centroide, della risoluzione energetica e dell'efficienza del fotopicco a 14 e 122 keV. Successivamente gli stessi parametri sono stati calcolati con il software Peak Fit, utilizzando una distribuzione gaussiana per la componente simmetrica del fotopicco ed una Half-gaussian Modified Gaussian (GMG) per la componente asimmetrica dovuta agli effetti di trapping. È stata eseguita una media dei valori ottenuti per ogni parametro e l'errore associato è la deviazione standard. Di seguito vengono riportati gli spettri acquisiti a differenti valori di tensione, mentre nelle tabelle successive sono riportati i valori del centroide, della risoluzione energetica e dell'efficienza di fotopicco a 14 e 122 keV.



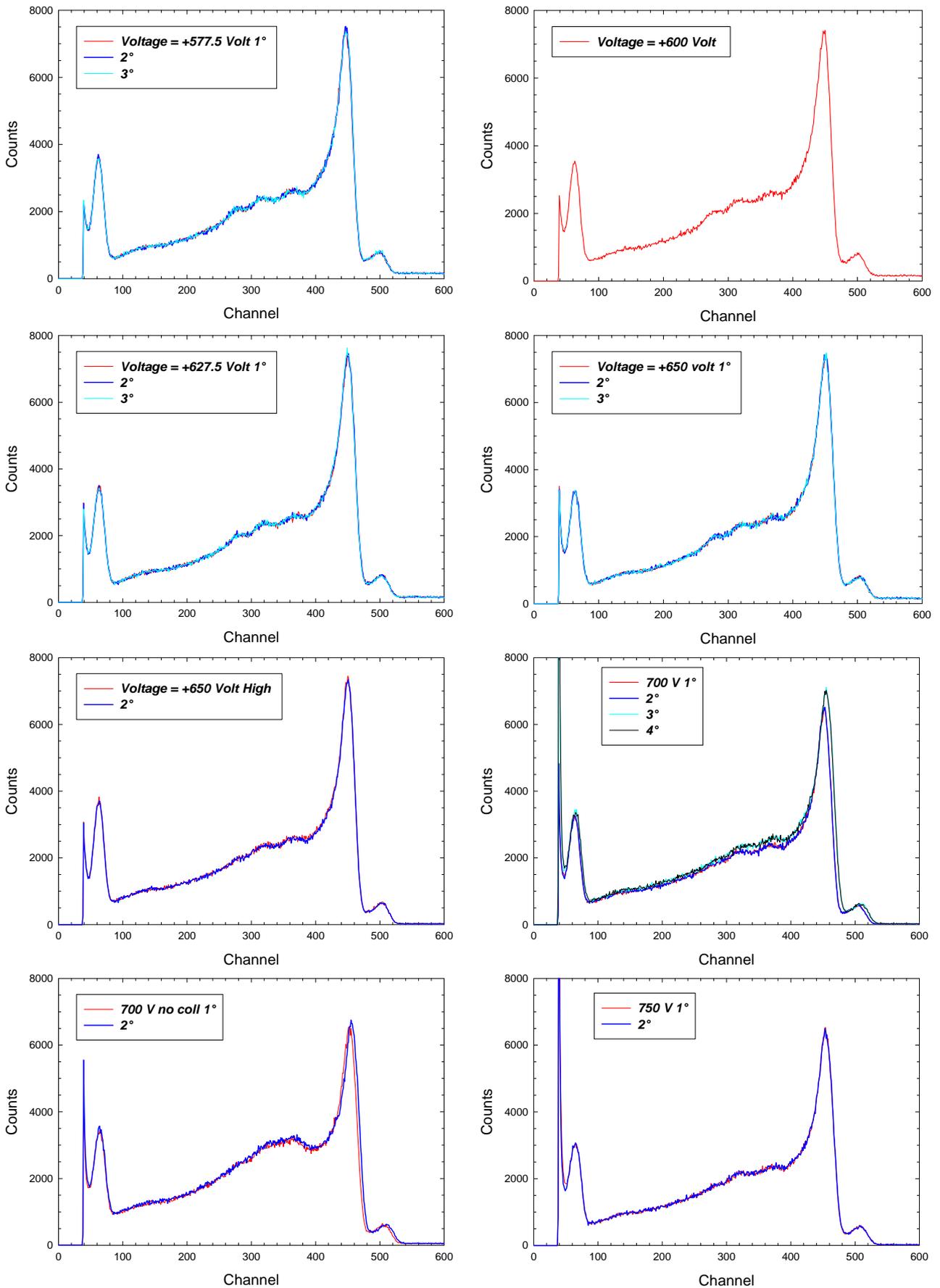


Figura 11. Spettri acquisiti a differenti valori della tensione d'alimentazione.

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 18/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

Tabella 5. Canale del centroide, risoluzione energetica, efficienza di fotopicco (integrale sotto il fotopicco) a 14 keV e conteggio integrale con ^{57}Co del rivelatore 617599.

<i>E= 14 keV</i>				
<i>APTEC</i>				
Bias (Volt)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)	Photopeak Efficiency (channel)	Gross count (channel)
350	58.94	20.60	88653	922511
400	59.80	21.57	86300	958690
450	60.73	22.45	86912	962048
500	61.54	24.22	85672	962182
600	63.09	26.33	82744	991915
650	63.16	25.62	83906	962633
700	64.78	26.13	81364	948115
750	65.88	22.53	75408	920042

Tabella 6. Canale del centroide, risoluzione energetica ed efficienza di fotopicco del rivelatore 617599 calcolato con Aptec e Peak Fit.

<i>E= 122 keV</i>					
Bias (Volt)	<i>APTEC</i>		<i>PEAK FIT</i>		
	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)	Centroid (channel)	Energy Resolution (%)	Photopeak efficiency (channel)
350	435.61	5.19	437.83	3.64	106990
400	439.72	5.38	442.25	3.74	113557
450	442.45	5.70	444.74	4.06	118323
500	445.03	5.77	448.04	3.98	118344
525	442.98	6.18	445.56	4.45	
550	443.97	6.50	447.76	4.21	
577.5	445.45	6.393	448.05	4.72	
600	446.14	6.53	451.76	4.64	127000
627.5	448.7	6.386	452.17	4.80	
650	448.91	6.67	451.75	4.28	130265
700	451.89	6.58	454.46	4.91	136757
700 no coll	453.65	6.03	456.00	4.84	
750	453.15	6.29	454.52	5.27	142065

Nella figura 12 è stato graficato il confronto tra l'andamento del centroide e della risoluzione energetica ottenuto utilizzando sia il software Aptec che Peak Fit.

Dai grafici si evince che le tensioni d'alimentazione da applicare al rivelatore per acquisire le mappe biparametriche possono essere 350, 450, 550 e 650 Volt, poiché da 350 a 650 V l'efficienza di raccolta di carica raggiunge in pratica il valore massimo e la risoluzione energetica, anche se presenta una tendenza ad aumentare, è minore del 5%.

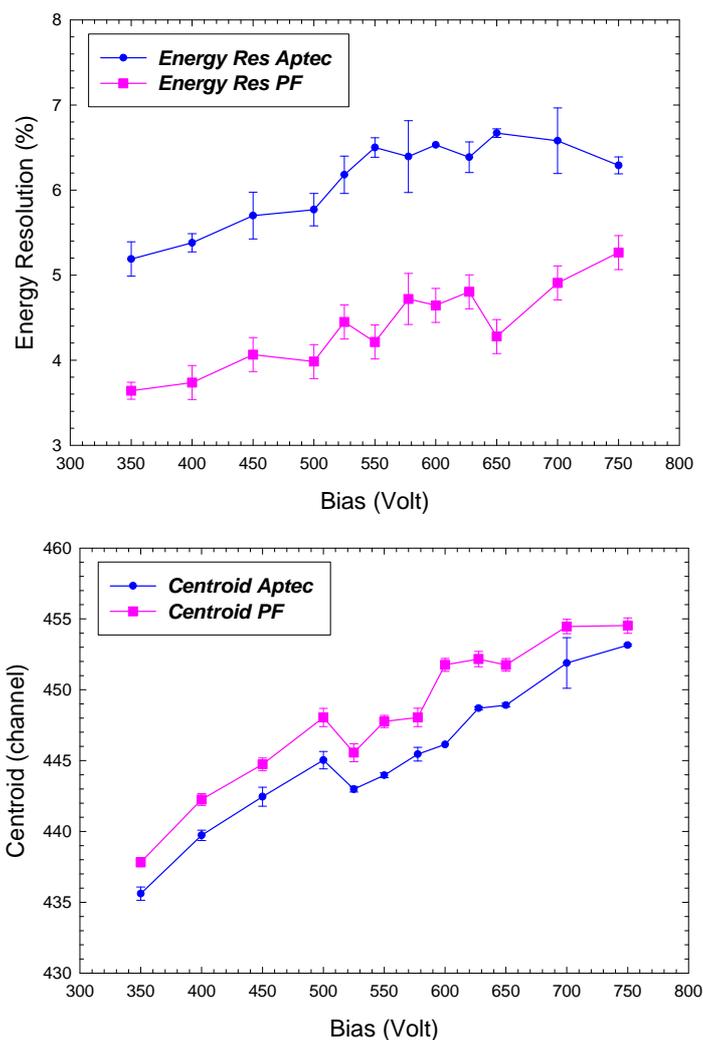


Figura 12. Andamento del centroide e della risoluzione energetica in funzione della tensione di polarizzazione.

È stata eseguita una valutazione dell'aumento del rumore al crescere della tensione sommando i conteggi compresi dalla soglia in bassa energia fino alla valle che precede il picco a 14 keV: a 750 Volt il rumore aumenta considerevolmente (vedi tabella 7).

Tabella 7. Valutazione del rumore.

Bias (Volt)	Noise (channel)
350	7328
400	7846
450	8458
500	8954
600	10550
650	11487
700	28968
750	38120

4.1.2. STUDIO D'UNIFORMITÀ

Uno dei problemi dei rivelatori basati su CZT di grand'area è l'uniformità della risposta spettroscopica. Abbiamo, così, studiato l'uniformità del cristallo (policristallino) avente un'area di 1 cm² a 350 V ponendo la sorgente di ⁵⁷Co finemente collimata ($\Phi = 0.5$ mm) in diverse zone del rivelatore (fig. 13a):

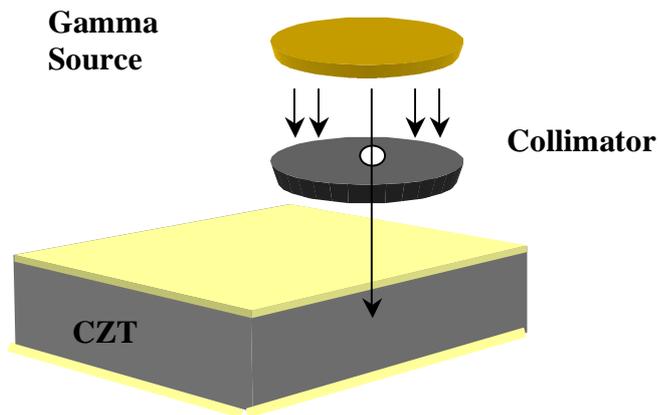


Figura 13a. Schema della configurazione del campione e della sorgente collimata di ⁵⁷Co.

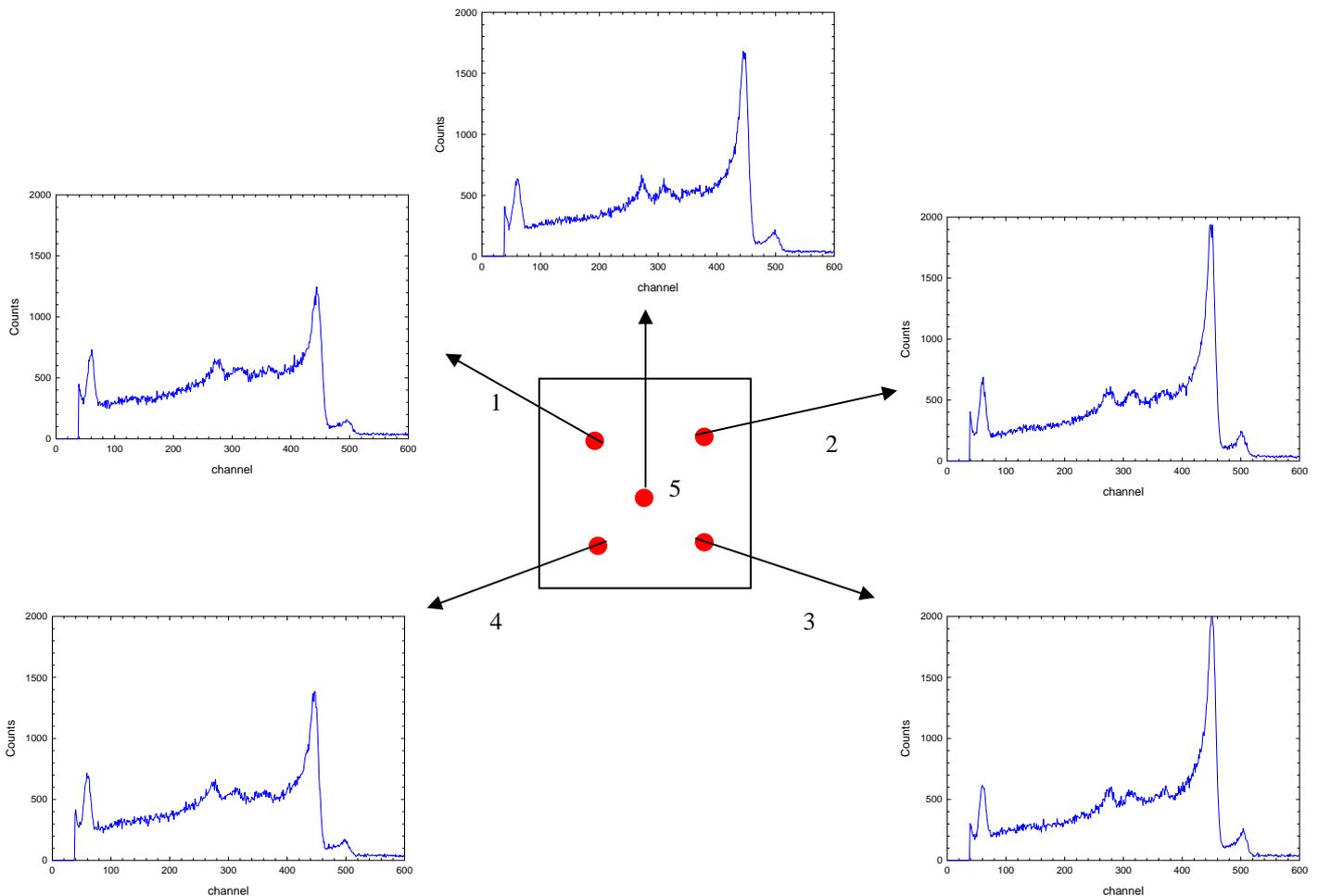


Figura 13b. Spettri acquisiti irraggiando diverse zone del rivelatore.

Dall'analisi degli spettri si evince che:

1. la forma spettrale è buona;
2. la posizione del centroide del fotopicco a 122 keV e, quindi, $\eta(x)$ è costante in tutte le posizioni;
3. l'altezza del fotopicco non è costante in tutte le posizioni.

Possiamo dedurre da questo studio preliminare che il cristallo è abbastanza uniforme, non presenta particolari degradazioni della risposta spettroscopica dovuta a *grain boundaries*.

Nella posizione 3 è stata ripetuta la scansione in posizione da 225 a 750 Volt, i cui valori potranno essere utilizzati per determinare il prodotto $\mu\tau$ degli elettroni.

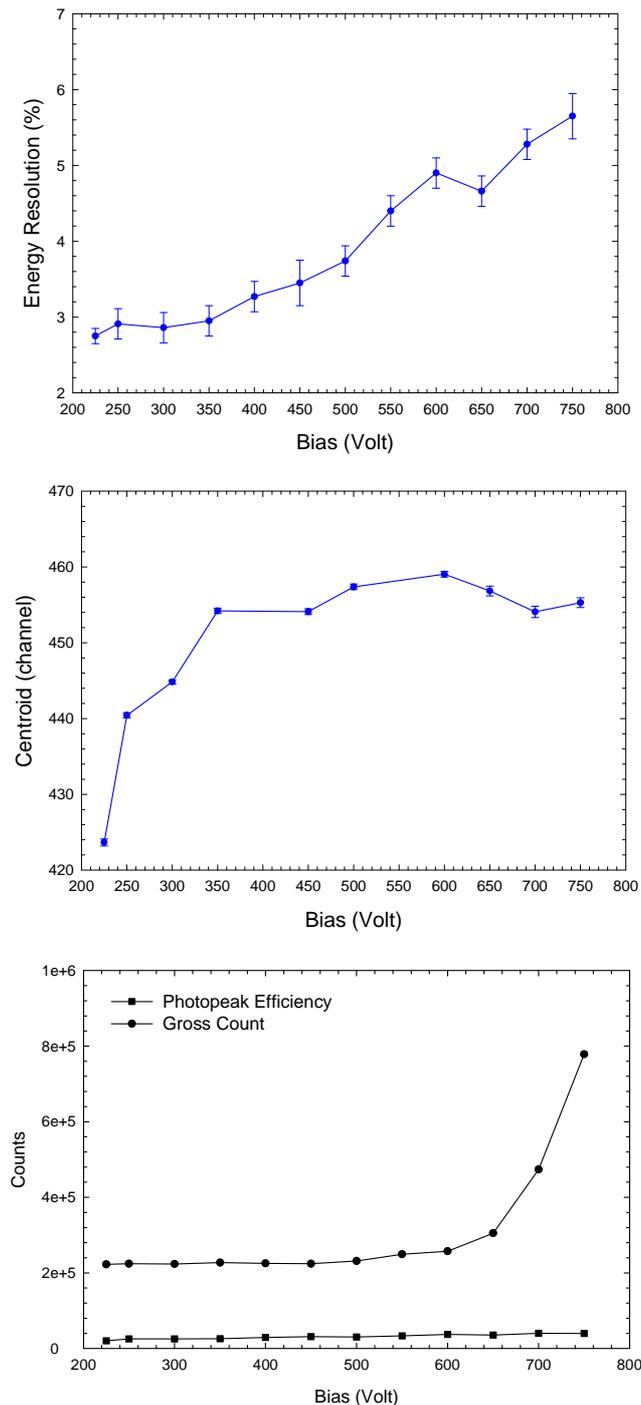


Figura 14. Risoluzione energetica, posizione del centroide, efficienza di fotopicco a 122 keV e conteggio integrale in funzione della tensione di polarizzazione.

La risoluzione energetica è $< 5\%$ fino a 650 Volt e da 350 V, valore di tensione iniziale a cui si è deciso di incominciare l'acquisizione delle mappe biparametriche, l'efficienza di raccolta di carica ha un valore costante fino a 750 Volt. L'integrale sotto il fotopicco a 122 keV è costante, mentre l'area totale aumenta a 700 V a causa del rumore a bassa energia.

4.2 RIVELATORE N. 617598

I risultati della scansione in tensione effettuata con il rivelatore 617598 sono riportati nelle seguenti figure:

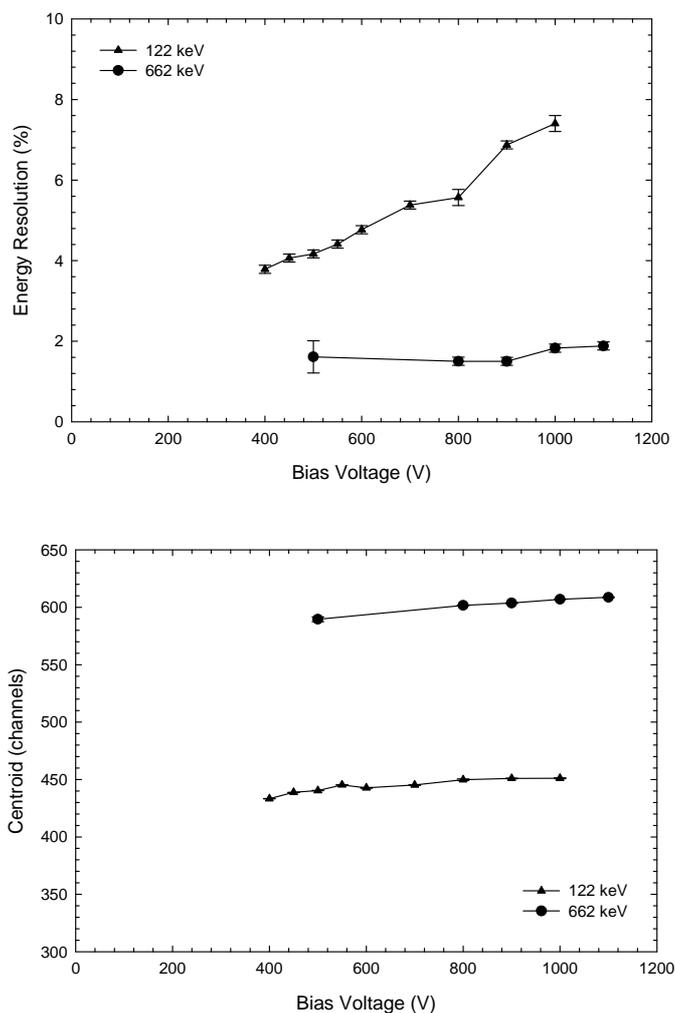


Figura 15. Andamento della risoluzione energetica e della posizione del centroide in funzione della tensione di polarizzazione.

La scansione è stata compiuta da 400 a 1000 V con la sorgente di ^{57}Co e da 500 a 1100 V con la sorgente di ^{137}Cs , fissando lo shaping time a 2 μs . Da questi dati concludiamo che i valori di tensione a cui acquisire le distribuzioni biparametriche sono 500 V per il ^{57}Co , valore a cui abbiamo una risoluzione energetica di circa 4% e 900 V per il ^{137}Cs , poiché a questa tensione la risoluzione energetica presenta un minimo.

5. EQUALIZZAZIONE

Prima di effettuare le misure in coincidenza è stata verificata l'equalizzazione delle due catene Fast e Slow con la sorgente di ^{57}Co e i due spettri equalizzati a 1.5 microsecondi per il rivelatore 617599 e a 2 microsecondi per il rivelatore 617598 sono riportati nella figura 16.

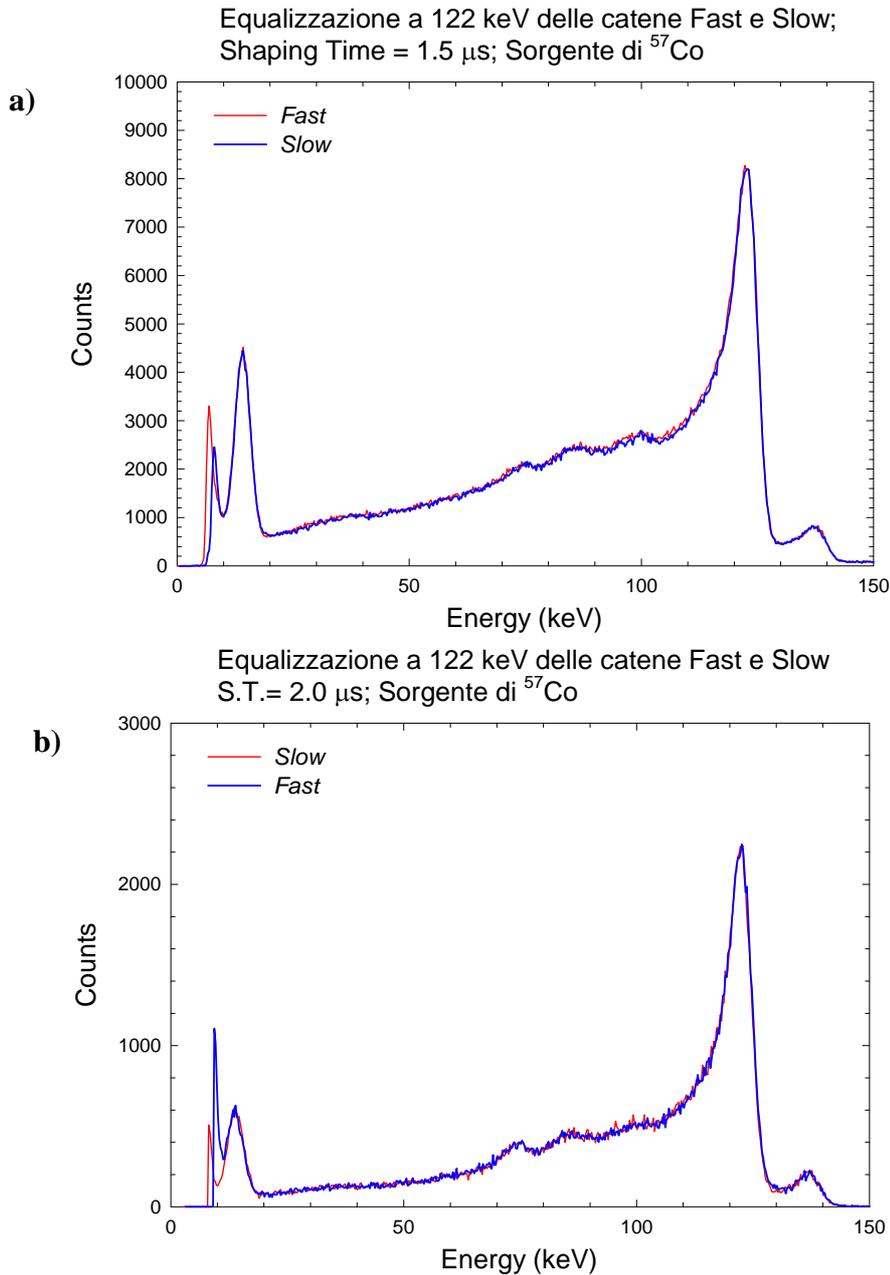


Figura 16. Equalizzazione delle due catene d'acquisizione considerate singolarmente: a) rivelatore 617599; b) rivelatore 617598.

La catena Fast è più rumorosa della Slow, a causa dell'aggiunta dei moduli di ritardo. Dopo il trasferimento dell'intera catena d'acquisizione dal laboratorio *Stato Solido* a quello *X* si è ripetuta l'equalizzazione impiegando la logica di coincidenza: si è dovuto variare di poco il guadagno dell'amplificatore Fast.

Nella figura seguente sono riportati gli spettri del ^{57}Co delle catene Fast e Slow equalizzati a 122 keV per due diverse configurazioni d'irraggiamento del rivelatore 617599, la prima ottenuta ponendo il collimatore della sorgente ($\varnothing = 1.5$ cm) direttamente sopra il box in cui è contenuto il rivelatore, in corrispondenza della finestra d'alluminio, e la seconda in cui la sorgente collimata ($\varnothing = 5$ cm) è posta ad una distanza di circa 6 cm dalla finestra in modo che il rivelatore sia illuminato uniformemente con raggi paralleli:

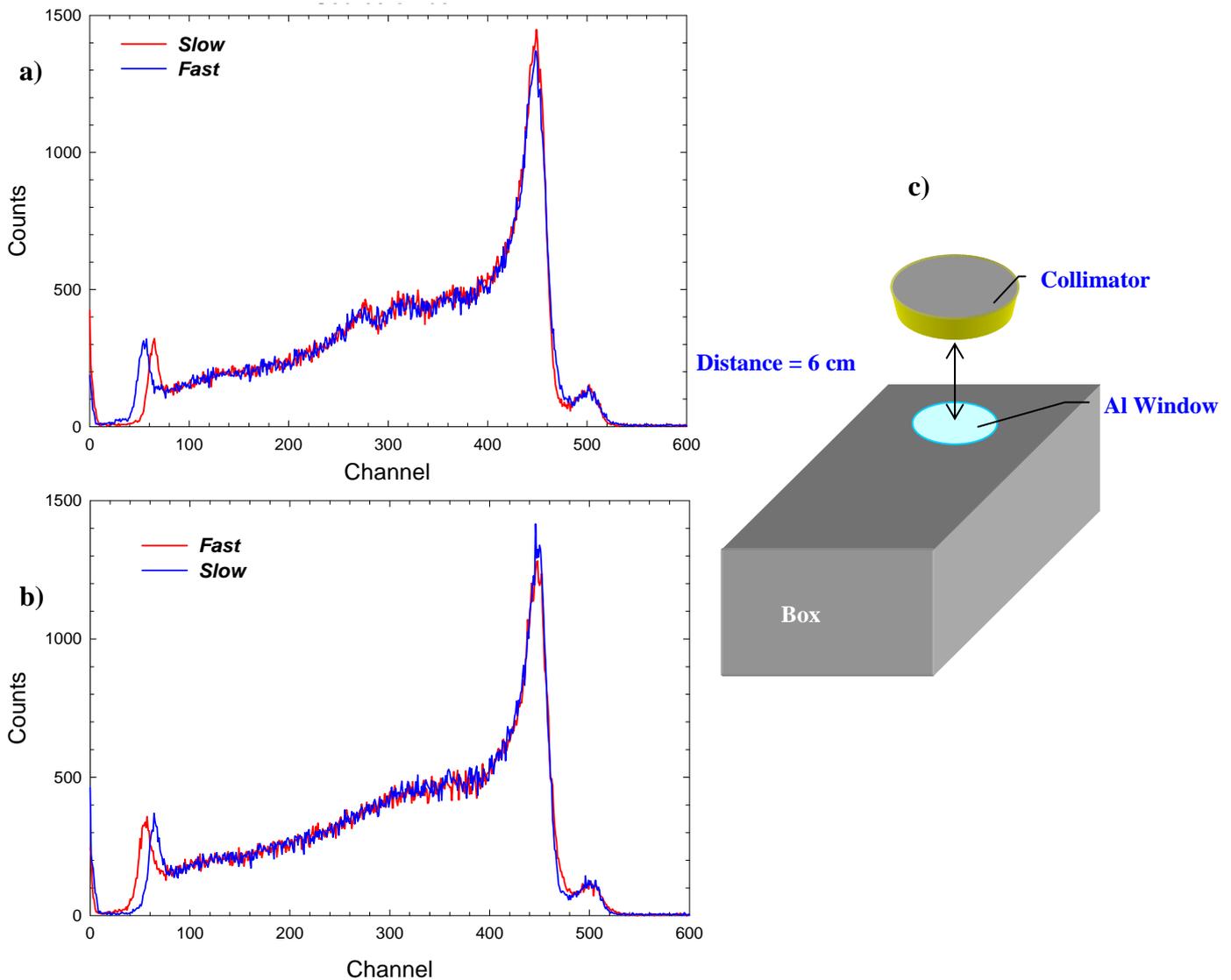


Figura 17. Spettri di ^{57}Co equalizzati delle due catene d'acquisizione Fast e Slow operative in coincidenza: a) sorgente collimata appoggiata sopra la finestra d'entrata della radiazione; b) sorgente a 6 cm dalla finestra d'alluminio; c) schema della configurazione adottata per le misure successive.

Dal confronto dei valori dei centroidi, riportati in tabella, possiamo notare che il picco a 122 keV è equalizzato a meno dello 0.2%:

Tabella 8. Centroidi a 122 keV dei canali Fast e Slow nelle due configurazioni d'irraggiamento.

	Centroide Fast	Centroide Slow
a	447.92±0.28	448.89±0.51
b	447.30±0.34	448.29±0.27

Si nota un leggero disallineamento dei picchi a 14 keV dovuto al diverso offset delle due catene d'acquisizione, infatti, se acquisisco ogni canale con il suo trigger ottengo l'equalizzazione sia a 122 sia a 14 keV, come si può notare dalla figura 18:

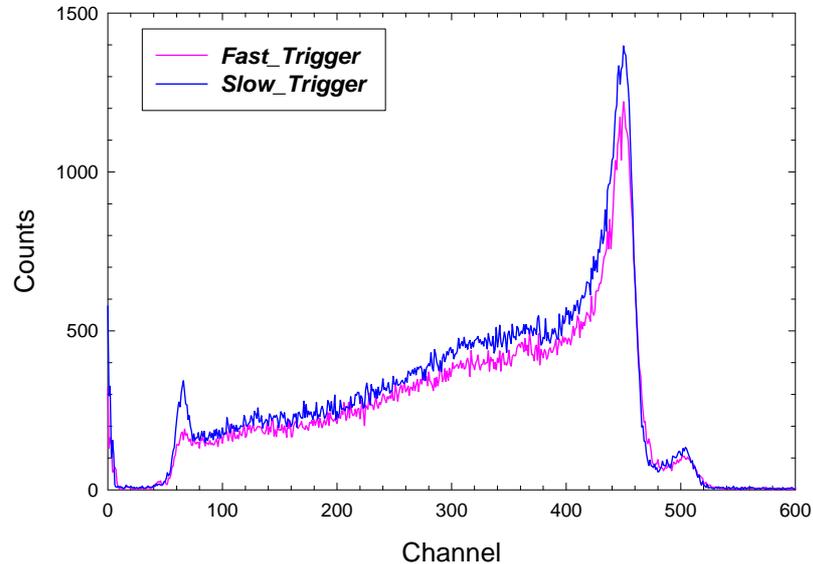


Figura 18. Acquisizione dello spettro del ^{57}Co nella seconda configurazione d'irraggiamento utilizzando in maniera indipendente il trigger delle catene Fast e Slow.

Dai dati riportati nella tabella 9 si evince che i fotopicchi a 14 e 122 keV sono ben equalizzati.

Tabella 9. Centroidi a 14 e 122 keV dei canali Fast e Slow nella 2° configurazione d'irraggiamento.

Energia (keV)	Centroide <i>Fast</i>	Centroide <i>Slow</i>
14	450.22±0.39	450.61±0.26
122	65.24±0.40	64.92±0.17

Ho monitorato la stabilità delle prestazioni del rivelatore 617599 e delle catene elettroniche operative in coincidenza per una settimana prima di iniziare l'acquisizione delle mappe biparametriche:

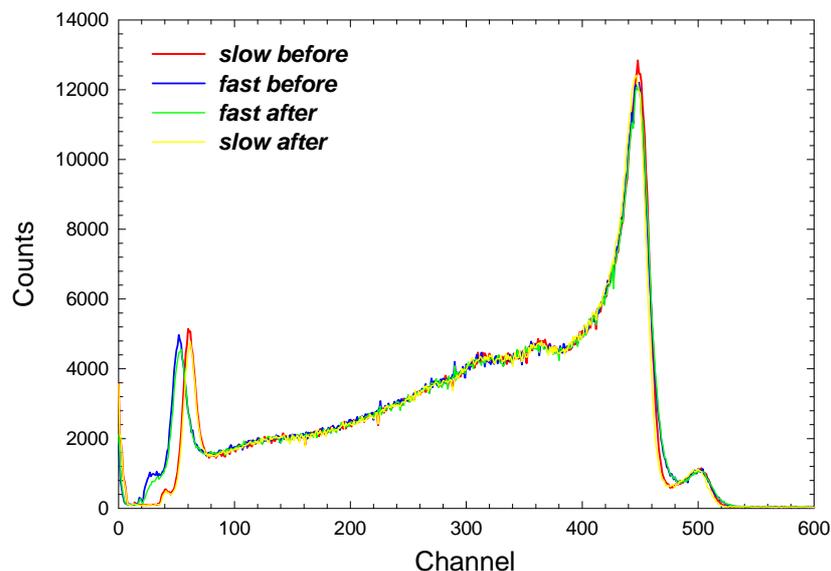


Figura 19. Spettri di ^{57}Co acquisiti con il rivelatore *discriminator grade* a distanza di 7 giorni.

Nella figura 20, infine, sono riportati gli spettri equalizzati ottenuti irraggiando il rivelatore 617598 con ^{57}Co :

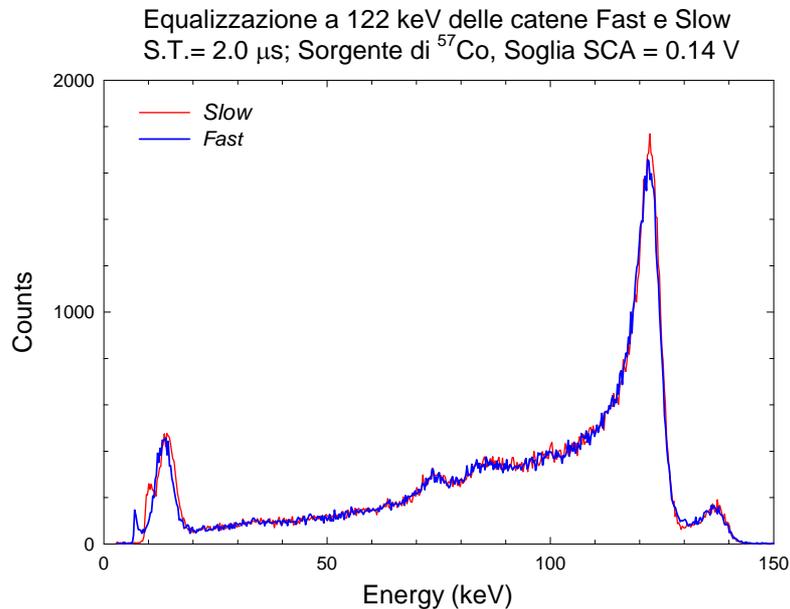


Figura 20. Equalizzazione delle due catene d'acquisizione Fast e Slow operative in coincidenza.

6. CONCLUSIONI

I risultati della caratterizzazione spettroscopica dei due rivelatori individuati come prototipali dell'unità elementare del GRBM di Lobster, hanno portato a concludere che i sensori pur essendo costituiti da materiali di qualità differente, presentano prestazioni simili, in quanto la soglia energetica è circa 8-10 keV per entrambi, la risoluzione energetica presenta valori simili per i due rivelatori, ~6-8% a 60 keV, ~3.5-4% a 122 keV e ~1.5% a 662 keV, mentre il rapporto picco-valle è migliore per il rivelatore *Spectrometer Grade*, che risente meno del fenomeno del *trapping* dei portatori di carica in quanto i valori di mobilità sono leggermente maggiori rispetto al *Discriminator Grade* (N. Auricchio, Rivelatori di CdZnTe sensibili alla posizione per missioni spaziali in raggi X duri, Tesi di Dottorato XVII ciclo).

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 27/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

Appendice: Logbook delle misure acquisite.

Rivelatore n. 617599

File	gain	S.T.	Live Time	LLD	Note
fondo.s0	Slow 200x1.28	1.5 (D=I)	61200	10	Misura lunga di fondo per verificare il funzionamento e la stabilità del rivelatore
slow1-5.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	100	10	Equalizzazione dei guadagni ampl. slow e fast Centroid = 437.97 ch, R= 5.62% @ 122 keV
fast 1-50.s0	Fast 200x1.15	1.5 (D=I)	100	10	Equalizzazione dei guadagni ampl. slow e fast Centroid = 436.17 ch, R= 5.70% @ 122 keV
fast 1-51.s0	Fast 200x1.154	1.5 (D=I)	100	10	Equalizzazione dei guadagni ampl. slow e fast Centroid = 437.95 ch, R= 5.72% @ 122 keV
st0-1.s0	Slow 200x1.29	0.1 (D=I)	50	10	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 84%
st0-1_1.s0	Slow 200x1.29	0.1 (D=I)	100	70	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 12%
st0-25.s0	Slow 200x1.29	0.25 (D=I)	100	103	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 44%
st0-5.s0	Slow 200x1.29	0.5 (D=I)	100	55	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 62%
st1-0.s0	Slow 200x1.29	1.0 (D=I)	100	40	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 19%
st1-5.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 10%
st2-0.s0	Slow 200x1.29	2.0 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 10%
st3-0.s0	Slow 200x1.29	3.0 (D=I)	100	35	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 10%
st5-0.s0	Slow 200x1.29	5.0 (D=I)	100	35	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 10%
amst1-0.s0	Slow 200x1.29	1.0 (D=I)	100	40	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 6%
amst1-5.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	100	1.18	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 1%
amst2-0.s0	Slow 200x1.29	2.0 (D=I)	100	1.18	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 1%
amst3-0.s0	Slow 200x1.29	3.0 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 1%
amst5-0.s0	Slow 200x1.29	5.0 (D=I)	100	35	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 1%
amst1-si.s0	Silena 200x0.83	1.0 (D=I)	100	40	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
amst2-si.s0	Silena 200x0.83	2.0 (D=I)	100	40	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
amst3-si.s0	Silena 200x0.83	3.0 (D=I)	100	40	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
csst1-0.s0	Slow 50x1.29	1.0 (D=I)	1000	36	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.72%
csst1-5.s0	Slow 50x1.29	1.5 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.73%
csst2-0.s0	Slow 50x1.29	2.0 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.72%
csst3-0.s0	Slow 50x1.29	3.0 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.75%
cost1-si.s0	Silena 200x0.83	1.0 (D=I)	100	30	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
cost2-si.s0	Silena 200x0.83	2.0 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
cost3-si.s0	Silena 200x0.83	3.0 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
cost05si.s0	Silena	0.5 (D=I)	31	51	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 28/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

	200x0.83				
co152-si.s0	Silena 200x0.83	2.0 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time, ampl Silena + str Ortec
cost2.s0	Slow 200x1.29	2.0 (D=I)	100	10	Caratterizzazione in Shaping time in out diretto, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time=4.4%
csst1-5.s0	Slow 50x1.29	1.5 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time in out diretto, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.83%
csst1-52.s0	Slow 50x1.29	2.0 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time in out diretto, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time =2.8 %
csst3.s0	Slow 50x1.29	3.0 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time in out diretto, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time =2.8 %
amst1-52.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	100	1.18	Caratterizzazione in Shaping time in out diretto, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 1%
csst2_15.s0	Slow 50x1.29	2.0 (D=I)	54000	34	Caratterizzazione in Shaping time bipar, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time =2.4 %
amst1515.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	1.18	Caratterizzazione in Shaping time, bipar Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 0.5%
csst3_15.s0	Slow 50x1.29	3.0 (D=I)	54000	34	Caratterizzazione in Shaping time bipar, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time =2.44 %
csst5-0.s0	Slow 50x1.29	5.0 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time =2.7 %
csst0-5.s0	Slow 50x1.29	0.5 (D=I)	1000	45.46	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.6%
csst0-25.s0	Slow 50x1.29	0.25 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.8%
csst0-1.s0	Slow 50x1.29	0.1 (D=I)	1000	34	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 2.5%
amst0-1.s0	Slow 200x1.29	0.1 (D=I)	100	90	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 4%
amst0-25.s0	Slow 200x1.29	0.25 (D=I)	100	90	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 40%
amst0-5.s0	Slow 200x1.29	0.5 (D=I)	100	90	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=2$ mm, dead time = 44%
amst1-01.s0	Slow 200x1.29	1.0 (D=I)	100	43	Am-241 n. 3 riprendo la misura a ST=1 perché presenta due picchi
cost0-1.s0	Slow 200x1.29	0.1 (D=I)	100	90	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm
cost0-25.s0	Slow 200x1.29	0.25 (D=I)	100	103	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm
cost0-5.s0	Slow 200x1.29	0.5 (D=I)	100	55	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm
cost1-0.s0	Slow 200x1.29	1.0 (D=I)	100	45	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm
cost1-5.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	100	10	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm
cost5-0.s0	Slow 200x1.29	5.0 (D=I)	100	45	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm
co0-1_or.s0	Slow 200x1.29	0.1 (D=I)	100	50	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co0-25_or.s0	Slow 200x1.29	0.25 (D=I)	100	103	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co0-5_or.s0	Slow 200x1.29	0.5 (D=I)	100	90	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co1-0_or.s0	Slow 200x1.29	1.0 (D=I)	100	45	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co1-5_or.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	100	10	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co2-0_or.s0	Slow 200x1.29	2.0 (D=I)	100	10	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co3-0_or.s0	Slow 200x1.29	3.0 (D=I)	100	35	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
co5-0_or.s0	Slow 200x1.29	5.0 (D=I)	100	45	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 29/32
----------------------------------	---------------------	---

am0-1_or.s0	Slow 200x1.29	0.1 (D=I)	100	50	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
am0-25_or.s0	Slow 200x1.29	0.25 (D=I)	100	77	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
am0-5_or.s0	Slow 200x1.29	0.5 (D=I)	100	77	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
am1-0_or.s0	Slow 200x1.29	1.0 (D=I)	100	40	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
am2-0_or.s0	Slow 200x1.29	2.0 (D=I)	100	1.18	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
am3-0_or.s0	Slow 200x1.29	3.0 (D=I)	100	10	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
am5-0_or.s0	Slow 200x1.29	5.0 (D=I)	100	40	Am-241, Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Impulsatore					Acquisizione con catena biparametrica + Scheda National Instrument
nast0-1.s0	Slow 50x1.29	0.1 (D=I)	2000	34	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast0-25.s0	Slow 50x1.29	0.25 (D=I)	2000	34	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast0-5.s0	Slow 50x1.29	0.5 (D=I)	2000	30	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast1-0.s0	Slow 50x1.29	1.0 (D=I)	2000	34	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast1-5.s0	Slow 50x1.29	1.5 (D=I)	2000	30	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast2-0.s0	Slow 50x1.29	2.0 (D=I)	2000	34	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast3-0.s0	Slow 50x1.29	3.0 (D=I)	2000	34	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
nast5-0.s0	Slow 50x1.29	5.0 (D=I)	2000	34	Caratterizzazione in Shaping time, ^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm,
Na0-1_or.s0	Slow 50x1.29	0.1 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Na0-25_or.s0	Slow 50x1.29	0.25 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Na0-5_or.s0	Slow 50x1.29	0.5 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Na1-0_or.s0	Slow 50x1.29	1.0 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Na2-0_or.s0	Slow 50x1.29	2.0 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Na3-0_or.s0	Slow 50x1.29	3.0 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
Na5-0_or.s0	Slow 50x1.29	5.0 (D=I)	150	30	^{22}Na , Coll Pb, $\phi=2$ mm, ampl slow + str ortec
P350h.s0 P350h_2s0 P350h_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 350 V (1.4 V)
P400h.s0 P400h_2.s0 P400h_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 400 V (1.6 V)
P450h.s0 P450h_2.s0 P450h_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 450 V (1.8 V)
P500h.s0 P500h_2.s0 P500h_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 500 V (2.0 V)
P525.s0 P525_2.s0 P525_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	50	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 525 V (1.5 V)
P550.s0 P550_2.s0 P550_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	50	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 550 V (2.2 V)
P577.5.s0 P577.5_2.s0 P577.5_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	50	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 577.5 V (2.31 V)
p600.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	50	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 600 V (2.4 V)
P627.5.s0 P627.5_2.s0 P627.5_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	50	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 627.5 V (2.51 V)

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 30/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

P650.s0 P650_2.s0 P650_3.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	50	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, Tensione = 650 V (2.6 V)
P650h.s0 P650h_2.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, Tensione = 650 V (2.6 V). Collimatore distante dalla sorgente (5 mm) per diminuire il pile up
P700h.s0 P700h_2.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, Tensione = 700 V (2.8 V)
P750h.s0 P750h_2.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, Tensione = 750 V (2.98 V)
P750hsor.s0 P750hsor_2.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, Tensione = 700 V (2.8 V). Sorgente non collimate.
P700h_3.s0 P700h_4.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	280	38.22	Stabilità a 700 V, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, Tensione = 700 V (2.8 V)
P350hf5.s0 P350hf5_.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	355	38.22	Stabilità, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 5.0$ mm, Tensione = 350 V (1.4 V). Il picco a 122 keV presenta una deriva di 10 canali verso le alte energie.
350sina.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di uniformità, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 350 V. Collimatore posizionato in alto a sinistra.
350desa.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di uniformità, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 350 V. Collimatore posizionato in alto destra. Si nota meno trapping.
350desb.s0 350desb6.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di uniformità, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 350 V. Collimatore posizionato in basso a destra.
350sinb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di uniformità, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 350 V. Collimatore posizionato in basso a sinistra.
350cen.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di uniformità, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 350 V. Collimatore posizionato al centro.
225desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 225 V (0.9 V)
250desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 250 V (1.0 V)
300desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 300 V (1.2 V)
325desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 325 V (1.3 V)
350desb7.s0 350desb8.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 350 V (1.4 V)
375desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione = 325 V (1.5 V)
400desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =400 V (1.6 V)
450desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =450 V (1.8 V)
500desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =500 V (2.0 V)
550desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =550 V (2.2 V)
600desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =600 V (2.4 V)
650desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =650 V (2.6 V)
700desb.s0 700desb2.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =700 V (2.8 V)
750desb.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 0.5$ mm, Tensione =750 V (3.0 V)
Fondo650.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di fondo ambientale a 650 V
Fondo350.s0	Slow 200x1.29	1.5 (D=I)	7200	38.22	Misura di fondo ambientale a 350 V. Si nota meno rumore.

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P Issue: 1 Date: Gennaio 06 page: 31/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

Rivelatore n. 617598

File	gain	S.T.	Live Time	LLD	Note
FO617598.S0	Slow 200x1.2 Fast 200x1.124	2.0 (D=I)	6000	25.48	Misura lunga di fondo per verificare il funzionamento e la stabilità del rivelatore
fondo21.s0	Slow 200x1.2 Fast 200x1.124	2.0 (D=I)	6000	25.48	Misura lunga di fondo per verificare il funzionamento e la stabilità del rivelatore
fondopm.s0	Slow 200x1.2 Fast 200x1.124	2.0 (D=I)	6000	25.48	Misura lunga di fondo per verificare il funzionamento e la stabilità del rivelatore
test0-3V	Slow 200x1.2 Fast 200x1.124	2.0 (D=I)	70	25.48	Ottimizzazione DC level output dello stretcher Slow e verifica non salvata dello stretcher Fast
test0-0V	Slow 200x1.2 Fast 200x1.124	2.0 (D=I)	75	25.48	Ottimizzazione DC level output dello stretcher Slow e verifica non salvata dello stretcher Fast (risultato=> < tempo morto
Slow2.s0	Slow 200x1.2	2.0 (D=I)	150	26.23	Verifica prestazione catena Slow: Centroide = 444.70, R= 5.29%, Tempo morto = 1.8%
slow2_or.s0	Slow 200x1.2	2.0 (D=I)	150	26.23	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, ampl slow + str ortec, + ~30 canali
Slo15_or.s0	Slow 200x1.2	1.5 (D=I)	150	26.23	Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, ampl slow + str ortec, + ~30 canali
slow1-5.s0	Slow 200x1.2	1.5 (D=I)	150	26.23	Verifica del guadagno dell'ampificatore slow Centroid = 406.93 ch, R= 5.62% @ 122 keV
slow2dc.s0	Slow 200x1.2	2.0 (D=I)	150	19.98	Ottimizzazione DC level output degli ampl. Slow e Fast Centroid = 427.87 ch, R= 5.54% @ 122 keV
slow2dc1.s0	Slow200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Centroid = 441.13 ch, R= 5.25% @ 122 keV
fast 1-5.s0	Fast 200x1.125	1.5 (D=I)	150	19.98	Equalizzazione del guadagno ampl. fast Centroid = 438.56 ch, R= 4.92% @ 122 keV
slow0-1.s0	Slow 200x1.234	0.1 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
slow0-25.s0	Slow 200x1.234	0.25 (D=I)	150	15.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
sldr0-25.s0	Slow 200x1.234	0.25 (D=I)	150	18.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, ampl slow + str ortec, + ~30 canali
slow0-5.s0	Slow 200x1.234	0.5 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
Slow1-02.s0	Slow 200x1.234	1.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
Slow1-52.s0	Slow 200x1.234	1.5 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
Slow2-02.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
Slow3-0.s0	Slow 200x1.234	3.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
Slow5-0.s0	Slow 200x1.234	5.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast0-1.s0	Fast 200x1.125	0.1 (D=I)	150	4.99	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast0-25.s0	Fast 200x1.125	0.25 (D=I)	150	7.99	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast0-5.s0	Fast 200x1.125	0.5 (D=I)	150	7.99	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast1-0.s0	Fast 200x1.125	1.0 (D=I)	150	15.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast1-5.s0	Fast 200x1.125	1.5 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast2-0.s0	Fast 200x1.125	2.0 (D=I)	150	22.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast3-0.s0	Fast 200x1.125	3.0 (D=I)	150	22.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
fast5-0.s0	Fast 200x1.125	5.0 (D=I)	150	22.98	Caratterizzazione in Shaping time, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm
Aslow0-1.s0	Slow 200x1.234	0.1 (D=I)	150	5.99	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, dead time < 1%
Aslow0-25.s0	Slow 200x1.234	0.25 (D=I)	150	15.98	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi= 1.5$ mm, dead time < 1%

INAF IASF Bologna	LOBSTER-GRBM	<i>Ref: R P</i> <i>Issue: 1</i> <i>Date: Gennaio 06</i> <i>page: 32/32</i>
----------------------------------	---------------------	---

Aslow0-5.s0	Slow 200x1.234	0.5 (D=I)	150	15.98	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time < 1%
Aslow1-0.s0	Slow 200x1.234	1.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time < 1%
Aslow 1-5.s0	Slow 200x1.234	1.5 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time < 1%
Aslow 2-0.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time < 1%
Aslow 3-0.s0	Slow 200x1.234	3.0 (D=I)	150	19.98	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time < 1%
Aslow 5-0.s0	Slow 200x1.234	5.0 (D=I)	150	23.23	Caratterizzazione in Shaping time, Am-241 n. 3, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time < 1%
Csslow01.s0	Slow 50x1.234	0.1 (D=I)	600	8.24	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow025.s0	Slow 50x1.234	0.25 (D=I)	600	15.48	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow05.s0	Slow 50x1.234	0.5 (D=I)	600	18.23	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow1.s0	Slow 50x1.234	1.0 (D=I)	600	18.23	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow15.s0	Slow 50x1.234	1.5 (D=I)	600	18.23	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow2.s0	Slow 50x1.234	2.0 (D=I)	600	14.98	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow3.s0	Slow 50x1.234	3.0 (D=I)	600	14.98	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
Csslow5.s0	Slow 50x1.234	5.0 (D=I)	600	14.98	Caratterizzazione in Shaping time, Cs-137 n. 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, dead time = 3%
co2_400.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 400 V (1.6 V)
co2_450.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 450 V (1.8 V)
co2_500.s0 co2_5002.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 500 V (2.0 V)
co2_550.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 550 V (2.2 V)
co2_600.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 600 V (2.4 V)
co2_700.s0 co2_7002.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	24098	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 700 V (2.8 V)
co2_800.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	24.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 800 V (3.2 V)
co2_900.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	34.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 902.5 V (3.61 V)
co2_1000.s0	Slow 200x1.234	2.0 (D=I)	150	34.98	Scansione in tensione, Co-57 n 13, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 1000 V (4.0 V)
cs2_500.s0	Slow 50x1.234	2.0 (D=I)	150	14.98	Scansione in tensione, Cs-137 n 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 500 V (1.993 V)
cs2_800.s0	Slow 50x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Cs-137 n 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 800 V (3.2 V)
cs2_900.s0	Slow 50x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione, Cs-137 n 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 902.5 V (3.61 V)
cs2_1000.s0	Slow 50x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione Cs-137 n 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 1000 V (4.0 V)
cs2_1100.s0	Slow 50x1.234	2.0 (D=I)	150	19.98	Scansione in tensione Cs-137 n 4, Coll Pb, $\phi=1.5$ mm, Tensione = 1000 V (4.41 V)
617598-3	Slow 200x1.234 Fast 200x1.2	2.0 (D=I)		0.14	Equalizzazione catena biparametrica, trigger = 5.84 s (nessun ritardo)